

(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

26. Juni 2014 (26.06.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer

WO 2014/096355 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

D21B 1/06 (2006.01) **B29B 11/00** (2006.01)

B07B 1/00 (2006.01) **E04B 1/00** (2006.01)

B07B 7/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/077675

(22) Internationales Anmeldedatum:

20. Dezember 2013 (20.12.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2012 112 936.3

21. Dezember 2012 (21.12.2012)

DE

(72) Erfinder; und

(71) Anmelder : **RAUER, Lothar** [DE/DE]; Fritz-Wagner-Siedlung 41, 09116 Chemnitz (DE).

(72) Erfinder: **SCHROTH, Gisela**; Kötteritzscher Ring 24, 04680 Colditz (DE).

(74) Anwalt: **MÜLLER, Lars**; Michalski Hüttermann & Partner, Speditionstr. 21, 40221 Düsseldorf (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, LT, 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, 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: PROCESS FOR PRODUCING REINFORCING FIBRES

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM HERSTELLEN VON VERSTÄRKUNGSFASERN

(57) Abstract: The present invention relates to a process for producing acicular reinforcing fibres, comprising the process steps of a) providing fibrous raw material, especially bamboo, b) coarsely comminuting the raw material; c) at least partly freeing the coarsely comminuted raw material from non-fibrous material, optionally with subsequent classification; d) dividing the material to form fibres or fibre aggregates; e) classifying the fibres or fibre aggregates at least as a function of the length thereof and diameter thereof; and e) optionally individually or collectively repeating one or more of process steps b), d) and e); where f) at least one of process steps b), d) and e) is executed in an apparatus selected as a function of a specification to be obtained in the reinforcing fibres.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von nadelartigen Verstärkungsfasern, aufweisend die Verfahrensschritte a) Bereitstellen von faserigem Rohmaterial, insbesondere Bambus, b) Grobzerkleinern des Rohmaterials; c) Zumindest teilweises Befreien des grobzerkleinerten Rohmaterials von nichtfaserigem Material gegebenenfalls mit anschließender Klassierung; d) Zerfasern des Materials unter Ausbildung von Fasern oder Faserbündeln; e) Klassieren der Fasern oder der Faserbündel zumindest in Abhängigkeit ihrer Länge und ihres Durchmessers; und e) gegebenenfalls einzelnes oder gemeinsames wiederholen eines oder mehrerer der Verfahrensschritte b), d) und e); wobei f) wenigstens einer der Verfahrensschritte b), d) und e) in einer Vorrichtung ausgeführt wird, die ausgewählt ist in Abhängigkeit einer zu erhaltenden Spezifikation der Verstärkungsfasern.

WO 2014/096355 A1

5

VERFAHREN ZUM HERSTELLEN VON VERSTÄRKUNGSFASERN

10

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Naturstofffasern als Verstärkungsfasern, insbesondere von Bambusfasern. Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere das Verwenden derartig hergestellter Naturfasern zum Erzeugen eines Kompositwerkstoffs.

15 Für die Herstellung von Kompositwerkstoffen werden in großem Umfang synthetische Fasern verwendet, die man in unterschiedliche Matrixsysteme einlagert. Alle diese Verstärkungsfasern wie auch ihre Einarbeitung in eine Matrix beziehungsweise die Verarbeitung dieser Fasern sind kostenaufwendig, teilweise zeitaufwendig und kompliziert handhabbar. Als Beispiel sei die Herstellung von Glas- und/oder Kohlenstoff-Faserverstärkungen in unterschiedlichen
20 Kunstharz-Matrixsystemen genannt. Darüber hinaus verbraucht die Anwendung der vorgenannten Fasern unwiederbringlich natürliche Ressourcen. Für bestimmte Anwendungsfälle erscheinen die mit vorgenannten Verstärkungsmaterialien erreichbaren Qualitäten und Eigenschaftswerte, insbesondere die physikalisch-mechanischen Eigenschaftswerte, unnötig beziehungsweise unangepasst hoch zu sein.

25

Aus dem Dokument EP 2 322 713 A1 ist ferner ein Verfahren zum Herstellen von Bambusfasern bekannt, bei welchem Bambusfasern quer zu der Längsachse zerteilt werden, entlang ihrer Längsachse gespalten werden, die so erhaltenen Spaltelemente zu einzelnen Fasern zerfasert werden und das so erhaltene Produkt getrocknet wird. Es wird ferner beschrieben, derartig hergestellte Bambusfasern zum Erzeugen von faserverstärkten Kunststoffen zu verwenden.
30

Grundsätzlich lässt sich jedoch sagen, dass der Aufbereitung und Weiterverarbeitung von Bambusfasern bisher keine besondere Bedeutung beigemessen wurde. Es wird vermutet, dass die Ursachen dafür in der technologisch wesentlich einfacheren Holzerfaserung, in Befürchtungen über hohe Rohstoffpreise und in der breiten Orientierung auf andere gegenüber Bambus minderwertigere jedoch insbesondere bei einem Anbau in Europa finanziell geförderte Faserpflanzen liegen.

Bezüglich einer Faserverstärkung von Kompositmaterialien gibt es daher noch Verbesserungspotential.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein verbessertes Verfahren zu Herstellen von Verstärkungsfasern zu schaffen, wobei die Verstärkungsfasern insbesondere in einem Kompositwerkstoff einsetzbar sind.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Herstellen von Verstärkungsfasern gemäß Anspruch 1 gelöst. Bevorzugte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben. Die im Weiteren beschriebenen Ausgestaltungen und Merkmale können beliebig kombiniert werden, sofern sich aus dem Kontext nicht eindeutig das Gegenteil ergibt.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von nadelartigen Verstärkungsfasern, aufweisend die Verfahrensschritte:

- a) Bereitstellen von faserhaltigem Rohmaterial, insbesondere Bambus,
- b) Grobzerkleinern des Rohmaterials;
- c) Zumindest teilweises Befreien des grobzerkleinerten Rohmaterials von nicht-faserigem Material gegebenenfalls mit anschließender Klassierung;
- d) Zerfasern des Materials unter Ausbildung von Fasern oder Faserbündeln;
- e) Klassieren der Fasern oder der Faserbündel zumindest in Abhängigkeit ihrer Länge und ihres Durchmessers; und

- e) gegebenenfalls einzelnes oder gemeinsames Wiederholen eines oder mehrerer der Verfahrensschritte b), d) und e); wobei
- f) wenigstens einer der Verfahrensschritte b), d) und e) in einer Vorrichtung ausgeführt wird, die ausgewählt ist in Abhängigkeit einer zu erhaltenden Spezifikation der Verstärkungsfasern.

Die vorbeschriebenen Verfahrensschritte können dabei grundsätzlich in einer geeigneten und von der vorgenannten Reihenfolge abweichenden Reihenfolge durchgeführt werden und können ferner zumindest teilweise zusammen in einem Prozessschritt erfolgen.

Ein derartiges Verfahren erlaubt eine besonders anpassungsfähige und ökonomische Herstellung von Verstärkungsfasern und ferner der hiermit erzeugbaren Kompositwerkstoffe.

Im Detail betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von feinteiligen Verstärkungsfasern mit dominierender nadeliger Gestalt aus grasartigem Rohmaterial, insbesondere Bambus. Unter einer nadeligen beziehungsweise nadelartigen Gestalt kann dabei insbesondere eine Ausgestaltung mit einem großen Schlankheitsgrad beziehungsweise Länge zu Breite-Verhältnis, insbesondere in einem Bereich von ≥ 100 , beispielsweise ≥ 150 , verstanden werden. Das Verfahren zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass grundsätzlich bekannte Verfahrensschritte zur vorteilhaft trockenen Aufbereitung und die dazu benötigten vom Grundsatz her bekannten Vorrichtungen derart miteinander kombiniert werden, dass am Ende eines in der Regel mehrstufig gestalteten und überwiegend ohne Beteiligung von Wasser trocken ablaufenden Zerkleinerungs- und Klassierprozesses vorteilhaft bis zu 60 % des von nichtfaserigen Bestandteilen weitgehend befreiten und als Schüttgut beispielsweise mit Längen $\leq 50 - 60$ mm aufgegebenen Rohmaterials der letzten, insbesondere als Zerfaserung oder der Zerfaserung nachgeschalteten, Prozess-Stufe zugeführt wird. Dabei umfasst die letzte Prozess-Stufe insbesondere zum Zerfasern vorteilhaft entweder an sich bekannte einstufig sichterlos arbeitende Wälzmühlen mit Schwergutaustrag des bis auf den Elementarfaser-

durchmesser von ca. 0,02 mm zerriebenen Aufgabegutes oder einen zweistufigen Zerkleinerungs- und Sicht-Prozess in einer an sich ebenfalls bekannten Luftstromwälmühle zur Feinstzerfaserung und getrennten Abführung der nichtfasrigen Restbestandteile.

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft ferner eine Anordnung, die dazu ausgestaltet ist, das vorbeschriebene und im Rahmen der vorliegenden Erfindung gegebenenfalls mitsamt einzelnen oder sämtlichen Ausgestaltungen nachfolgend beschriebene Verfahren durchführen zu können.
- 10 Dabei dient das Verfahren insbesondere dazu aus bereitgestelltem faserhaltigem Rohmaterial, Naturfasern, wie insbesondere Bambusfasern zu erzeugen. Derartige Fasern, vorliegend als Elementarfasern, also als vollständig zerfaserte Fasern beziehungsweise Faserzellen, oder als Faserbündel, können besonders vorteilhaft als Verstärkungsfasern zur Produktion von Kompositmaterialien zur Herstellung von stark belastbarer Halbzeuge und Endprodukte für An-
- 15 wendungen im Maschinenbau, der Elektrotechnik, der Verkehrstechnik und des Bauwesens genutzt werden.

Unter einem Kompositwerkstoff kann dabei im Sinne der vorliegenden Erfindung insbesondere verstanden werden ein Werkstoff, der aus wenigstens zwei nebeneinander vorliegenden

20 Komponenten hergestellt ist, insbesondere den Fasern und wenigstens einem Matrixmaterial. Das Matrixmaterial kann ferner jegliches Material sein, welches die Bambusfasern als Verstärkungsfasern aufnehmen kann. Beispielsweise kann das Matrixmaterial ein Harz, wie etwa ein Epoxidharz sein. Alternativ können in an sich bekannter Weise als Matrixmaterialien thermoplastische oder duroplastische Kunststoffe Verwendung finden.

25 Anwendungsfälle von Bambusfasern und damit des erfindungsgemäß herstellbare Produkts sind somit insbesondere gedacht als kostengünstiger Ersatz bisher bekannter technisch aufwändig hergestellter hochfester Zumischkomponenten wie Glas- und/oder Kohlenstoff-

Fasern, beispielsweise auf dem Gebiet der Elektrotechnik. Bambusfasern sollen zur Erhöhung der mechanischen Belastbarkeit der von Verbundmaterialien als einzeln vorliegende Fasern oder als Faserbündel mit auf den Einsatzfall abgestimmten stofflichen Eigenschaften eingesetzt werden. Die vorzuschlagende Bambusfaseraufbereitungs- und Weiterverarbeitungstechnologie soll Fasermaterialien bereitstellen, die als Einzelfaser und/oder als Faserbündel in der Lage sind, die vom Fertiggut zu erfüllenden Anwendungseigenschaften kostengünstig und jederzeit reproduzierbar zu erreichen.

Somit entspricht das vorliegende Verfahren nicht herkömmlichen Methoden, bei welchen Naturstoffe gegebenenfalls zerfasert werden und die erhaltenen Produkte an das so erhaltene Material angepasst werden, sondern erfindungsgemäß wird es gerade möglich, geforderte Spezifikationen durch Auswahl etwa der Zerfaserungsmittel und der Klassierungsmittel in definierter Weise zu erhalten und somit bereits beim Produktionsschritt maßzuschneidern.

Ermöglicht wird die Bereitstellung kostengünstiger naturnaher Zusatzstoffe, mit deren Hilfe die Gebrauchswerteigenschaften von Verbundmaterialien verbessert werden können. Die Eigenschaften von Bambusfasern lassen vielfältige Einsatzmöglichkeiten erwarten. Dabei ist die Vorzugsrolle des Bambus gegenüber anderen nachwachsenden Rohstoffen durch die natürliche Bambusvielfalt mit unterschiedlichen Eigenschaften hinsichtlich Aufschlussverhalten, Fasergeometrie, gewinnbarer Faseranteile und vorhandenen exzellenten mechanischen Eigenschaften gegeben und kann vorteilhaft bei der Rohstoffbereitstellung berücksichtigt werden. Die Rohstoffbeschaffung ist dabei äußerst kostengünstig abzudecken. Entsprechende Kosten halbieren sich bei Rohstoffverarbeitung in den Bambusherkunftsländern mit nachfolgendem Halbzeugimport nach Europa.

Durch das vorbeschriebene Verfahren wird es dabei besonders vorteilhaft möglich, unter dem Aspekt der Herstellung von auf den jeweiligen Einsatzzweck sehr genau insbesondere hinsichtlich Korngrößen- und Faserlängenverteilung sowie mechanischer, chemischer und phy-

sikochemischer Eigenschaften abgestimmter Bambusfasern optimal angepasste Fasern zu erhalten. Somit können durch eine Optimierung der Bambusaufbereitung Voraussetzungen für den Bambuseinsatz als kostengünstiger und hochbelastbarer technischer Verstärkungswerkstoff geschaffen werden. Dass eine solche Zielstellung erreichbar ist, zeigen erfolgreiche Laboruntersuchungen zur Ausnutzung spezifischer Eigenschaften von Bambus, die insbesondere durch eine Zerfaserung des Materials bis in den Elementarfaserbereich zu erschließen sind.

Gleichzeitig wird dabei ein Teil der derzeit jährlichen Weltbambus-Ernte von ca. 20 Mio. t dafür eingesetzt, teure Kunststoffe gebrauchswertsteigernd mit hochwertigen Fasern aus Bambus an neue Aufgaben- und Einsatzgebiete anzupassen. Dabei kann effektiv Rücksicht genommen werden auf den Faserpreis und die bei der Faserherstellung auftretenden Umweltbelastungen und es kann so erlaubt werden, die Fähigkeit für die Herstellung beinahe beliebiger hochwertiger Spezialcompounds mit verbesserten Eigenschaften zu verwenden. Die Ermittlung der dem jeweiligen Fasereinsatz anzupassenden Herstellungsbedingungen beziehungsweise Spezifikationen und das daraus ableitbare Angebot zur Lieferung von maßgeschneiderten Verstärkungsfasern an die entsprechenden Einsatzbedingungen sind erfindungsgemäß problemlos erhältlich.

Für den Bambusfasereinsatz als langzeitbeständiger tendenziell biologisch abbaubarer und massenhaft nachwachsender Zusatzstoff zur Rissverhinderung und zur Vergrößerung der mechanischen Belastbarkeit, wie insbesondere Biegung und Zug in Kompositwerkstoffen wie etwa unter anderem von Polymerbeton sind auf die Fasergeometrie der technisch herstellbaren Bambuspartikel abgestimmte Körnungsverteilungen der Mineralkomponenten eine mögliche Voraussetzung beziehungsweise ein veränderbarer Parameter für die gewünschten Verstärkungswirkungen.

Es konnte festgestellt werden, dass in Abhängigkeit von der Partikelgeometrie und dem Massenanteil der einextrudierten Faserbestandteile teilweise beträchtliche Zuwächse der Biegebe-

lastbarkeit sowie völlig verändertes Verformungsverhalten unter Last möglich ist. Die entsprechende konkrete Ausgestaltung ist dabei anwendungsbezogen und nicht abschließend darstellbar. Somit kann insbesondere durch Anpassung der Zerkleinerung beziehungsweise der Zerkleinerung insbesondere zusammen mit der entsprechenden Klassierung eine wirksame Methode zur Maßschneidung der gewünschten Eigenschaften gefunden werden.

Die für den Einsatz als Verstärkungsmaterialien bestimmten Fasern können nach einer Zerkleinerung und insbesondere mehrstufigen Zerkleinerung sich in einer Ausgestaltung im Durchmesserbereich $\varnothing_F$ und Längenbereich l_F von der Elementarfaser mit $\varnothing_F \leq 30 \mu\text{m}$, insbesondere $\varnothing_F \leq 15 \mu\text{m}$, wobei die Untergrenze durch die Faserzelle gegeben sein kann, und $1 \text{ mm} \leq l_F \leq 4 \text{ mm}$ befinden oder von den konkreten vorgenannten Werten bis zu dem Bereich eines Faserbündels mit $\varnothing_F \leq 1,5 \text{ mm}$, insbesondere $\varnothing_F \leq 0,5 \text{ mm}$ und mit $8 \text{ mm} \leq l_F \leq 75 \text{ mm}$, insbesondere $8 \text{ mm} \leq l_F \leq 50 \text{ mm}$ sich erstrecken. Sie können durch das vorbeschriebene Verfahren entsprechend der Abnehmervorgabe beziehungsweise zu erhaltender Spezifikationen dem jeweiligen Verwendungszweck anpassbar sein insbesondere durch eine geeignete Auswahl der Grobverkleinerungsmittel, also insbesondere der Mittel zum Verkleinern der geernteten Bambuspflanzen beziehungsweise Bambushalme ohne das teilweise oder vollständige Zerkleinern beziehungsweise ohne eine Beeinträchtigung der Fasern, und der Zerkleinerungsmittel.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann dabei exemplarisch sicherstellen, dass ausgehend von natürlichen Faserzellenabmessungen des nachwachsenden Rohstoffes Bambus mit beispielsweise $\varnothing_{\text{Faser}} \leq 30 \mu\text{m}$, insbesondere $\leq 25 \mu\text{m}$, und $1 \text{ mm} \leq l_{\text{Faser}} \leq 4 \text{ mm}$ durch Variation maschinentechnischer und technologischer Parameter bei der Faserherstellung, insbesondere bei der Zerkleinerung, Zerkleinerung und Klassierung, im einzelnen Zerkleinerungsaggregat und bei der Klassierung die vorgegebenen Faserparameter eingehalten und mit einem hohen Masseausbringen in die jeweils gewünschte(n) Faserdurchmesser- und/oder Faserlängenklasse(n) realisiert werden. Dabei kann die Zerlegung des Rohstoffes in Fasern bzw. Faserbündel vari-

ablen Länge und variabler Dicke von der einzelnen obengenannten Faserzelle bis zum Faserbündel etwa mit $\varnothing_{\text{Faserbündel}} \leq 4 \text{ mm}$, insbesondere $\varnothing_{\text{Faserbündel}} \leq 0,1 \text{ mm}$ und $4 \text{ mm} \leq l_{\text{Faserbündel}} \leq 70 \text{ mm}$, insbesondere $4 \text{ mm} \leq l_{\text{Faserbündel}} \leq 60 \text{ mm}$ erfolgen und die Produkte können weitgehend frei von nichtfaserigen Bestandteilen sein sowie nach dem Durchlauf durch die Aufbereitungslinie die für den jeweiligen Einsatzzweck erforderlichen Eigenschaften wie Restfeuchte, Faserlängen- und Faserdickenverteilungen aufweisen. Es ist somit eine optimale Anpassbarkeit gegeben.

Bei der Bambusaufbereitung ergeben sich wesentlich höhere Faserausbeuten als vergleichsweise etwa bei Flachs und Hanf. Der Anteil elementarer Fasern, beispielsweise mit einem Durchmesser in einem Bereich von $\varnothing_F \leq 30 \text{ }\mu\text{m}$, insbesondere $\varnothing_F \leq 15 \text{ }\mu\text{m}$ und einer Länge in einem Bereich von $1 \text{ mm} \leq l_F \leq 4 \text{ mm}$ beträgt bei allen zu nutzenden Bambusarten/-gattungen $\geq 40 \text{ }\%$. Für das Ausbringen technischer Fasern oder Faserbündel, wobei letztere mehrere neben- oder nacheinander im Zellverbund angeordnete Elementarfasern aufweisen, können je nach Aufbereitungsverfahren Werte im Bereich zwischen 50 und $\leq 100\%$ erhältlich sein. Die entsprechenden Faseranteile von Flachs und/oder Hanf liegen bei ca. 20 %. Untersuchte Beispiele von mit faserhaltigen Verbundwerkstoffen, wie insbesondere Spritzgussteile für Abwasserarmaturen aus PE mit Bambusfaseranteilen $\leq 30 \text{ }\%$ zeigten gute Handhabbarkeit bei Montage- und Reparaturprozessen infolge geringerer Einzelteilmassen gegenüber vergleichbaren Metallerzeugnissen und bezüglich traditioneller Werkstoffe ein Kosteneinsparpotential $\leq 50 \text{ }\%$.

Das aus dem Einsatz von Bambusfasern als technisches Verstärkungsmaterial abzuleitende Kostensenkungspotential, wie insbesondere mit Bezug auf Carbon-, Glas-, Hanf- und Flachsfasern im Vergleich zu Bambusfasern, kann erheblich sein. Aus einer Schätzung der Kosten der Bambusfasercompoundierung kann erwartet werden, dass man für Bambusfasercompounds im Vergleich zu glasfaserhaltigem Material beispielhaft maximal 50 % der bisher üblichen Herstellungs- und Verarbeitungskosten benötigen wird.

Stahl oder Beton, beispielsweise, setzen bei ihrer Produktion enorme Mengen Kohlendioxid frei anstatt solches zu verbrauchen. Mit dem Einsatz von Bambus kann deshalb eine sehr nachhaltige Ressource geschaffen werden, die ökologisch verantwortungsbewusst und wirtschaftlich effizient eingesetzt werden kann. Der Einsatz von Bambusfasern als Verstärkungsmaterial insbesondere für thermo- und duroplastische Kunststoffe kann somit insbesondere im Zusammenhang mit nachhaltigem Wirtschaften gesehen werden, auch wenn andere Baustoffe wie Stahl oder Beton schneller herstellbar sind als Bambus wächst und erntereif wird.

- 10 Bambusfasern können weiterhin zur Produktion stark belastbarer Halbzeuge und Endprodukte für Anwendungen im Maschinenbau, der Elektrotechnik, der Verkehrstechnik und des Bauwesens genutzt werden.

Für die Herstellung in dünnen Schichten ausbringbarer Bambusfasergießharze, beispielsweise, ist eine weitgehende, insbesondere vollständige, Abtrennung nichtfasriger Bestandteile, wie etwa Parenchymbestandteile und eingelagerter kugelförmiger Stärkepartikel, während des Faseraufbereitungsprozesses von Wichtigkeit. Insbesondere durch diesen Verfahrensschritt kann eine besonders vorteilhafte Verstärkungsleistung der Bambusfasern bewirkt werden. Der Einsatz von Bambuspartikeln mit vorstehenden Vorbehandlungsmerkmalen als elastizitäts- und festigkeitserhöhende Zusätze für thermo- und/oder duroplastische Kunststoffe insbesondere zur Ausbildung eines Kompositwerkstoffs kann mit Zuwächsen von bis zu 500 % beim E-Modul und bis zu 400 % bei der Biegebelastbarkeit der bambusfaserhaltigen Kunststoffe verbunden werden.

- 25 Vorteilhaft kann es ferner sein, Bambusfasern nicht zu Fasern zu zerfasern, sondern etwa Faserbündel zu erhalten, welche etwa aus sehr langen Bambuspartikeln, etwa mit einer Länge von $50 \text{ mm} \leq l_{\text{part}} \leq 300 \text{ mm}$, beispielsweise $50 \text{ mm} \leq l_{\text{part}} \leq 200 \text{ mm}$ und einem Durchmesser von $d_{\text{part}} \leq 0,1 \text{ mm}$ ausgebildet sind. So können textilartige Bambusfaserfilamente mit Netz-

und/oder Flächengewebe-strukturen hergestellt und diese als mechanisch hochbelastbare Kernschichten eingesetzt werden, etwa für eine Vielzahl beispielsweise elektrotechnischer Basiselemente.

- 5 Zur Sicherstellung gleichbleibender Faserdurchmesser- und -längenverteilungen, wie dies oftmals erwünscht ist, können hohe Anforderungen an die Rohstoffqualität gestellt werden. Dazu können technisch-technologische Lösungen für die Feinstkornklassierung sehr dünner kurzer Fasern mit einer beispielhaften Länge von $l_{\text{part}} \leq 2,0 \text{ mm}$, beispielsweise $l_{\text{part}} \leq 1,0 \text{ mm}$ und einem beispielhaften Durchmesser von $d_{\text{part}} \leq 20 \text{ }\mu\text{m}$ und für eine faserschonende Aufbe-
10 reitung im Langfaserbereich, beispielsweise mit einer Faserlänge in einem Bereich von $l_{\text{part}} \leq 2,0 \text{ mm}$, beispielsweise $l_{\text{part}} \leq 1,0$ und einem Durchmesser von $d_{\text{part}} \leq 200 \text{ }\mu\text{m}$, insbesondere $d_{\text{part}} \leq 100 \text{ }\mu\text{m}$ helfen.

- Dabei kann es insbesondere von Vorteil sein, eine möglichst faserschonende Zerlegung des
15 Rohstoffes zu kombinieren mit der für unterschiedliche Faseranwendungen erforderlichen Klassierung beziehungsweise Qualifizierung und Aufteilung der Aufbereitungsprodukte in unterschiedliche Faser- bzw. Faserbündeldicken oder -längen.

- Für die Verwendung von Bambusfaserzellen bei elektrotechnischen Anwendungen, bei-
20 spielsweise, werden hohe Anforderungen gestellt hinsichtlich der Gleichmäßigkeit der Bambusfasereigenschaften, wie etwa Längen- und/oder Durchmessertoleranzen, Sortenreinheit des Rohmaterials, Alter der Halme und daraus sich ergebende Wanddickeneinflüsse sowie mögliche Schwankungen der mechanischen Eigenschaften von Faserbündeln und/oder Einzelfaserzellen. Schwankungen der mechanischen Eigenschaften können dabei auf der Rohmaterialseite
25 te durch eine kontinuierliche zerstörungsfreie Messung etwa der Biege- oder Zugfestigkeit aller aufgegebenen Halme kontrolliert und durch Aussonderung nicht qualitätsgerechter Einzelhalme ausgeglichen werden. Für verbleibende Restschwankungen können anwendungsfallbezogene Toleranzen festgelegt und deren Einhaltung kontrolliert werden.

Sortenreinheit und Fragen des Alters sind bei Fremdbezug von Rohbambus durch eine zu errichtende Aufbereitungsanlage vorteilhaft zu überprüfen. Aus heutiger Sicht sind angesichts der Vielzahl möglicher Bambusarten insbesondere ein kontrollierter Plantagenanbau und Jahrgangserntemaßnahmen als zuverlässige Verfahrensschritte bei der Qualitätssicherung anzusehen, die aber vorteilhaft trotzdem mit einem Überwachungs- und Kontrollsystem in der Rohmaterialaufbereitung kombinierbar sind.

Die Gleichmäßigkeit der Faserlängen- und Faserzellendurchmesserverteilungen kann jedoch wegen der oftmals vorhandenen natürlichen Schwankungen von l_{part} und d_{part} durch eine leistungsfähige Zerfaserung mit nachfolgender Klassierung weiter gesichert werden. Dabei kann insbesondere für eine Zerfaserung und Klassierung insbesondere von Feinfasern die Kombination von Turbomühle mit einem nachgeschalteten Luftstrahlsieb und/oder die Feinstzerfaserung im Walzenspalt einer Wälzmühle oder eines Walzgerüsts mit einer nachfolgenden Windsichtung besonders vorteilhafte Aufschlussergebnisse liefern und diese Eigenschaft auch über längere Zeiträume erhalten bleiben. Bei parallel zur Optimierung der Feinstzerfaserung laufenden anwendungstechnischen Untersuchungen ist zu entscheiden, für welchen beispielsweise elektrotechnischen Anwendungszweck welche Bambusfaserzellenlängen- und -durchmesserverteilungen am besten geeignet sind. Nach solchen Kriterien sind die technischen Verstellmöglichkeiten der Aufbereitungsanlage auszurichten und bei ihrem praktischen Betrieb entsprechend zu regulieren. Gleichzeitig ist darauf hinzuweisen, dass im Sinne der Langzeitqualitätssicherung ein selbständig in den Aufbereitungsablauf eingreifendes Mess-, Steuer- und Regelsystem (MSR-System) zum Einstellen und Sicherstellen der gewünschten Parameter besonders vorteilhaft angesehen werden kann.

Zusätzliche Möglichkeiten zur Qualitätsbeeinflussung und damit zur Anpassung an den gewünschten Anwendungszweck bestehen, wenn die vorzerkleinerten Partikeln vor der Zerfaserung gewaschen und einer plastifizierenden Druckbedampfung ausgesetzt werden.

Anschließend kann eine direkte Zuführung der Zerfaserungsgutes zu einer nachgeschalteten Klassiereinrichtung erfolgen, in der unabhängig von dem jeweiligen Verfahrensstand das Aufgabegut vorzugsweise pneumatisch gefördert werden kann und mit Warmluft zur Fördergut-
5 guttrocknung beaufschlagt werden kann. Dass der überwiegend faserförmige Fördergutstrom durch geeignete Einbauten in der Klassiereinrichtung in Produkte mit unterschiedlicher Faserlängen- und -dickenverteilung aufgelöst werden kann, kann weiterhin vorteilhaft sein.

Eine andere Variante könnte sein, die vorzerkleinerten beispielsweise trockenen Bambus-
10 hackschnitzel beziehungsweise das grobzerkleinerte Rohmaterial, also das noch nicht bis zur Faserebene zerkleinerte Rohmaterial, was etwa durch Schneidwerke realisierbar sein kann, insbesondere zum Zerfasern einer mehrstufigen Druck- und Scherzerfaserung mit einer jeder Mahlstufe nachgeschalteten Windsichtung zur Abtrennung nichtfasriger Partien zuzuführen. Dabei kann je nach beispielsweise elektrotechnischen Anforderungen die Zerfaserung bis zur
15 Herstellung einer reinen Faserfraktion weitergeführt werden, die dann ihrerseits z.B. zeitweilig elektrostatisch aufgeladen und dann als dünne Schicht mit einer Schichtdicke $S_{\text{Schicht}} \geq d_{\text{Part}}$ in eine Kunstharzmatrix eingebettet werden oder einem Gießharz vor dessen Aufbringen auf die Gießfläche zugemischt werden kann.

Bei der Behandlung des Bambus kann es vorteilhaft sein, den Bambus entlang von im gesamten Stängelquerschnitt existierenden Struktur- und/oder Verwachsungsgrenzen zwischen faserhaltigen und nichtfaserhaltigen Bestandteilen in nadelartige Elemente zu zerlegen, die bis in den Bereich der parallel nebeneinander in den Leitbündeln angeordneten Faserzellen reichen können. Der Zerfaserung kann eine intensive konvektive Trocknung durch Umspülung
25 der Partikel mit vorgewärmter Förderluft überlagert werden, um damit eine aus der Kraftwerkstechnik an sich als Mahltrocknung bekannte hochwirksame Verfahrensweise anwenden zu können.

Der Hauptzerfaserungsstufe beziehungsweise der primären Zerfaserungsstufe, beispielsweise mit an sich bekannten Sieb- oder Schlagprallmühlen und einer gegebenenfalls vorgeschalteten mechanischen Vorbeanspruchung im einziehenden Spalt zwischen zwei zylindrischen Walzen, können sich weitere Zerfaserungsschritte für die stufenweise durchzuführende Verschlingung von vorzerfaserten Partikeln anschließen. Dabei können drei Arbeitsrichtungen unterschieden werden:

- 1.) Optimierung der Primärstufe mit dem Ziel der Herstellung konkreter Faserqualitäten,
- 2.) der weitere Aufschluss beziehungsweise die Nachfeinung von Partikeln beliebiger Länge und Dicke unter dem Aspekt der Bambuszerlegung bis in den Elementarfaserzellenbereich und
- 3.) die Nachbehandlung langer Bambuspartikel im Sinne ihrer Verschlingung.

Für die Nachfeinung mit schonend freizulegenden Faserzellen können insbesondere Aufbereitungsmaschinen geeignet sein, in denen durch einen kombinierten Druck- und Scherbeanspruchungsvorgang die mechanische Auflösung des Zellverbundes erfolgt. Dieses Prinzip wird vorzugsweise angewendet in Kollergängen oder Wälzmühlen und auf Zerfaserungsextrudern mit veränderlichen Prozessbedingungen mit oder ohne Nachschaltung zusätzlicher Einrichtungen zur Auflösung von verfahrensbedingt entstehenden Agglomeraten, bis in den Bereich der Faserzellenabmessungen mit $d_{\text{Faser}} \leq 30 \mu\text{m}$, etwa $\leq 25 \mu\text{m}$. Dabei kann es vorteilhaft sein, dass nach jeder Zerfaserungsstufe Klassieraggregate angeordnet werden, um unterschiedliche Sichtklassen durch die problembezogene und anwendungsorientierte Aufsplittung des Feststoffanteils herzustellen.

Für die Nachbehandlung von Faserzellen können insbesondere Aufbereitungsmaschinen besonders geeignet sein, bei denen eine Scherbeanspruchung der Partikel in einem breitenverstellbarem Mahlspalt stattfindet. Sie wird vor allem deshalb vorgesehen, um unter allen Prozess-Bedingungen die Bildung hoher Anteile nadelförmiger Partikel mit großem Schlankheitsgrad sicherzustellen.

- Neben dem Primat der die Ausgangsbedingungen für nachfolgende Prozess-Stufen wie der Bambusfeinzerfaserung schaffenden Primärzerfaserungsstufe ist die geräteseitige und räumliche Trennung der einzelnen Aufbereitungsprozess-Stufen zu sichern, um die für die Weiterverarbeitung der Fasern angestrebte technologisch vorteilhafte nadelförmige Gestalt durch eine relativ schonende Behandlung innerhalb und zwischen einzelnen Aufbereitungsstufen zu gewährleisten. Damit sollen gleichzeitig unerwünschte Übermahlungseffekte minimiert werden.
- 10 Durch die werkstofflichen Vorteile des Bambusfasereinsatzes kann in Zukunft die Akzeptanz von Bambus durch die potentiellen Anwender gesteigert werden. Denn trotz seiner immensen Vorzüge wurde Bambus anstelle alternativer Werkstoffe wie Stahl, Beton und Kunststoffe mit ihren ökonomischen und ökologischen Folgen nicht wesentlich verwendet. Als genereller Mangel muss benannt werden, dass man bisher die mit Bambus als Zusatzwerkstoff hergestellten Materialien für Belastungsbedingungen einsetzt, die dem großen mechanischen Beanspruchungspotential von Bambus nicht annähernd gerecht werden. In anderen Worten geht
- 15 die Eignung von Materialien mit erfindungsgemäß herstellbaren Verstärkungsfasern weit über herkömmlich für Bambusfasern bekannte Anwendungen hinaus.
- 20 Bei Erfüllung vorgenannter Voraussetzungen kann durch das erfindungsgemäße Verfahren verwirklicht werden, ein Verfahren und eine Anordnung zu schaffen, die als ganzheitliche verlustarme Aufbereitungslösung von der Aufgabe des vorzerkleinerten Rohstoffes Bambus über seine stufenweise zu erreichende zerfasernde Zerkleinerung mit in einzelnen Verfahrensstufen überlagerter Mahltrocknung bis zur Aufteilung in unterschiedliche Faser- bzw. Faserbündeldicken oder -längen geeignet ist zur überwiegenden Zerlegung des Rohstoffes entlang natürlicher Strukturgrenzen und zur Aufteilung des Stoffstromes aus Partikeln unterschiedlicher Länge und Dicke in einzelne Faserbündeldicken- und/oder Faserbündellängenfraktionen entsprechend anwendungs-technologischer Vorgaben.
- 25

In einer Ausgestaltung kann insbesondere anstelle von an sich bekannten mehrstufig ablaufenden Zerkleinerungs- und Klassierprozessen vor der Aufgabe in die letzte Prozess-Stufe eine, etwa als Grobzerfaserung dienende, vorzugsweise an den Stirnseiten der insbesondere mit Längen ≤ 2000 mm bezogenen Bambushalmstücke angreifende Spann- und Drehvorrichtung den vorzugsweise langsam mit Drehzahlen von $10 - 100 \text{ min}^{-1}$ umlaufenden Rohling an einer am Umfang angreifenden messer- bis drehmeißelartig gestalteten Schälvorrichtung mit oder ohne Axialvorschubbewegung, aber vorteilhaft mit Benutzung einer ebenfalls bekannten Radialvorschubeinrichtung trocken oder unter Wasserzugabe zerspanen, wobei das zerspante mit Faserzellen angereicherte Material der letzten, insbesondere mit einer Wälzmühle ausgestatteten Prozess-Stufe zur Feinzerfaserung mit oder ohne Mahltrocknung der Zerfaserungsprodukte zugeführt werden kann.

In einer weiteren Ausgestaltung kann die Zerspanung des Aufgabegutrohrlings beziehungsweise des Rohmaterials nach Erreichen einer vom Aufgabegut abhängigen Restwanddicke von 25 - 50 %, bezogen auf das Rohmaterial, beendet werden, wobei an sich bekannte Verfahrensschritte bis zur trockenen Feinstaufbereitung des bis auf den Elementarfaserdurchmesser beziehungsweise der Elementarfaser von ca. 0,02 mm zu zerreibenden Aufgabegutes ausgestattet und dazu benötigte vom Grundsatz her bekannte Maschinen technologisch anschließen sowie so miteinander kombiniert werden können, um das zerfaserte Feinstgut gegebenenfalls zwischenstapeln und entsprechend dem Bedarf der nachfolgenden Kunststoffverarbeitungsstufe zuführen zu können, wie etwa einem Vermischen mit Kunststoff.

In einer weiteren Ausgestaltung kann die Zerfaserung als Kombination von an sich bekannten trocken arbeitenden Schneckenextrudern und Wälzmühlenfeinstzerkleinerung mit überlagerter separater Abscheidung faserabgereicherter Feinstäube insbesondere zur Sicherstellung des im Durchmesser- und Längenbereich zu beschreibenden Elementarfaserbereich mit $\varnothing_F \leq 0,030 \text{ mm}$, insbesondere $\leq 0,015$, und $1 \text{ mm} \leq l_F \leq 4 \text{ mm}$ eingestellt werden können.

In einer weiteren Ausgestaltung kann durch die separate Abtrennung und Abführung der faserabgereicherten Feinstäube ein thermisch höher belastbares Elementarfasergemisch für die weitere Verwendung als Verstärkungsmaterial für höherschmelzende thermoplastische Basismaterialien bereitgestellt werden.

In einer weiteren Ausgestaltung können die vorgenannten Elementarfasern oder die Faserbündel in an sich bekannter Weise gemeinsam mit einem insbesondere thermoplastischen Kunststoffpulver insbesondere trocken gemischt, einem ebenso bekannten heizbaren Schneckenextruder zugeführt, im Schmelzzustand der Kunststoff-Fraktion mit dieser vermischt und schließlich am Extruderausgang in Granulatstücke zerhackt werden, um so der weiteren Verwendung zugeführt werden zu können.

In einer weiteren Ausgestaltung können die vorgenannten Elementarfasern oder auch die Faserbündel mittels einer an sich bekannten Dosiervorrichtung einer dünnflüssigeren Komponente, beziehungsweise einer niedrigviskoserer Komponente eines mindestens zwei flüssigen Ausgangskomponenten umfassenden insbesondere duroplastisch unter Wärmezufuhr aushärtenden Kunststoffgemisches zugeführt und in die erstgenannte Komponente mit an sich bekanntem Rührmischer eingebunden werden. Anschließend kann die Vereinigung der mindestens zwei flüssigen Ausgangskomponenten unter weiterem Rühren erfolgen und beim Verguss des elementarfaserehaltigen Gemisches können die Faserteilchen Gelegenheit zur festigkeitsbeeinflussenden Strukturbildung durch Ablagerung entlang von Strömungslinien erhalten.

In einer weiteren Ausgestaltung können die vorgenannten Elementarfasern oder Faserbündel einer insbesondere dünnflüssigen vorrangig duroplastisch erhärtenden Kunststoffmischungen nach der Zusammenführung der Ausgangssubstanzen zugeführt und mittels Rührmischer gleichmäßig im zu vergießenden Gemisch verteilt werden.

In einer weiteren Ausgestaltung können die vorgenannten Elementarfasern oder Faserbündel nach vorteilhafterweise mechanischer oder elektrostatischer Faserausrichtung auf einer Arbeitsfläche zur Herstellung einer faserverstärkten flächenbildenden thermoplastischen oder duroplastischen Vergussmasse mit dieser beziehungsweise mit thermoplastischem oder duroplastischem Kunststoff besprüht und/oder übergossen werden.

In einer weiteren Ausgestaltung können die vorgenannten Elementarfasern oder Faserbündel als Zumischbestandteile einer mittels Verteilvorrichtung in der Fläche auszubreitenden und unter späterer Wärmezufuhr erstarrenden faserverstärkten thermo- oder duroplastisch abbindenden Vergussmassen eingesetzt werden.

Im Folgenden wird die Erfindung beispielhaft anhand von Ausführungsbeispielen exemplarisch erläutert ohne darauf beschränkt zu sein.

15

In einem ersten Ausführungsbeispiel wird der Rohbambus als Hackschnitzel mit Stückgrößen $d_K \leq 5$ cm einer die Oberflächen reinigenden Aufgabegutwäsche zugeführt. Das gewaschene Aufgabegut gelangt in eine der Grobzerfaserung vorgeschaltete mit Nassdampf beaufschlagte Plastifizierung, die beispielsweise als Durchlaufreaktor ausgebildet sein kann und direkt in den Aufgabebereich der anschließenden Komplexzerfaserung aufgibt. In dieser Prozessstufe, die vorzugsweise mit einem modifizierten Extrusionsprinzip bei an sich bekannter Maschinenbauart realisiert werden soll, wird durch die Presswirkung der Schnecken das aufgegebene feuchte Material auf Temperaturen > 100 °C erwärmt, so dass in den Pflanzenzellen eingelagertes Wasser zu kochen beginnt und durch den Dampfdruckanstieg sowie infolge der durch das Antriebssystem von außen aufgezwungenen Scherwirkung auf das zwischen Schnecken- und Gehäusewand befindliche Material ein Aufschluss entlang der festeren Faserzellwände im Sinne von Freilegung von Fasern und/oder Faserbündeln erfolgt. Die sich einstellende Partikellängen- und -durchmesserverteilung kann durch die Wahl maschinentechnischer Parame-

25

ter in weiten Grenzen variiert werden. Anschließen können sich in an sich bekannter Weise gegebenenfalls eine Grobzerkleinerung, eine Zerfaserung und entsprechende Klassierungsschritte.

- 5 Entsprechend eines zweiten Ausführungsbeispiels sind Bedingungen für die Erzielung eines feinteiligen Fertigprodukt mit $l_F \leq 1,0$ mm berücksichtigt worden. Dazu sind vor allem ein höherer Plastifizierungsgrad (Dampfdruck 6 bar und Prozesstemperaturen mit ca. 150 °C) und der Einsatz einer der Grobzerfaserung nachgeschalteten Zerkleinerungsstufe erforderlich, die z.B. eine schnelllaufende Scheibenmühle sein kann. Die Anordnung eines der Zerkleinerung
- 10 nachgeschalteten Stromtrockners mit Grobgutabtrennung und dessen Rückführung zur letzten vorgeschalteten Zerkleinerungsmaschine, hier allerdings für $l_F \geq 1$ mm auszulegen, schließt das System ab, wobei ferner entsprechende Klassiereinrichtungen vorgesehen sind. Gegebenenfalls kann anstelle der Maschinenkombination aus feinzerfasernder Scheibenmühle und nachgeschaltetem Stromtrockner auch eine Wälzmühle mit innerem Stabkorb-
- 15 Windsichterkreislauf genutzt werden, indem für die behutsame Trocknung des Mahlgutes das an sich bekannte Mahltrocknungsprinzip genutzt wird. Entsprechende Klassierungen sind dabei ebenfalls Bestandteil dieses Verfahrens.

- Im vorstehenden Sinn werden Schlussfolgerungen für weiterführende technologische Maßnahmen zusammengefasst:
- 20

- Gemäß einer Ausgestaltung kann eine Verwendung oberflächenbehandelter und/oder fraktionierter Bambusfasern für faserverstärkte Leiterplattenbasismaterialien durch Herstellung einer faserverstärkten flächenbildenden Vergussmasse oder durch Herstellung einer anschließend zu
- 25 imprägnierenden papierartigen Fasermatrix vorgesehen sein.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung kann eine Verwendung oberflächenbehandelter und/oder fraktionierter Bambusfasern, die nach mechanischer oder elektrostatischer Faseraus-

richtung zur Herstellung einer faserverstärkten flächenbildenden Vergussmasse oder zur Herstellung einer anschließend zu imprägnierenden papierartigen Fasermatrix zum Einsatz kommen vorgesehen sein.

- 5 Gemäß einer weiteren Ausgestaltung kann eine Verwendung oberflächenbehandelter und/oder fraktionierter Bambusfasern für faserverstärkte duroplastisch abbindende Stampf- oder Vergussmassen insbesondere für geformte Isolatorbauelemente für elektrotechnische Anwendungen vorgesehen sein. Für die Herstellung in dünnen Schichten ausbringbarer Bambusfasergießharze ist eine weitgehende Abtrennung nichtfasriger Bestandteile, wie insbesondere Parenchymbestandteile und eingelagerter kugelförmiger Stärkepartikel, während des Faserauf-
- 10 bereitungsprozesses besonders vorteilhaft.

Vorteilhaft ist gemäß einer weiteren Verwendung ferner, wenn aus sehr langen Bambuspartikeln mit beispielsweise $50 \text{ mm} \leq l_{\text{part}} \leq 300 \text{ mm}$, insbesondere $50 \text{ mm} \leq l_{\text{part}} \leq 200 \text{ mm}$ und

15 $d_{\text{part}} \leq 0,1 \text{ mm}$ textilartige Bambusfaserfilamente mit Netz- und/oder Flächengewebestrukturen hergestellt werden und sie als mechanisch hochbelastbare Kernschichten für eine Vielzahl elektrotechnischer Basiselemente einzusetzen sind.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung können zur Sicherstellung gleichbleibender Faser-

20 durchmesser- und -längenverteilungen hohe Anforderungen an die Rohstoffqualität gestellt werden. Dazu benötigt man technisch-technologische Lösungen für die Feinstkornklassierung sehr dünner kurzer Fasern mit einer beispielhaften Länge von $l_{\text{part}} \leq 2,0 \text{ mm}$, insbesondere $l_{\text{part}} \leq 1,0 \text{ mm}$ und einem beispielhaften Durchmesser von $d_{\text{part}} \leq 20 \text{ }\mu\text{m}$ und für eine faserschonende Aufbereitung im Langfaserbereich mit einer beispielhaften Faserlänge von $l_{\text{part}} \leq 2,0$

25 mm, beispielsweise von $l_{\text{part}} \leq 1,0 \text{ mm}$ und einem beispielhaften Faserdurchmesser $d_{\text{part}} \leq 200 \text{ }\mu\text{m}$, beispielsweise $d_{\text{part}} \leq 100 \text{ }\mu\text{m}$).

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von nadelartigen Verstärkungsfasern, aufweisend die Verfahrensschritte:

- 5 a) Bereitstellen von faserhaltigem Rohmaterial, insbesondere Bambus,
- b) Grobzerkleinern des Rohmaterials;
- c) Zumindest teilweises Befreien des grobzerkleinerten Rohmaterials von nicht-faserigem Material gegebenenfalls mit anschließender Klassierung;
- d) Zerfasern des Materials unter Ausbildung von Fasern oder Faserbündeln;
- 10 e) Klassieren der Fasern oder der Faserbündel zumindest in Abhängigkeit ihrer Länge und ihres Durchmessers; und
- e) gegebenenfalls einzelnes oder gemeinsames wiederholen eines oder mehrerer der Verfahrensschritte b), d) und e); wobei
- f) wenigstens einer der Verfahrensschritte b), d) und e) in einer Vorrichtung ausgeführt wird, die ausgewählt ist in Abhängigkeit einer zu erhaltenden Spezifikation der Verstärkungsfasern.
- 15

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren einen Verfahrensschritt umfasst, bei dem eine an den Stirnseiten von Bambushalmstücken angreifende
20 Spann- und Drehvorrichtung das umlaufende Rohmaterial an einer am Umfang angreifenden Schälvorrichtung unter Verwendung einer Radialvorschubeinrichtung zerspannt, und dass das zerspannte Material einer Feinzerfaserung zugeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Zerspannung des
25 Rohmaterials nach Erreichen einer Restwanddicke von 25 - 50 % beendet wird, insbesondere wobei das zerspannte und zerfaserte Feingut zwischengestapelt wird zum Zuführen einer nachfolgenden Kunststoffverarbeitungsstufe.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Zerfasern als Kombination von trocken arbeitenden Schneckenextrudern und Wälzmühlenfeinstzerkleinerung mit überlagerter separater Abscheidung faserabgereicherter Feinstäube durchgeführt wird, insbesondere wobei Fasern mit einem Durchmesserbereich von $\leq 0,030$ mm und einem
5 Längenbereich von ≥ 1 mm bis ≤ 4 erhalten werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass durch eine separate Abtrennung und Abführung der faserabgereicherten Feinstäube ein Elementarfasergemisch bereitgestellt wird.

10

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Elementarfasern oder Faserbündel gemeinsam mit einem insbesondere thermoplastischen Kunststoffpulver einem heizbaren Schneckenextruder zugeführt, im Schmelzzustand der Kunststofffraktion mit dieser vermischt und am Extruderausgang in Granulatstücke zerhackt werden.

15

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass erhaltene Elementarfasern oder Faserbündel mittels einer Dosiervorrichtung einer dünnflüssigeren Komponente eines mindestens zwei flüssige Ausgangskomponenten umfassenden insbesondere duroplastisch unter Wärmezufuhr aushärtenden Kunststoffgemisches zugeführt wird, bevor
20 die Vereinigung der mindestens zwei flüssigen Ausgangskomponenten erfolgt, insbesondere wobei bei einem Verguss des Gemisches die Fasern einer festigkeitsbeeinflussenden Strukturbildung durch Ablagerung entlang von Strömungslinien unterworfen werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass erhaltene Elementarfasern oder Faserbündel einer flüssigen insbesondere duroplastisch härtenden Kunststoffmischung zugeführt werden.

25

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass erhaltene Elementarfasern oder Faserbündel nach insbesondere mechanischer oder elektrostatischer Faserausrichtung mit einer duroplastischen Vergussmasse besprüht und/oder übergossen werden.

5

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass erhaltene Elementarfasern oder Faserbündel als Zumischbestandteile einer mittels Verteilvorrichtung in der Fläche auszubreitenden und unter späterer Wärmezufuhr erstarrenden faserverstärkten thermo- oder duroplastisch abbindenden Vergussmassen eingesetzt werden.

10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/077675

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. D21B1/06 B07B1/00 B07B7/00 B29B11/00 E04B1/00
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)
D21B B07B B29B E04B

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 101 15 831 A1 (RAUER LOTHAR [DE]; WILHELM JOHANNES [DE]) 17 October 2002 (2002-10-17)	1,4,5
Y	paragraphs [0011] - [0013]; examples -----	6-8,10
X	EP 0 971 065 A2 (RAUER LOTHAR DR ING [DE]; WILHELM JOHANNES DR PHIL PH [DE]) 12 January 2000 (2000-01-12)	1,4,5
Y	examples -----	6-8,10
Y	DE 102 14 654 A1 (BAYER RENE [DE]) 23 October 2003 (2003-10-23) paragraphs [0034] - [0036]; examples ----- -/-	6-8,10



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

12 February 2014

Date of mailing of the international search report

19/02/2014

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

Pregetter, Mario

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2013/077675

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 2 322 713 A1 (AARSEN HOLDING B V [NL]) 18 May 2011 (2011-05-18) cited in the application paragraphs [0027] - [0031], [0068], [0069] -----	1-10
A	EP 1 782 893 A2 (DR OTTOW MANFRED [DE]; OTTOW ROBIN [DE]) 9 May 2007 (2007-05-09) abstract -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/077675

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 10115831	A1	17-10-2002	NONE
EP 0971065	A2	12-01-2000	DE 19831433 A1 13-01-2000 EP 0971065 A2 12-01-2000
DE 10214654	A1	23-10-2003	NONE
EP 2322713	A1	18-05-2011	NONE
EP 1782893	A2	09-05-2007	CA 2566835 A1 02-05-2007 DE 102005052620 A1 03-05-2007 EP 1782893 A2 09-05-2007 US 2007095728 A1 03-05-2007

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/077675

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. D21B1/06 B07B1/00 B07B7/00 B29B11/00 E04B1/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) D21B B07B B29B E04B		
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		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 101 15 831 A1 (RAUER LOTHAR [DE]; WILHELM JOHANNES [DE]) 17. Oktober 2002 (2002-10-17)	1,4,5
Y	Absätze [0011] - [0013]; Beispiele -----	6-8,10
X	EP 0 971 065 A2 (RAUER LOTHAR DR ING [DE]; WILHELM JOHANNES DR PHIL PH [DE]) 12. Januar 2000 (2000-01-12)	1,4,5
Y	Beispiele -----	6-8,10
Y	DE 102 14 654 A1 (BAYER RENE [DE]) 23. Oktober 2003 (2003-10-23)	6-8,10
	Absätze [0034] - [0036]; Beispiele -----	
A	EP 2 322 713 A1 (AARSEN HOLDING B V [NL]) 18. Mai 2011 (2011-05-18) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0027] - [0031], [0068], [0069] ----- -/-	1-10
☒ 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 12. Februar 2014		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 19/02/2014
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 Pregetter, Mario

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 782 893 A2 (DR OTTOW MANFRED [DE]; OTTOW ROBIN [DE]) 9. Mai 2007 (2007-05-09) Zusammenfassung -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/077675

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10115831	A1	17-10-2002	KEINE
EP 0971065	A2	12-01-2000	DE 19831433 A1 13-01-2000 EP 0971065 A2 12-01-2000
DE 10214654	A1	23-10-2003	KEINE
EP 2322713	A1	18-05-2011	KEINE
EP 1782893	A2	09-05-2007	CA 2566835 A1 02-05-2007 DE 102005052620 A1 03-05-2007 EP 1782893 A2 09-05-2007 US 2007095728 A1 03-05-2007