

(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
29. Januar 2015 (29.01.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/011193 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F16F 7/12 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/065828

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. Juli 2014 (23.07.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 214 411.3 24. Juli 2013 (24.07.2013) DE

(71) Anmelder: VOITH PATENT GMBH [DE/DE]; St.
Poeltener Str. 43, 89522 Heidenheim (DE).

(72) Erfinder: ENDE, Sascha; Am Bue 5, 37632
Eschershausen (DE). ROMUND, Mathias; Dorfstr. 13,
21710 Engelschoff (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, 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).

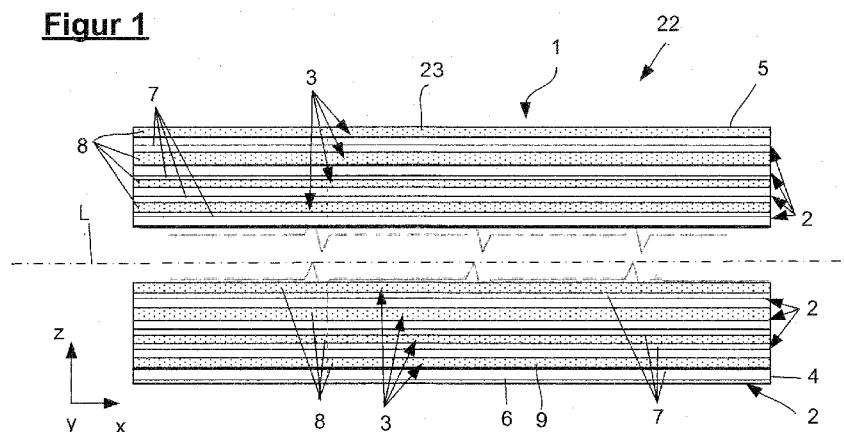
Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

(54) Title: ENERGY ABSORPTION DEVICE

(54) Bezeichnung : ENERGIEVERZEHREVORRICHTUNG

Figur 1



(57) **Abstract:** The invention relates to an energy absorption device, comprising an energy absorption element, which is at least partially composed of an energy absorption fiber composite structure. The invention is characterized in that the energy absorption fiber composite structure (1) is formed by at least one first fiber material layer (2), which comprises the at least one fiber layer (7) or a plurality of fiber layers composed of unidirectionally oriented endless fibers (4) and matrix material (6), and at least one second fiber material layer (3), which comprises one or more fiber layers (8) of multidirectionally oriented long fibers (5) and matrix material (9), the first and second fiber material layers (2, 3) being connected to each other.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Energieverzehrvorrichtung mit einem Energieverzeherelement, welches zumindest teilweise aus einer Energieverzehr-Faserverbundstruktur besteht. Es ist dabei vorgesehen, dass die Energieverzehr-Faserverbundstruktur (1) aus zumindest einer ersten, die zumindest eine Faserlage

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2015/011193 A1



(7) oder mehrere Faserlagen aus unidirektional ausgerichteten Endlosfasern (4) und Matrixmaterial (6) aufweisenden Fasermaterialschicht (2) und zumindest einer zweiten, eine oder mehrere Faserlagen (8) multidirektional ausgerichteter Langfasern (5) und Matrixmaterial (9) aufweisenden Fasermaterialschicht (3) ausgebildet ist, wobei erste und zweite Fasermaterialschichten (2, 3) miteinander verbunden sind.

5

Energieverzehrvorrichtung

Die Erfindung betrifft eine Energieverzehrvorrichtung, im Einzelnen mit den Merkmalen aus dem Oberbegriff von Anspruch 1.

- 10 Energieverzehrvorrichtungen, insbesondere Energieverzehrelemente von Energieverzehrvorrichtungen, die teilweise oder vollständig aus Faserverbundstrukturen bestehen, sind in einer Vielzahl von Ausführungen aus dem Stand der Technik vorbekannt. Auch Faserverbundstrukturen sind in einer Vielzahl von Ausführungen aus dem Stand der Technik für unterschiedliche
- 15 Einsatzzwecke vorbekannt. Ein wesentlicher Anwendungsbereich sind Energieverzehrstrukturen, angeordnet in oder an Fahrzeugen, welche geeignet sind, einen Teil von in diese eingeleiteter Stoßenergie durch nicht duktile Zerstörung abzubauen.
- 20 So offenbart beispielsweise die Druckschrift WO 2010/029188 Ausführungen von Fahrzeugkopfstrukturen für schienengebundene Fahrzeuge, gebildet aus ersten, eine Tragfunktion übernehmenden Strukturelementen und zweiten Strukturelementen mit Energieverzehr, wobei die Strukturelemente vorrangig aus einem Faserverbundwerkstoff ausgebildet sind. Die Aufgabe der zweiten
- 25 Strukturelemente mit Energieverzehr besteht darin, die in einem Crashfall aufgrund einer Stoßkraftübertragung anfallende und in den Fahrzeugkopf eingeleitete Stoßenergie zumindest teilweise zu absorbieren und abzubauen, um die aus den ersten Strukturelementen ausgebildete selbsttragende Struktur nicht in Mitleidenschaft zu ziehen. Dazu sind die zweiten Strukturelemente derart
- 30 ausgelegt, die eingeleitete Stoßenergie zumindest teilweise durch nicht-duktilen Zerstörung des Faserverbundwerkstoffes der zweiten Strukturelemente abzubauen.

Eine Ausführung einer Energieverzehrvorrichtung in Form einer Stoßsicherung ist aus der EP 2 295 305 B1 vorbekannt, umfassend ein Energieverzehrelement und ein derart mit dem Energieverzehrelement zusammenwirkendes Gegenelement, wobei sich bei Überschreiten einer kritischen, in die Energieverzehrvorrichtung eingeleiteten Stoßkraft das Gegenelement und das Energieverzehrelement unter gleichzeitigem Verzehr von zumindest einem Teil der in die Energieverzehrvorrichtung eingeleiteten Stoßenergie relativ zueinander aufeinander zu bewegen, wobei das Energieverzehrelement mindestens einen Energieverzehrereich aus Faserverbundwerkstoff aufweist, welcher bei der Bewegung des Gegenelementes relativ zu dem Energieverzehrelement zumindest teilweise nicht-duktile zerfasert wird, und das Gegenelement als ein an seiner dem Energieverzehrelement zugewandten Stirnseite offener Hohlkörper ausgebildet ist derart, dass die bei der Bewegung des Gegenelementes relativ zu dem Energieverzehrelement entstehenden Bruchteile des aus Faserverbundwerkstoff gebildeten Energieverzehrereiches zumindest teilweise im Inneren des Hohlkörpers aufnehmbar sind. D.h., dass zumindest ein Teil der in die Energieverzehrvorrichtung eingeleiteten Stoßenergie dadurch abgebaut wird, dass der Energieverzehrereich des Energieverzehrelementes nicht derart plastisch verformt wird, wie es bei herkömmlichen Energieverzehrvorrichtungen der Fall ist, sondern zumindest teilweise in Einzelteile zerlegt wird. Dabei kann die Festigkeit und das Ansprechverhalten der Energieverzehrvorrichtung durch den Anteil der in Stoßkraftübertragungsrichtung verlegten Fasern eingestellt werden.

Faserverbundstrukturen, die für den dynamischen Energieverzehr entwickelt wurden, haben bisher das Problem ein konstantes Kraftniveau mit einer Abweichung von $\pm 5\%$ nach dem Einschwingen des Systems im Arbeitsbereich zu erreichen. Ursache hierfür ist das Bruchverhalten des Faserverbundmaterials, auf welches die Materialstärke einen entscheidenden Einfluss hat.

Allgemein wird für den Aufbau von Faserverbundstrukturen beispielhaft auf nachfolgende Druckschriften verwiesen: DE 103 51 181 A1, DE 195 34 627 A1, DE 10 2009 016 213 A1, DE 10 2012 219 749 A1, DE 698 14 129 T2, EP 2 361 752, WO 2013/132 095 A1.

5

Gerade für den Einsatz in schienenengebundenen Fahrzeugen ist es jedoch aufgrund der möglichen auftretenden Stoßbelastungen erforderlich, sehr hohe Kräfte bei gleichzeitig geringem Gewicht und Bauraumbedarf der dazu vorgesehenen Vorrichtung abbauen zu können, wobei der erforderliche

10 Materialeinsatz so ökonomisch wie möglich zu gestalten ist.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen faserverstärkten Kunststoff für den Einsatz in Energieverzehrvorrichtungen und eine Energieverzehrvorrichtung derart weiterzuentwickeln, dass diese geeignet sind, bei großem Materialquerschnitt auch einen maximalen aber definierten Energieverzehr durch nicht duktile Zerkleinerung zu gewährleisten.

15

Die erfindungsgemäße Lösung ist durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 15. charakterisiert. Vorteilhafte Ausbildungen sind in den Unteransprüchen wiedergegeben.

20

Eine erfindungsgemäß ausgebildete Energieverzehrvorrichtung eines schienenengebundenen Fahrzeuges, umfassend zumindest ein Energieverzeherelement in Gestalt eines sich in einer Längsrichtung erstreckenden dreidimensionalen Körpers, wobei das Energieverzeherelement derart ausgelegt ist, bei Überschreiten einer in Längsrichtung des Energieverzeherelementes eingeleiteten kritischen Stoßkraft anzusprechen und zumindest einen Teil der bei der Übertragung der Stoßkraft über das Energieverzeherelement anfallenden Stoßenergie durch nicht duktile Zerkleinerung abzubauen, wobei das Energieverzeherelement zumindest teilweise aus einer Energieverzehr-Faserverbundstruktur mit zumindest einer, unidirektional

25

30

ausgerichtete Endlosfasern aufweisenden und in Matrixmaterial eingebetteten Faserlage besteht, ist dadurch gekennzeichnet, dass die Energieverzehrfaserverbundstruktur aus zumindest einer ersten, die zumindest eine Faserlage oder mehrere Faserlagen aus unidirektional ausgerichteten Endlosfasern und Matrixmaterial aufweisenden Fasermaterialschicht und zumindest einer zweiten, eine oder mehrere Faserlagen multidirektional ausgerichteter Langfasern und Matrixmaterial aufweisenden Fasermaterialschicht ausgebildet ist, wobei erste und zweite Fasermaterialschichten miteinander verbunden sind, insbesondere vollflächig verbunden sind, und wobei die Endlosfasern parallel oder in einem Winkel von $\pm 2,5^\circ$ zur Längsrichtung des Energieverzehrelementes ausgerichtet sind.

Unter einer Faser wird dabei insbesondere ein im Verhältnis zu seiner Länge dünnes, d.h. mit sehr kleinem Querschnitt ausgeführtes flexibles Gebilde verstanden, welches geeignet ist, in Längsrichtung nur Zugkräfte aufzunehmen.

Mit dieser Anordnung können sehr große Kräfte in kleinsten Bereichen lokal abgebaut werden. Die alternierende Anordnung der Faserlagen aus Endlosfasern und Wirrfasern bedingt bei Überschreitung der kritischen Kräfte ein sehr gutes Absorptionsvermögen bei gleichzeitig sehr kleinem Brucheffekt auf die Gesamtgeometrie durch die einzelne Faser.

Die Erfinder haben erkannt, dass das Bruch- und das Zerfaserungsverhalten von Strukturen aus Endlosfasern zum Energieverzehr bei Stoßbelastung erheblich durch das Vorsehen von zwischengeordneten zweiten, Wirrfasern enthaltenden Fasermaterialschichten verbessert werden kann und die Ausbreitung interlaminarer Brüche reduziert werden kann. Die erfindungsgemäße Lösung bietet aufgrund des vorgesehenen Lagenaufbaus aus wechselweise angeordneten Fasermaterialschichten aus Endlosfasern und aufgrund ihrer ungeordneten Anordnung auch als Wirrfasern bezeichneten Langfasern, den Vorteil, ein Delaminieren, d.h. Trennen der Schichten im Grenzbereich zwischen

den einzelnen unterschiedlichen Fasermaterialschichten zu verhindern oder zumindest zu reduzieren. Das aus einem Energieverzehr-Faserverbundmaterial bestehende Bauteil zerfasert konstant in kleine Bruchstücke und absorbiert dadurch auf einem horizontalen Kraftniveau $\pm 5\%$ Energie. Das Bruchverhalten des speziellen Lagenaufbaues ist dabei als eine Mischung aus Zwischenfaserbruch und Faserbruch beschreibbar.

Eine einzelne Fasermaterialschicht kann insbesondere aus zumindest einer oder mehreren Faserlagen bestehen, die in ein Matrixmaterial eingebettet sind. Dabei kann das Matrixmaterial zwischen den einzelnen Faserlagen einer Fasermaterialschicht variieren oder aber für alle Faserlagen einer Fasermaterialschicht gleich sein. D.h. die Zusammensetzung sowie physikalischen und chemischen Eigenschaften des Matrixmaterials ist gleich.

Eine einzelne Faserlage ist durch eine Vielzahl von Fasern charakterisiert, deren Anordnung die Art der Faserlage bestimmt, wobei die einzelnen Fasern durch vordefinierte physikalische und/oder chemische Eigenschaften charakterisiert sind.

Unter einer Langfaser im Sinne der Erfindung wird eine Faser mit einer Länge im Bereich von $> 1\text{mm}$ bis einschließlich 120mm , vorzugsweise $> 10\text{mm}$ bis 120mm verstanden. Eine Endlosfaser ist durch eine Länge $> 120\text{mm}$ charakterisiert.

In einer besonders vorteilhaften Ausbildung beträgt der prozentuale Anteil unidirektional ausgerichteter Endlosfasern in der ersten Faserschicht aus der Verbindung einer ersten, die zumindest eine Faserlage oder mehrere Faserlagen aus unidirektional ausgerichteten Endlosfasern und Matrixmaterial aufweisenden Fasermaterialschicht und zumindest einer zweiten, eine oder mehrere Faserlagen multidirektional ausgerichteter Langfasern und Matrixmaterial aufweisenden Fasermaterialschicht im Bereich von $50\text{-}80\%$. Besonders bevorzugt weist die einzelne Faserlage der ersten Fasermaterialschicht $33\% \pm 8\%$ Fasern auf. Der

prozentuale Anteil der Fasern einer mit der ersten Fasermaterialschicht verbundenen zweiten Fasermaterialschicht beträgt dann zwischen 20%-50%.

Der hohe Faseranteil, der sich prozentual in dem Gesamtlaminat aufgrund der Anteile Faser zu Harzmatrix ergibt führt dabei zu einem stetig fortschreitenden Faserbruch. Die Fasern sind nach kurzem Bruchfortschritt wieder gleichwertig gut in der Harzmatrix eingebettet und benötigen wiederum dieselbe Kraft zum erneuten Brechen. Das Verhalten setzt sich bis zum Ende des Verbrauchsweges fort, bis die Energieverzehr-Faserverbundstruktur und damit die Energieverzehrsvorrichtung, insbesondere der Crashabsorber vollständig verbraucht wurde oder die eingebrachte Energie nicht mehr ausreicht die Fasern zu brechen, das Fahrzeug also stehenbleibt. Idealerweise ist das Material so steif und der Bruchfortschritt pro Faserbruch so gering, dass das verbrauchte Fasermaterial als Krümel/Staub vorliegt. In den meisten Fällen hat das verbrauchte Fasermaterial zwar keine Festigkeit und Steifigkeit mehr, die Faserschichten halten aber aufgrund der alternierenden Anordnung von Endlos- und Wirrfaserlagen noch durch einzelne Fasern zusammen, somit entstehen während des Crashablaufes keine Projektile.

In einer vorteilhaften Ausbildung ist eine Mehrzahl von ersten und/oder zweiten Fasermaterialschichten vorgesehen, welche alternierend angeordnet sind, wobei die Endlosfasern innerhalb einer einzelnen ersten Fasermaterialschicht und/oder der einzelnen ersten Fasermaterialschichten zueinander parallel oder in einem Winkel von bis zu $\pm 2,5^\circ$ von der parallelen Lage abweichend angeordnet sind.

Zumindest sind jedoch eine erste und zwei zweite Fasermaterialschicht oder zwei zweite und eine dazwischen angeordnete erste Fasermaterialschicht vorzusehen. Erste und zweite Faserschichten sind vorzugsweise jeweils einfach vernäht oder verstickt, dadurch sind erste und zweite Faserschicht in Dickenrichtung verbunden.

In vorteilhafter Weiterbildung ist das Energieabsorptionsvermögen als Funktion zumindest eines der nachfolgenden Parameter einstellbar:

- bei plattenförmiger Ausbildung der Dicke der Energieverzehr-Faserverbundstruktur;
- 5 - bei Ausbildung als Profil der Wandstärke der Energieverzehr-Faserverbundstruktur;
- der Dicke der einzelnen ersten und/oder zweiten Fasermaterialschichten;
- die Grammaturen der ersten und/oder zweiten Fasermaterialschicht;
- die Verteilung der Langfasern in der zweiten Fasermaterialschicht;
- 10 - die physikalischen Eigenschaften des Fasermaterials in den einzelnen Fasermaterialschichten;
- die physikalischen Eigenschaften (Gleiteigenschaften) des Matrixmaterials
- der Faservolumenanteil im Laminates (Anteil der Fasern im Laminat anhand der eingenommenen Volumen)
- 15 - der Fasermassenanteil des Laminates (Anteil der Fasern im Laminat anhand der verschiedenen Komponentengewichte).

Durch die konkrete Wahl der einzelnen Parameter kann die Struktur gezielt an die Anforderungen des Einsatzfalles angepasst werden.

20

Bezüglich der Ausbildung der einzelnen Fasermaterialschichten besteht eine Vielzahl von Möglichkeiten. Dabei wird vorzugsweise eine einzelne Faserlage einer ersten Fasermaterialschicht von einer Faserlage aus der nachfolgend genannten Gruppe gebildet:

- 25 - Gewebe
- Gelege
- Geflecht
- Roving

In besonders vorteilhafter Ausbildung werden aus Gründen einer guten Verarbeitbarkeit als Faserhalbzeuge in Form von Geweben oder Rovings zum Einsatz gelangen.

- 5 Vorzugsweise wird das Gewebe von unidirektionalen ersten in Krafteinleitungsrichtung oder in einem Winkel von $\pm 2,5^\circ$ dazu ausgerichteten Endlosfasern und in einem Winkel von $\pm 45^\circ$ bis $\pm 135^\circ$ zu diesen ausgerichteten zweiten Endlosfasern gebildet. Die alternierend um die Geometrie umlaufenden Endlosfasern erhöhen zusätzlich die Energieabsorption, da die Fasern einen
- 10 umschlossenen Ring um die Geometrie bilden. Dieser Effekt erzeugt an der Bruchkante über den Geometriequerschnitt eine gleichmäßig verteilte Kräfte.

Die einzelne Faserlage einer zweiten Fasermaterialschicht ist dann vorzugsweise von einer Faserlage aus der nachfolgend genannten Gruppe gebildet:

- 15 - Vlies
- Matte

Besonders bevorzugt wird aus dieser Gruppe ein nicht kalandriertes Vlies zum Einsatz gelangen.

20

In einer vorteilhaften Weiterbildung sind die Langfasern und Endlosfasern zweier benachbart angeordneten Faserlagen der zweiten und ersten Fasermaterialschicht miteinander vernäht oder verstickt. Diese Maßnahme dient auf der einen Seite der Erhöhung der Festigkeit und auf der anderen Seite der

25 Verbesserung des Zerfaserungsverhaltens.

Vorzugsweise ist eine einzelne Endlosfaser einer Faserlage einer ersten Fasermaterialschicht von einer Faser gebildet, ausgewählt aus der nachfolgenden Gruppe:

- 30 - Kohlefaser (Vorteil: hohes spezifisches Kraftniveau erreichbar)
- Basaltfaser (Vorteil: kostengünstig)

- Glasfaser (bisher kostengünstigstes Laminat)

In Analogie wird eine einzelne Langfaser einer Faserlage einer zweiten Fasermaterialschicht von einer Faser gebildet, ausgewählt aus der nachfolgenden

5 Gruppe:

- Basaltfaser
- Glasfaser (bisher kostengünstigstes Laminat)

Die einzelne Faserlage der ersten und/oder zweiten Fasermaterialschicht wird
10 dabei in ein Matrixmaterial eingebettet, ausgewählt aus der nachfolgenden Gruppe:

- Polykondensat, insbesondere Phenol
- Polyadditive, insbesondere Epichlorhydrin, Polyol oder Dicarbonsäure
- Polymer

15 wobei die Faserlagen einer einzelnen Fasermaterialschicht in demselben Matrixmaterial eingebettet sind.

Um den gewünschten Energieverzehr zu erzielen, ist die Formulierung der Kunstharzmatrix durch eine Bruchdehnung von unter 6% und einen E-Modul von
20 über 3000 MPa charakterisiert.

Fasermaterial aus Langfaserabschnitten kann in unterschiedlichsten Grammaturen zum Einsatz gelangen. In Matte/Vlies-Form gebrachte Langfaserabschnitte können durch eine Länge von 1mm bis 120mm,
25 vorzugsweise 10mm bis 120mm charakterisiert sein und werden nicht vorher kardiert.

Um das Energieabsorptionsvermögen und das Zerfaserungsverhalten lokal in Kraftwirkungsrichtung beeinflussen zu können, können die Langfasern einer
30 Faserlage einer zweiten Fasermaterialschicht innerhalb einer einzelnen Faserlage oder zwischen den Faserlagen einer oder mehrerer derartiger zweiter

Fasermaterialschichten zumindest hinsichtlich eines Parameters, gewählt aus der nachfolgenden Gruppe, unterschiedlich ausgeführt werden:

- einer materialspezifischen Kenngröße
- einer die Geometrie und/oder Dimensionierung charakterisierenden Kenngröße
- einer physikalische und/oder chemische Eigenschaften beschreibenden Kenngröße.

In einer weiteren vorteilhaften Ausbildung können die Faserlagen einer zweiten Fasermaterialschicht oder die Faserlagen mehrerer zweiter Fasermaterialschichten hinsichtlich zumindest eines Parameters, gewählt aus der nachfolgenden Gruppe, unterschiedlich ausgeführt werden:

- Verteilung der Langfasern in Längs-, Quer- und/oder Höhenrichtung der Faserlage
- Orientierung der Langfasern

Die Ausführung erlaubt es, das Zerfaserungsverhalten bei Krafteinleitung über größere Flächen zu beeinflussen.

Bezüglich der geometrischen Ausführung der Energieverzehr-Faserverbundstruktur besteht eine Mehrzahl von Möglichkeiten. Denkbar sind beispielsweise Ausführungen als ein Bauteil oder eine Kombination aus der nachfolgenden Gruppe:

- Platte
- Rohr
- Profilelement
- Hohlprofilelement
- Schalenelement

In einer besonders vorteilhaften Ausbildung ist die einzelne zweite Fasermaterialschicht derart ausgebildet, dass bei Einleitung einer, eine vordefinierte Größe überschreitenden Kraft, die Energieverzehr-

Faserverbundstruktur in einem Winkel von bis zu 60° , vorzugsweise $45^\circ \pm 15^\circ$ gegenüber der Krafteinleitungsrichtung zerfasert wird. Über die Wahl des Winkels ist dabei eine Einstellung der Kraft zu Bruchbeginn möglich.

- 5 In besonders vorteilhafter Anwendung erfolgt der Einsatz der Energieverzehr-Faserverbundstruktur in einer Stoßsicherung für ein insbesondere schienengebundenes Fahrzeug, da mit der beschriebenen Anordnung große Kräfte in kleinsten Bereichen lokal abbaubar sind. In der Energieverzehr-
10 vorrichtung ist das Energieverzeherelement zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig aus einer vorbeschriebenen Energieverzehr-Faserverbundstruktur gebildet.

In vorteilhafter Weiterbildung ist das Energieverzeherelement zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig als Profilelement ausgeführt, dessen Wandung von der
15 Energieverzehr-Faserverbundstruktur gebildet wird. Dies erlaubt Bauteile mit geringem Gewicht und Materialbedarf bei gleichzeitig großem Kraftabsorptionsvermögen.

Energieverzehr-
20 vorrichtungen, insbesondere für den Einsatz in Fahrzeugen umfassen zumindest ein Energieverzeherelement in Gestalt eines sich in einer Längsrichtung, welche in Einbaulage mit der Krafteinleitungsrichtung zusammenfällt, erstreckenden dreidimensionalen Körpers, wobei das Energieverzeherelement derart ausgelegt ist, bei Überschreiten einer in eine Stirnseite des Energieverzeherelementes eingeleiteten kritischen Stoßkraft
25 anzusprechen und zumindest einen Teil der bei der Übertragung der Stoßkraft über das Energieverzeherelement anfallenden Stoßenergie durch nicht duktile Zerfaserung abzubauen. Dabei ist dieses Energieverzeherelement zumindest teilweise, vorzugsweise vollständig aus einer Energieverzehr-Faserverbundstruktur gemäß der vorgenannten Ausführungen gebildet.

- Bei Ausbildung der Energieverzehrvorrichtung als Energieabsorber beziehungsweise Stoßsicherung, umfasst diese ein mit dem Energieverzehrelement derart zusammenwirkendes Gegenelement, dass sich bei Überschreiten einer kritischen, in die Energieverzehrvorrichtung eingeleiteten
- 5 Stoßkraft das Gegenelement und das Energieverzehrelement unter gleichzeitigem Verzehr von zumindest einem Teil der in die Energieverzehrvorrichtung eingeleiteten Stoßenergie relativ zueinander aufeinander zu bewegen, wobei das Energieverzehrelement mindestens einen Energieverzehrereich aus Faserverbundwerkstoff aufweist, welcher bei der
- 10 Bewegung des Gegenelementes relativ zu dem Energieverzehrelement zumindest teilweise nicht-duktile zerfasert wird, wobei das Gegenelement als ein an seiner dem Energieverzehrelement zugewandten Stirnseite offener Hohlkörper ausgebildet ist derart, dass die bei der Bewegung des Gegenelementes relativ zu dem Energieverzehrelement entstehenden Bruchteile des aus
- 15 Faserverbundwerkstoff gebildeten Energieverzehrereiches zumindest teilweise im Inneren des Hohlkörpers aufnehmbar sind. Das Gegenelement ist in einer vorteilhaften Ausbildung als Kolben und zumindest der dem Gegenelement zugewandte Bereich des Energieverzehrelementes als Zylinder ausgebildet, wobei der dem Energieverzehrelement zugewandte Bereich des Gegenelementes
- 20 von dem Energieverzehrelement teleskopartig aufgenommen ist derart, dass die Stirnseite des dem Energieverzehrelement zugewandten Bereiches des Gegenelementes an einen Anschlag des Energieverzehrereiches am Energieverzehrelement anstößt.
- 25 Eine besondere Ausgestaltung für ein derartiges Energieverzehrelement für den Einsatz in Schienenfahrzeugen sieht einen Rohrdurchmesser von 150-350mm mit einer Wandstärke von 10-40mm vor, um Kraftniveaus von 200-2500 KN pro Energieverzehrelement zu realisieren.
- 30 Die Faserlagen der ersten Fasermaterialschicht werden vorzugsweise von einem Gewebe und die Faserlagen der zweiten Fasermaterialschicht von einer

Matte/einem Vlies gebildet. Dabei wird in der Gesamtstruktur der Anteil erster Fasermaterialschichten im Bereich von 33% bis 50 % gewählt, während der Anteil zweiter Fasermaterialschichten im Bereich von 67% bis 50% liegt. Der Vorteil bei dieser Faseranordnung ist die vergleichsweise gleichmäßige Verteilung der Kräfte durch die Wirrfaser.

Ein besonders vorteilhaftes Verfahren zur Herstellung sieht die Verwendung von Kombimatten aus zumindest einem, eine Faserlage der ersten Fasermaterialschicht bildenden Gewebe und zumindest einem, eine Faserlage der zweiten Fasermaterialschicht bildenden Vlies. Dieses kann trocken auf einen Kern gewickelt werden oder vorgetränkt dem Wickelverfahren unterzogen werden.

Die erfindungsgemäße Lösung wird nachfolgend anhand von Figuren erläutert. Darin ist im Einzelnen folgendes dargestellt:

Figur 1 zeigt in schematisiert vereinfachter Darstellung in einem Axialschnitt beispielhaft eine alternierende Anordnung von ersten und zweiten Fasermaterialschichten aus Verstärkungsfasern und Matrixmaterial;

Figur 2a zeigt in einer Draufsicht eine Ausführung einer ersten Fasermaterialschicht;

Figur 2b zeigt in einer Draufsicht eine Ausführung einer zweiten Fasermaterialschicht;

Figur 3a zeigt eine Ausführung einer Endlofaser;

Figur 3b zeigt eine Bündelung von Endlofasern in einem Roving;

Figur 4a zeigt in einer Ansicht von oben eine Ausführung einer Faserlage aus Endlofasern in Form eines Gewebes;

Figur 4b zeigt in einer Ansicht von oben eine Ausführung einer Faserlage aus Endlofasern in Form eines Geflechts;

Figur 5a zeigt eine Ausführung einer alternierenden Anordnung von ersten und zweiten Fasermaterialschichten mit mehrlagigem Aufbau der ersten Fasermaterialschichten;

Figur 5b zeigt eine Ausführung einer alternierende Anordnung von ersten und zweiten Fasermaterialschichten mit mehrlagigem Aufbau der zweiten Fasermaterialschichten;

Figur 5c zeigt eine Ausführung einer alternierende Anordnung von ersten und zweiten Fasermaterialschichten mit mehrlagigem Aufbau erster und zweiter Fasermaterialschichten;

Figuren 6a bis 6c verdeutlichen verschiedene Grundgeometrie für Bauteile aus Energieverzehr-Faserverbundstrukturen;

Figur 7a zeigt in einer Perspektivansicht eine Energieverzehrsvorrichtung;

Figur 7b zeigt einen Axialschnitt gemäß Figur 7a;

Figur 8 zeigt beispielhaft das Zerfaserungsverhalten des in den Figuren 7a und 7b dargestellten Energieverzehrelementes;

Figur 9a bis 9c verdeutlichen Verfahrensabläufe zur Herstellung einer Energieverzehr-Faserverbundstruktur;

Figur 10a bis 10c zeigen beispielhaft anhand eines Ausschnittes aus einem Energieverzehrelement Verfahrensabläufe gemäß Figur 9a.

Die Figur 7a zeigt beispielhaft eine erfindungsgemäß ausgeführte Energieverzehrsvorrichtung 19 in Perspektivansicht. Figur 7b zeigt eine Schnittansicht. Die Energieverzehrsvorrichtung 19 ist insbesondere in Form einer Stoßsicherung, beispielsweise in Form eines Crashpuffers ausgebildet, umfassend zumindest ein Energieverzehrelement 20 in Gestalt eines sich in einer Längsrichtung erstreckenden dreidimensionalen Körpers, wobei das Energieverzehrelement 20 derart ausgelegt ist, bei Überschreiten einer mit Haupttrichtungskomponente in Längsrichtung des Energieverzehrelementes 20 eingeleiteten kritischen Stoßkraft anzusprechen und zumindest einen Teil der bei der Übertragung der Stoßkraft über das Energieverzehrelement 20 anfallenden Stoßenergie durch nicht duktile Zerfaserung abzubauen, wobei das Energieverzehrelement zumindest teilweise aus einer Energieverzehr-Faserverbundstruktur 1 besteht. Diese Energieverzehr-Faserverbundstruktur 1 ist aus zumindest einer ersten, die zumindest eine Faserlage oder mehrere

Faserlagen 7.1, 7.2 aus unidirektional ausgerichteten Endlosfasern 4 und Matrixmaterial 6 aufweisenden Fasermaterialschicht 2 und zumindest einer zweiten, eine oder mehrere Faserlagen 8, 8.1, 8.2, 8.3 multidirektional ausgerichteter Langfasern 5 und Matrixmaterial 9 aufweisenden Fasermaterialschicht 3 ausgebildet, wobei erste und zweite Fasermaterialschichten 2, 3 miteinander verbunden sind, wobei die Endlosfasern parallel oder in einem Winkel von $\pm 2,5^\circ$ zur Längsrichtung des Energieverzehrelementes ausgerichtet sind.

Der Aufbau der Energieverzehr-Faserverbundstruktur 1 ist in den Figuren 1 bis 6 beschrieben.

Die Figur 1 zeigt in schematisiert stark vereinfachter Darstellung den Grundaufbau einer erfindungsgemäß ausgebildeten mehrschichtig aufgebauten und eine dreidimensionale Struktur beschreibenden Energieverzehr-Faserverbundstruktur 1 in einem Axialschnitt durch diese. Der Axialschnitt ist dabei durch eine Schnittebene charakterisiert, die durch die Erstreckung in Längsrichtung und eine Senkrechte zu dieser beschreibbar ist. Zur Verdeutlichung der einzelnen Richtungen ist ein Koordinatensystem angelegt. Die X-Richtung beschreibt die Erstreckung der Energieverzehr-Faserverbundstruktur 1 in Beanspruchungsrichtung auf Zug und Druck, die im dargestellten Fall mit der Längsrichtung zusammenfällt. Die Y-Richtung beschreibt die Erstreckung quer zur Beanspruchungsrichtung und die Z-Richtung die Erstreckung in Höhenrichtung.

Die Energieverzehr-Faserverbundstruktur 1 kann als Vollelement in unterschiedlicher geometrischer Ausbildung, beispielsweise plattenförmiges Element oder zumindest Bestandteil eines Profilelementes unterschiedlichster Ausbildung vorliegen. Im letztgenannten Fall bildet dieses beispielsweise Teile der Wandung 23 der das Profilelement bildenden dreidimensionalen Struktur. Nachfolgende Ausführungen sind daher unabhängig von der von der Energieverzehr-Faserverbundstruktur 1 gebildeten dreidimensionalen Struktur,

jedoch besonders vorteilhaft in Wandbereichen von Profilelementen. Beispielhaft zeigt Figur 1 einen Ausschnitt aus einem Wandbereich eines rohrförmigen Elementes 22.

- 5 Die Energieverzehr-Faserverbundstruktur 1 ist als Mehrschichtsystem aufgebaut, umfassend zumindest eine oder mehrere erste Fasermaterialschichten 2 und zumindest eine oder mehrere zweite Fasermaterialschichten 3, welche alternierend, d.h. wechselweise angeordnet und miteinander verbunden sind. Dabei sind jeweils zumindest eine erste und zumindest zwei zweite
- 10 Fasermaterialschichten 2, 3 vorgesehen oder mindestens zwei erste und mindestens eine zweite Fasermaterialschicht 2, 3. Vorzugsweise sind, wie in der Figur 1 wiedergegeben, eine Mehrzahl derartiger erster Fasermaterialschichten 2 und zweiter Fasermaterialschichten 3 vorgesehen.
- 15 Die einzelne erste Fasermaterialschicht 2 umfasst eine oder mehrere Faserlagen 7 unidirektional ausgerichteter Endlosfasern 4, die in zumindest ein Matrixmaterial 6 eingebettet sind. Mögliche beispielhafte Ausführungen der Endlosfasern 4 als Monofilamente oder zusammengefasst zu einem Bündel sind in den Figuren 3a und 3b wiedergegeben. Die Ausrichtung der Endlosfasern 4 in der
- 20 Energieverzehr-Faserverbundstruktur 1 erfolgt in Abhängigkeit einer in Funktionslage der Energieverzehr-Faserverbundstruktur 1 auf diese wirkenden und in dieser durch nicht-duktile Zerfaserung abzubauenen Kraft, insbesondere Druckkraft. Die Längsachse einer einzelnen Endlosfaser 4 ist, wie in Figur 2a in einer Ansicht von oben auf eine Fasermaterialschicht 2 ersichtlich, parallel oder
- 25 mit einem Winkel α von bis zu einschließlich $\pm 2,5^\circ$ zur Krafrichtung ausgerichtet. Die Abstände a zwischen zwei benachbart angeordneten Endlosfasern 4 quer zur Faserausrichtung können innerhalb einer Faserlage 7 gleich ausgeführt sein oder variieren.
- 30 Die einzelne zweite Fasermaterialschicht 3 weist eine oder mehrere Faserlagen 8 von multidirektional, d.h. räumlich in zwei oder drei Richtungen ausgerichtet

angeordneten Langfasern 5 auf. Eine derartige Faserlage 8 ist in einer Ansicht von oben in Figur 2b beispielhaft wiedergegeben. Die Langfasern 5 sind durch eine Länge im Bereich von 1mm bis einschließlich 120mm, vorzugsweise 1mm bis 50mm charakterisiert. Diese können als einzelne Monofasern, zu Faserbündeln oder Garnen verarbeitet vorliegen. Die Faserlage 8 ist durch keine bevorzugte Ausrichtung der Langfasern 5 charakterisiert, weshalb diese Fasern auch als Wirrfasern bezeichnet werden.

Die Langfasern 5 sind ebenfalls in ein Matrixmaterial 9 eingebettet, welches in Abhängigkeit des Fertigungsverfahrens zur Erstellung der Energieverzehr-Faserverbundstruktur 1 dem Matrixmaterial 6 der ersten Fasermaterialschicht 2 entspricht.

Durch die wechselweise Anordnung der ersten und zweiten Fasermaterialschichten 2, 3 wird unter Krafteinwirkung in Ausrichtungsrichtung der Endlosfasern 4 eine Zerfaserung der Energieverzehr-Faserverbundstruktur 1 erzielt, die durch den Faserbruch und Zwischenfaserbruch der Langfasern 5 und Endlosfasern 4 charakterisiert ist, da insbesondere die Langfaseranordnung ein Delaminieren der einzelnen Schichten weitestgehend verhindert.

Bezüglich der verwendeten Werkstoffe und Materialien für die einzelnen Faserarten- Endlosfasern 4 und Langfasern 5- besteht eine Mehrzahl von Möglichkeiten. In besonders vorteilhafter Ausführung werden die als Verstärkungsfasern fungierenden Endlosfasern 4 der ersten Fasermaterialschicht 2 und Langfasern 5 der zweiten Fasermaterialschicht 3 von anorganischen Fasern gebildet. Die Faserlage 7 wird aus Endlosfasern in Form von Glasfasern, Kohlefasern oder Basaltfasern gebildet. In Analogie können die für die Langfasern 5 der für die Zerfaserung verantwortlichen Faserlagen 8 der zweiten Fasermaterialschichten 3 von Glasfasern oder Basaltfasern gebildet werden.

Als Matrixmaterial 6 beziehungsweise 9 für die einzelnen Faserlagen 7, 8 finden duroplastische Materialien Verwendung. Diese umfassen jeweils zumindest ein Element aus der nachfolgenden Gruppe

- ein Polykondensat
- 5 - ein Polyadditiv
- ein Polymer.

In besonders vorteilhafter Ausbildung werden Matrixmaterialien in Form von Kunstharzen, insbesondere Phenolen auf Aldehydbasis oder Polyadditiven in
10 Form von beispielsweise Epichlorhydrin mit Diolen, Polyol oder Dicarbonsäure eingesetzt. Die Formulierung der Matrix erfolgt derart, dass diese eine Bruchdehnung von unter 6% und mit einem E-Modul von über 3000 MPa, um den gewünschten Energieverzehr zu gewährleisten.

15 Die Eigenschaften der Faserlage 7 sind insbesondere durch die Anordnung der Endlosfasern 4 zueinander, insbesondere deren Anordnungsdichte quer zur Krafteinwirkungsrichtung, die Geometrie und Dimensionierung sowie die Fasermaterialeigenschaften charakterisiert.

20 Die Eigenschaften der Faserlage 8 sind als Funktion materialspezifischer Kenngrößen, die Geometrie und/oder Dimensionierung charakterisierender Kenngrößen und/oder physikalischer und/oder chemischer Eigenschaften beschreibender Kenngrößen einstellbar.

25 Die Figur 2a zeigt beispielhaft in einer Ansicht auf eine Faserlage 7 einer ersten Fasermaterialschicht 2 die unidirektionale Ausrichtung der Endlosfasern 4 parallel zur Krafteinleitungsrichtung in Funktionslage. Die Endlosfasern 4 sind in Erstreckungsrichtung der Faserlage 7 in Breitenrichtung betrachtet gleichmäßig, d.h. mit gleichem Abstand a zueinander angeordnet. Die einzelne Endlosfaser 4
30 ist vorzugsweise in Erstreckungsrichtung in Längsrichtung frei von einer Querschnittsänderung, d.h. der Querschnitt der Endlosfasern 4 ist vorzugsweise

konstant, wobei bezüglich der Geometrie, d.h. Querschnittsform keine Restriktionen bestehen. Vorzugsweise werden jedoch Endlosfasergebilde mit kreisförmigem Querschnitt zum Einsatz gelangen.

- 5 Figur 2a zeigt eine besonders vorteilhafte Ausbildung einer Faserlage 7, welche quer zur Krafteinleitungsrichtung gleiche Eigenschaften hinsichtlich der Bruchmechanik gewährleistet.

10 In einer alternativen Ausbildung besteht die Möglichkeit, dass sich die Endlosfasern 4 einer Faserlage 7 hinsichtlich zumindest eines oder mehrerer Parameter aus der nachfolgenden Gruppe unterscheiden:

- Geometrie, insbesondere Querschnittsgeometrie
- Dimensionierung
- Materialart
- 15 - Feinheit

Die Anordnung innerhalb der Faserlage 7 kann quer zur Krafteinwirkungsrichtung gleichmäßig oder aber ungleichmäßig erfolgen. Die als Verstärkungsfasern fungierenden Endlosfasern 4 sind in ein Matrixmaterial 6 eingebettet.

20 Die Figur 2b zeigt in einer Ansicht von oben auf eine Faserlage 8 die Anordnung und Ausrichtung der Langfasern 5 in einer Faserlage 8 der Fasermaterialschicht 3. Die Anordnung der Langfasern 5 erfolgt frei von der Ausbildung einer Vorzugsrichtung innerhalb der Faserlage 8. Dabei können die Langfasern 5 hinsichtlich wesentlicher Kenngrößen gleich ausgeführt sein.

25 Auch hier besteht alternativ die Möglichkeit, dass sich die einzelnen Langfasern 5 einer Faserlage 8 hinsichtlich zumindest eines oder mehrerer Parameter aus der nachfolgenden Gruppe unterscheiden:

- Geometrie, insbesondere Querschnittsgeometrie
- Dimensionierung
- 30 - Materialart
- Feinheit

Weiteren Einfluss hat die Orientierung und Faserdichte über die einzelnen Erstreckungsrichtungen der Faserlage 8.

Die Figuren 3a und 3b verdeutlichen beispielhaft mögliche Faserlagenausführungen für Endlofasern 4. Gemäß Figur 3a liegen diese vorzugsweise als Monofilamente vor. Diese sind durch eine wesentlich größere Abmessung l in Längsrichtung als in Breitenrichtung charakterisiert.

Figur 3b zeigt beispielhaft Endlofasern 4 als Bestandteil von sogenannten Rovings 10. Ein einzelner Roving 10 wird von einem Bündel, Strang oder Multifilamentgarn von im wesentlichen parallel zueinander angeordneter Endlofasern 4 gebildet. Die Fixierung in der Fasermaterialschicht 2 erfolgt über Matrixmaterial 6. Der einzelne Roving 10 ist durch eine Erstreckung l in Längsrichtung und elliptische oder eckige Querschnitte charakterisiert.

Zu einem Roving 10 sind vorzugsweise Fasern gleicher Eigenschaften zusammengefasst. Denkbar sind jedoch auch Faserbündel aus Endlofasern 4 unterschiedlicher Eigenschaften.

Die einzelnen Faserlagen 7, 8 der Fasermaterialschichten 2, 3 können in unterschiedlichsten Formen vorliegen. Figur 4a zeigt beispielhaft eine vorteilhafte Ausbildung einer Faserlage 7 als Gewebe 11, welches aus Kettfäden 12 und Schussfäden 13 gebildet wird. Die Figur 4b zeigt beispielhaft die Ausbildung als Geflecht 14.

Die Figuren 5a bis 5c verdeutlichen beispielhaft mögliche Fasermaterialschichtanordnungen und Ausführungen, welche die Eigenschaften und Bruchmechanik beeinflussen können.

Figur 5a zeigt beispielhaft eine Ausbildung einer ersten Variante zur Ausbildung erster und zweiter Fasermaterialschichten 2, 3. Es sind drei erste

Fasermaterialschichten 2.2 und 2.1 vorgesehen, wobei die beiden Fasermaterialschichten 2.1 aus jeweils zwei Faserlagen 7.1 und 7.2 bestehen, die miteinander verbunden sind. Die Faserlagen 7.1 und 7.2 sind unterschiedlich ausgeführt. Die Fasermaterialschicht 2.1 ist einlagig ausgebildet und umfasst eine Faserlage 7. Die Fasermaterialschichten 3 sind vorzugsweise einlagig ausgeführt und im Wesentlichen gleich aufgebaut.

Die Faserlagen 7.1 und 7.2 der Fasermaterialschicht 2.1 sind aus Endlosfasern 4 und Matrixmaterial 6 aufgebaut, wobei die Faserlagen 7.1 und 7.2 unterschiedlich aufgebaut sind. Diese unterscheiden sich zumindest hinsichtlich eines der nachfolgenden Parameter:

- eine Eigenschaft der Fasern betreffende
 - Faserart
 - Materialart
 - Dimensionierung
 - Feinheit
 - Geometrie
 - Dicke der Faserlage
- und/oder in ihrer Anordnung, insbesondere Abstand zueinander.

Demgegenüber verdeutlicht Figur 5b eine Ausführung mit mehrlagigem Aufbau der Fasermaterialschichten 3 aus zwei Faserlagen 8.1, 8.2 und vorzugsweise einlagigen Fasermaterialschichten 2. Letztere bestehen aus den Faserlagen 7.

Die Faserlagen 8.1 und 8.2 unterscheiden sich hinsichtlich zumindest einer der nachfolgenden Größen voneinander: eine physikalische oder chemische Eigenschaft der Fasern, Faserart, Materialart, Dimensionierung, Feinheit, Geometrie, Dicke der Faserlage und/oder in ihrer Anordnung, insbesondere Abstand zueinander.

Die Figur 5c zeigt eine Kombination aus Möglichkeiten gemäß den Figuren 5a und 5b, d.h. mit mehrlagigem Aufbau sowohl der ersten und zweiten

Fasermaterialschichten 2, 3, wobei hier die zweiten Fasermaterialschichten 3 beispielhaft durch drei Faserlagen 8.1, 8.2, 8.3 und die Fasermaterialschicht 2.1 durch zwei Faserlagen 7.1, 7.2 und die Fasermaterialschicht 2.1 durch eine Faserlage 7 charakterisiert sind.

5

Bei allen Ausführungen ist die Krafteinleitungsrichtung in Funktionslage eingezeichnet. Die Richtung fällt mit der Ausrichtung der Endlosfasern 4 zusammen, zumindest jedoch die Ausrichtung der Hauptkraftkomponente fällt mit der Ausrichtung der Endlosfasern zusammen.

10

Die Figuren 6a bis 6c zeigen beispielhaft weiter mögliche Grundgeometrieformen für Bauteile aus Energieverzehr-Faserverbundstrukturen 1. Figur 6a zeigt eine Ausbildung als Platte 16, Figur 6b eine Ausführung als Vollzylinder 17, Figur 6c als schalenförmiges textiles Flächengebilde 18. Eine besonders vorteilhafte Anwendung stellen jedoch Wandungsbereiche beliebig geformter Profilelemente, vorzugsweise in Form von rohrförmigen Elementen dar.

15

Die Figur 7a zeigt eine besonders vorteilhafte Anwendung einer Energieverzehr-Faserverbundstruktur 1 in einer Energieverzehrsvorrichtung 19. Diese umfasst ein Energieverzehrelement 20, welches einstückig aus Faserverbundwerkstoff, insbesondere Energieverzehr-Faserverbundstruktur 1 ausgebildet ist und ein relativ zu dieser bewegbares Gegenelement 21 mit einer Stirnseite 25, über welche die Kraft einleitbar ist. Das Energieverzehrelement 20 ist als sich in einer Längsrichtung L erstreckender Hohlkörper, insbesondere rohrförmiges Element 22 ausgeführt. Die Energieverzehr-Faserverbundstruktur 1 bildet hier eine die Mantelfläche des Hohlkörpers bildende Wand 23. Das Energieverzehrelement 20 ist derart ausgelegt, bei Überschreiten einer in eine Stirnseite des Energieverzehrelementes 20 eingeleiteten kritischen Stoßkraft anzusprechen und zumindest einen Teil der bei der Übertragung der Stoßkraft über das Energieverzehrelement 20 anfallenden Stoßenergie durch nicht duktile Zerfaserung abzubauen. Dazu ist die Energieverzehr-Faserverbundstruktur 1

20

25

30

derart zum Wandungsaufbau des hohlzylindrischen Elementes angeordnet und ausgerichtet, dass die Endlosfasern 4 der Fasermaterialschichten 2 in Längsrichtung des hohlzylindrischen Elementes ausgerichtet sind, so dass deren Lage mit der Wirkrichtung der eingeleiteten Kräfte zusammenfällt.

5

Figuren 7a und 7b zeigen ein Beispiel einer vorteilhaften Ausbildung einer Energieverzehrvorrichtung 19. Im Einzelnen weist das Energieverzehrelement 20 einen Energieverzehrereich 29 sowie einen Führungsbereich 30 auf. Am Übergang zwischen dem Energieverzehrereich 29 und dem Führungsbereich 30 ist hier eine Kante vorgesehen, welche einen Anschlag 27 ausbildet, an den das als Kolben ausgebildete Gegenelement 21 anstößt. Denkbar hierbei ist es, dass die Stirnseite des dem Energieverzehrelement 20 zugewandten Bereiches 24 des als Kolben ausgebildeten Gegenelementes 21 an den Anschlag 27 des Energieverzehrereiches 29 direkt anstößt. Bei der in Figur 7b dargestellten Ausführungsform der Energieverzehrvorrichtung 19 ist an der Stirnseite des als Kolben ausgebildeten Gegenelementes 21 ein Kegelring 28 vorgesehen, so dass dieser Kegelring 28 an den Anschlag 27 des Energieverzehrereiches 29 anstößt. Der Kegelring 28 ist dabei fest mit der Stirnseite des Gegenelementes 21 verbunden. Der Führungsbereich 30 des Energieverzehrelementes 20 ist bei der dargestellten Ausführungsform der Energieverzehrvorrichtung 19 als Führungsrohr ausgebildet, dessen Innendurchmesser größer als der Außendurchmesser des als Kolben ausgebildeten Gegenelementes 21 ist. Auf diese Weise kann der dem Energieverzehrelement 20 zugewandte Bereich des Gegenelementes 21 teleskopartig von dem Energieverzehrelement aufgenommen werden. Der Anschlag 27 kann jedoch auch anders, beispielsweise über einen Konus realisiert werden und somit ist eine Verschmelzung von 27 + 28 denkbar.

30

Die Längsrichtung des Energieverzehrelementes fällt mit dessen Längsachse L zusammen.

Figur 8 zeigt beispielhaft das Verformungsverhalten des Energieverzehrelementes 20 in Form eines rohrförmigen Elementes 22, dessen Wandung 23 aus Energieverzehr-Faserverbundstruktur 1 gebildet wird, bei Einleitung einer Stoßkraft F. Verdeutlicht ist das durch die Wirrfaserlagen bedingte Zerfaserverhalten in einem Winkel von bis zu 30° zum Kraftpfad.

Eine besondere Ausgestaltung für ein derartiges Energieverzehrelement 19 für den Einsatz in Schienenfahrzeugen sieht einen Rohrdurchmesser von 150-350mm mit einer Wandstärke von 10-40 mm vor, um Kraftniveaus von 200-2500 KN pro Energieverzehrelement zu realisieren.

Die Figuren 9a bis 9c verdeutlichen mögliche Verfahren zur Herstellung einer Energieverzehr-Faserverbundstruktur 1, insbesondere zur Ausbildung eines Energieverzehrelementes 20 in Form eines rohrförmigen Elementes 22 durch Wickeln. Die Herstellungsverfahren können dabei in Abhängigkeit der bereitgestellten Faserhalbzeuge variieren. Die einzelnen Faserhalbzeuge beinhalten jeweils zumindest eine oder mehrere Faserlagen. Die Faserhalbzeuge können dabei jeweils für die einzelnen Fasermaterialschichten als separate Faserhalbzeuge vorliegen, die im Fertigungsprozess zueinander in die gewünschte Anordnung verbracht werden, oder die einzelnen Faserlagen der unterschiedlichen Fasermaterialschichten enthaltenen Faserhalbzeuge können bereits zu kombinierten Faserhalbzeugen vorkonfektioniert bezogen werden. Ferner unterscheiden sich die Verfahren hinsichtlich der Art und des Zeitpunktes der Einbringung des Matrixmaterials. Alle Verfahren sind jedoch durch die Bereitstellung der Faserlagen – Verfahrensschritte VA oder VA2 - und dem Einbringen von Matrixmaterial – Verfahrensschritte VD, VF sowie dem Aushärten – VE - charakterisiert.

Grundlegend wird zwischen Trocken- und Nasswickelverfahren unterschieden. Figur 9a verdeutlicht beispielhaft ein Verfahren, bei welchem die Faserlagen enthaltenden Faserhalbzeuge 31, 32 trocken drapiert bzw. gewickelt werden und

erst anschließend durch Einbringen und Aushärten von Matrixmaterial in ihrer Lage zueinander fixiert werden.

Ein in der Figur 9a beispielhaft wiedergegebenes erstes Verfahren kann durch
5 nachfolgende Schritte beschrieben werden:

Der Verfahrensschritt VA beinhaltet die Bereitstellung der Faserhalbzeuge 31, 32 in Form von Endlosfasern 4 enthaltenden, ungetränkten Faserhalbzeugen 31 und Langfasern 5 enthaltenden weiteren Faserhalbzeugen 32. Die Endlosfasern 4
10 enthaltenden Faserhalbzeuge 31 werden in besonders vorteilhafter Ausbildung in Form von Rovings oder Geweben bereitgestellt. Die Langfasern 5 enthaltenden Faserhalbzeuge 32 liegen vorzugsweise in Form von Gelegen, Vliesen oder Matten vor.

15 Im Verfahrensschritt VB werden die Faserhalbzeuge 31, 32 zueinander ausgerichtet überlappend angeordnet. In vorteilhafter Ausbildung können die einzelnen Faserhalbzeuge 31, 32 an den zueinanderweisenden Seiten miteinander verbunden werden, beispielsweise durch Vernähen oder Verstickten der einander benachbart angeordneten Faserlagen der einzelnen
20 Faserhalbzeuge 31, 32. Eine derartige Anordnung der Faserhalbzeuge kann als Kombieinheit im Verfahrensschritt VC um einen Kern gewickelt werden.

Der Verfahrensschritt VD beinhaltet das Einbringen des Matrixmaterials, wobei hier alle Faserlagen 7 und 8 der späteren Fasermaterialschichten 2, 3 mit dem
25 gleichen Matrixmaterial getränkt werden. Das Einbringen des Matrixmaterials erfolgt entweder durch Injektion oder Infusion. Dazu wird der Bereich, insbesondere die im trockenen Zustand um den Kern drapierte Struktur gasdicht umschlossen und das Matrixmaterial, insbesondere der Kunststoff durch Injektion VD1 oder Infusion VD2 in die Faserlagen und zwischen diesen eingebracht.
30 Denkbar ist auch ein Harztränkverfahren.

Im Verfahrensschritt VE erfolgt ein Aushärten, wobei dieser Vorgang durch zusätzliche Maßnahmen, wie Heizung oder Kühlung beeinflussbar ist.

Demgegenüber verdeutlichen die Figuren 9b und 9c Ausführungen zum Nasswickeln. Einige Verfahrensschritte erfolgen in Analogie zu denen in Figur 9a beschrieben, weshalb diese mit gleicher Bezugsziffer benannt sind. Auf die Erläuterungen in Figur 9a zu diesen wird verwiesen.

Auch hier erfolgt Bereitstellung von Faserhalbzeugen 31 und 32 im Verfahrensschritt VA, wobei diese entweder als separate Faserhalbzeuge für die einzelnen Faserlagen der unterschiedlichen Schichten bereitgestellt werden und im nicht dargestellten Verfahrensschritt VB in ihrer Lage zueinander angeordnet werden, um gemeinsam gehandelt zu werden. Im Einzelnen werden die einzelnen Faserhalbzeuge übereinander angeordnet. Denkbar ist es auch, auf ein Faserhalbzeug in Form einer Kombieinheit, insbesondere Kombimatte aus den die unterschiedlichen Fasermaterialschichten bildenden Faserlagen zu nutzen. Die so gebildete Struktur wird in einem Verfahrensschritt VF vor dem Wickeln getränkt, insbesondere durch ein Bad aus Matrixmaterial geführt und in diesem nassen Zustand auf einen Kern im Verfahrensschritt VC gewickelt. An den Wickelvorgang schließt sich der Verfahrensschritt des Aushärtens und Verfestigens VE an.

Demgegenüber verdeutlicht Figur 9c ein Verfahren, welches bereits vorgetränkte Faserhalbzeuge 31, 32 in VA2 verwendet. Gemäß einer besonders vorteilhaften Ausführung wird als Faserhalbzeug eine Kombimatte aus einem Gewebe aus Endlosfasern und einem Gelege aus Langfasern vorgetränkt mit Matrixmaterial und als derart gebildetes Halbzeug um einen Kern in Schritt VC gewickelt. Das Aushärten erfolgt im Schritt VE.

Die Figur 10a zeigt beispielhaft die Anordnung der die späteren Fasermaterialschichten 2, 3 bildenden und Faserlagen enthaltenden

Faserhalbzeuge 31 und 32 in der eine kombinierte Faserhalbzeugstruktur bildenden Ausführung in einem Ausschnitt beim Wickeln um einen Kern 36. Beide Faserhalbzeuge 31, 32 sind derart zueinander angeordnet, dass diese nach Möglichkeit vollflächig aneinander anliegen. Diese werden um den Kern 36 gewickelt.

Je nach Bereitstellung der Faserhalbzeuge 31, 32 erfolgt die Einbettung in Matrixmaterial. Figur 10b stellt beispielhaft für trocken drapierte Faserhalbzeuge 31, 32 die Gegebenheiten für einen Injektions- oder Infusionsprozess dar. Erkennbar ist ein Anschluss 34, der mit einer Einrichtung zur Unterdruckerzeugung koppelbar ist, um die trocken drapierte Anordnung gasdicht abzuschließen. Der sich ausbildende Vakuumsack ist mit 33 bezeichnet. Das Matrixmaterial in Form eines Harz-/Härtergemisches wird beispielsweise mit Hilfe einer Pumpe in den Lagenaufbau eingepresst. Die Harzfließfront ist mit 35 bezeichnet.

Der Prozess des Aushärtens kann durch zusätzliche Maßnahmen beschleunigt werden. So erfolgt beispielsweise eine Erwärmung/Aufheizung, wenn leicht exotherme Harzsysteme zum Einsatz gelangen, während eine Abkühlung bei stark exothermen Harzsystemen angewandt wird. Dazu sind entsprechende Heiz- und/oder Kühleinrichtungen 37 am Innen- und/oder Außenumfang der Wandung zugeordnet, wie in Figur 10c wiedergegeben.

Für die Herstellung von Energieverzehrelementen, wie beispielsweise dem Energieverzehrelement 19 aus den Figuren 7 und 8 wird in besonders vorteilhafter Ausbildung ein Kombihalbzeug aus mehreren Faserlagen in Form einer Kombimatte verwendet. Diese besteht aus zumindest zwei Faserlagen, einem eine Faserlage 7 bildenden Gewebe und einem, eine Faserlage 8 bildenden Vlies. Das Gewebe besteht aus einem 0°/90° Glasgewebe, d.h. unidirektional ausgerichteten Endlosfasern in Form von Glasfasern. Die Faserlage 8 wird von einer Glas-Wirrfaser Vliesmatte gebildet. Dabei sind die

Faserlagen übereinander angeordnet und miteinander vorzugsweise vollflächig verbunden, wobei die Verbindung durch vernähen oder verstickten erfolgen kann. Die Grammaturn dieser Gesamt-Faserhalbzeugstruktur wird vorzugsweise im Bereich zwischen 300g/m² und 900g/m² mit einer Gewichtsauflteilung von 50/50
5 zwischen 0°/90° Glasfasergewebe und Glas-Wirrfaser Vlies gewählt. Andere vorteilhafte Aufteilungen wären 1/3 0°/90° Glasfasergewebe zu 2/3 Glas-Wirrfaser Vlies.

Die Einbringung der Harzmatrix kann gemäß einem der in den Figuren 9a bis 9c
10 beschriebenen Verfahren erfolgen, ist jedoch nicht auf diese beschränkt.

Bezugszeichenliste

	1	Energieverzehr-Faserverbundstruktur
	2, 2.1, 2.2	erste Fasermaterialschicht
5	3	zweite Fasermaterialschicht
	4	Endlosfaser
	5	Langfaser
	6	Matrixmaterial
	7, 7.1, 7.2	Faserlage der ersten Fasermaterialschicht
10	8, 8.1, 8.2, 8.3	Faserlage der ersten Fasermaterialschicht
	9	Matrixmaterial
	10	Roving
	11	Gewebe
	12	Kettfäden
15	13	Schußfäden
	15	Bereich
	16	Platte
	17	Vollzylinder
	18	schalenförmiges textiles Flächengebilde
20	19	Energieverzehrvorrichtung
	20	Energieverzehrelement
	21	Gegenelement
	22	hohlzylindrisches Element; rohrförmiges Element
	23	Wand, Wandung
25	24	Bereich
	25	Stirnseite
	27	Anschlag
	28	Kegelring
	29	Energieverzehrereich
30	30	Führungsbereich

	31	Faserhalbzeug
	32	Faserhalbzeug
	33	Vakuumsack
5	34	Anschluss
	35	Harzfließfront
	36	Kern
	37	Heiz- und/oder Kühleinrichtung
	L	Längsachse
10	VA-VF	Verfahrensschritte

5

Patentansprüche

1. Energieverzehrvorrichtung (19) eines schienenengebundenen Fahrzeuges, umfassend zumindest ein Energieverzehrelement (20) in Gestalt eines sich
10 in einer Längsrichtung erstreckenden dreidimensionalen Körpers, wobei das Energieverzehrelement (20) derart ausgelegt ist, bei Überschreiten einer mit Haupttrichtungskomponente in Längsrichtung des Energieverzehrelementes (20) eingeleiteten kritischen Stoßkraft anzusprechen und zumindest einen Teil der bei der Übertragung der Stoßkraft über das Energieverzehrelement
15 (20) anfallenden Stoßenergie durch nicht duktile Zerfaserung abzubauen, wobei das Energieverzehrelement zumindest teilweise aus einer Energieverzehr-Faserverbundstruktur mit zumindest einer, unidirektional ausgerichtete Endlosfasern (4) aufweisenden und in Matrixmaterial (6) eingebetteten Faserlage (6) besteht,
- 20 **dadurch gekennzeichnet,**
- dass die Energieverzehr-Faserverbundstruktur (1) aus zumindest einer ersten, die zumindest eine Faserlage (7) oder mehrere Faserlagen (7.1, 7.2) aus unidirektional ausgerichteten Endlosfasern (4) und Matrixmaterial (6) aufweisenden Fasermaterialschicht (2) und zumindest einer zweiten, eine
25 oder mehrere Faserlagen (8, 8.1, 8.2, 8.3) multidirektional ausgerichteter Langfasern (5) und Matrixmaterial (9) aufweisenden Fasermaterialschicht (3) ausgebildet ist, wobei erste und zweite Fasermaterialschichten (2, 3) miteinander verbunden sind, wobei die Endlosfasern parallel oder in einem Winkel von $\pm 2,5^\circ$ zur Längsrichtung des Energieverzehrelementes
30 ausgerichtet sind.

2. Energieverzehrvorrichtung (19) nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass der prozentuale Anteil unidirektional ausgerichteter Endlosfasern in der ersten Fasermaterialschicht aus der Verbindung einer ersten, die zumindest eine Faserlage (7) oder mehrere Faserlagen (7.1, 7.2) aus unidirektional ausgerichteten Endlosfasern (4) und Matrixmaterial (6) aufweisenden Fasermaterialschicht (2) und zumindest einer zweiten, eine oder mehrere Faserlagen (8, 8.1, 8.2, 8.3) multidirektional ausgerichteter Langfasern (5) und Matrixmaterial (9) aufweisenden Fasermaterialschicht (3) im Bereich von 50-80% liegt.

3. Energieverzehrvorrichtung (19) nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass diese ein mit dem Energieverzeherelement (20) derart zusammenwirkendes Gegenelement (21) umfasst, dass sich bei Überschreiten einer kritischen, in die Energieverzehrvorrichtung (19) eingeleiteten Stoßkraft das Gegenelement (21) und das Energieverzeherelement (20) unter gleichzeitigem Verzehr von zumindest einem Teil der in die Energieverzehrvorrichtung (19) eingeleiteten Stoßenergie relativ zueinander aufeinander zu bewegen, wobei das Gegenelement (21) als ein an seiner dem Energieverzeherelement (20) zugewandten Stirnseite offener Hohlkörper ausgebildet ist derart, dass die bei der Bewegung des Gegenelementes (21) relativ zu dem Energieverzeherelement (20) entstehenden Bruchteile des aus Energieverzehr-Faserverbundwerkstoff gebildeten Bereiches zumindest teilweise im Inneren des Hohlkörpers aufnehmbar sind.

4. Energieverzehrvorrichtung (19) nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Gegenelement (20) als Kolben und zumindest der dem Gegenelement (20) zugewandte Bereich des Energieverzehrelementes (20) als Profilelement, insbesondere Zylinder ausgebildet ist, dessen Wandung (23) zumindest teilweise von der Energieverzehr-Faserverbundstruktur (1) gebildet ist.

und wobei der dem Energieverzehrelement (20) zugewandte Bereich des Gegenelementes (21) von dem Energieverzehrelement (20) teleskopartig aufgenommen ist derart, dass die Stirnseite des dem Energieverzehrelement (20) zugewandten Bereiches des Gegenelementes (21) an einem Anschlag (27) am Energieverzehrelement (20) anstößt.

5. Energieverzehrvorrichtung (19) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**

dass eine einzelne Faserlage (7, 7.1, 7.2) einer ersten Fasermaterialschicht (2, 2.1, 2.2) von einer Faserlage aus der nachfolgend genannten Gruppe gebildet ist:

- Gewebe
- Gelege
- Geflecht

- Roving
und/oder

die einzelne Faserlage (8, 8.1, 8.2, 8.3) einer zweiten Fasermaterialschicht (3) von einer Faserlage aus der nachfolgend genannten Gruppe gebildet ist:

- Gelege
- Multiaxialgelege
- Vlies
- Matte

6. Energieverzehrvorrichtung (19) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet,**

dass die Faserlagen der ersten Fasermaterialschicht der das Energieverzeherelement bildenden Energieverzehr-Faserverbundstruktur von einem Gewebe und die Faserlagen der zweiten Fasermaterialschicht von einem Vlies gebildet werden, wobei das Verhältnis des prozentualen Anteils Gewebe/Vlies an der Gesamtstruktur im Bereich von 33%/67% bis 50%/50% liegt.

7. Energieverzehrsvorrichtung (19) nach Anspruch 5 oder 6,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Gewebe von unidirektionalen ersten in Krafteinleitungsrichtung oder in einem Winkel von $\pm 2,5^\circ$ dazu ausgerichteten Endlosfasern und in einem Winkel von $\pm 45^\circ$ bis $\pm 135^\circ$ zu diesen ausgerichteten zweiten Endlosfasern gebildet wird.

8. Energieverzehrsvorrichtung (19) nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

dadurch gekennzeichnet,

dass die einzelne zweite Fasermaterialschicht (3) derart ausgebildet ist, dass bei Einleitung einer, eine vordefinierte Größe überschreitenden Kraft, die Energieverzehr-Faserverbundstruktur (1) in einem Winkel von bis zu 60° , vorzugsweise $45^\circ \pm 15^\circ$ gegenüber der Krafteinleitungsrichtung zerfasert wird.

9. Energieverzehrsvorrichtung (19) nach einem der Ansprüche 1 bis 8,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Energieabsorptionsvermögen als Funktion zumindest einer der nachfolgenden Größen einstellbar ist:

- bei Ausbildung des Energieverzeherelementes als Profil der Wandstärke der Energieverzehr-Faserverbundstruktur (1);

- der Dicke der einzelnen ersten und/oder zweiten Fasermaterialschichten (2, 2.1, 2.2, 3);

- die Grammaturen der ersten und/oder zweiten Fasermaterialschicht (2, 2.1, 2.2, 3);
- die Verteilung der Langfasern (5) in der zweiten Fasermaterialschicht (3);
- die physikalischen Eigenschaften des Fasermaterials in den einzelnen Fasermaterialschichten (2, 2.1, 2.2, 3).
- die physikalischen Eigenschaften (Gleiteigenschaften) des Matrixmaterials
- der Faservolumenanteil im Laminates
- der Fasermassenanteil des Laminates

10. Energieverzehrsvorrichtung (19) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Langfasern (5) und Endlosfasern (4) zweier benachbart angeordneten Faserlagen (8, 8.1, 8.2, 8.3, 7, 7.1, 7.2) der zweiten und ersten Fasermaterialschicht (3, 2) miteinander vernäht oder verstickt sind.

11. Energieverzehrsvorrichtung (19) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine einzelne Endlosfaser (4) einer Faserlage (7, 7.1, 7.2) einer ersten Fasermaterialschicht (2) von einer Faser gebildet ist, ausgewählt aus der nachfolgenden Gruppe:

- Kohlefaser
 - Basaltfaser
 - Glasfaser
- und/oder

dass eine einzelne Langfaser (5) einer Faserlage (8, 8.1, 8.2, 8.3) einer zweiten Fasermaterialschicht (3) von einer Faser gebildet ist, ausgewählt aus der nachfolgenden Gruppe:

- Basaltfaser
- Glasfaser

12. Energieverzehrsvorrichtung (19) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass die einzelne Faserlage (7, 7.1, 7.2, 8, 8.1, 8.2, 8.3) der ersten und/oder zweiten Fasermaterialschicht (2, 3) in ein Matrixmaterial (6, 9) eingebettet ist, ausgewählt aus der nachfolgenden Gruppe:

- Polykondensat, insbesondere Phenol
- Polyadditiv, insbesondere Epichlorhydrin, Polyol oder Dicarbonsäure
- Polymer

wobei die Faserlagen (7, 7.1, 7.2, 8, 8.1, 8.2, 8.3) einer einzelnen Fasermaterialschicht (2, 3) in gleiches oder unterschiedliches Matrixmaterial (6, 9) eingebettet sind.

13. Energieverzehrvorrichtung (19) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**

dass die Formulierung des Matrixmaterials (6, 9) derart ausgeführt ist, dass dieses durch eine Bruchdehnung von unter 6% und einen E-Modul von über 3000 MPa charakterisiert ist.

14. Energieverzehrvorrichtung (19) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,**

dass die Langfasern (5) einer Faserlage (8, 8.1, 8.2, 8.3) einer zweiten Fasermaterialschicht (3) innerhalb einer einzelnen Faserlage oder zwischen den Faserlagen einer oder mehrerer derartiger zweiter Fasermaterialschichten (3) zumindest hinsichtlich eines Parameters, gewählt aus der nachfolgenden Gruppe, unterschiedlich ausgeführt sind:

- einer materialspezifischen Kenngröße
- einer die Geometrie und/oder Dimensionierung charakterisierenden Kenngröße
- einer physikalische und/oder chemische Eigenschaften beschreibenden Kenngröße

und/oder

dass die Faserlagen (7, 7.1, 7.2) einer zweiten Fasermaterialschicht (3) oder die Faserlagen mehrerer zweiter Fasermaterialschichten (3) hinsichtlich zumindest hinsichtlich eines Parameters, gewählt aus der nachfolgenden Gruppe, unterschiedlich ausgeführt sind:

- 5 - Verteilung der Langfasern (5) in Längs-, Quer- und/oder Höhenrichtung der Faserlage
- Orientierung der Langfasern (5).

10 15. Verfahren zur Herstellung eines Energieverzehrelementes (20) in Form eines Profilelementes, insbesondere Rohres

gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:

- a) Bereitstellung von die Faserlagen der unterschiedlichen Fasermaterialschichten enthaltenden Faserhalbzeugen:
- b) Drapieren der Faserhalbzeuge
- 15 c) Tränken der Faserhalbzeuge mit Matrixmaterial
- d) Aushärten der Matrix.

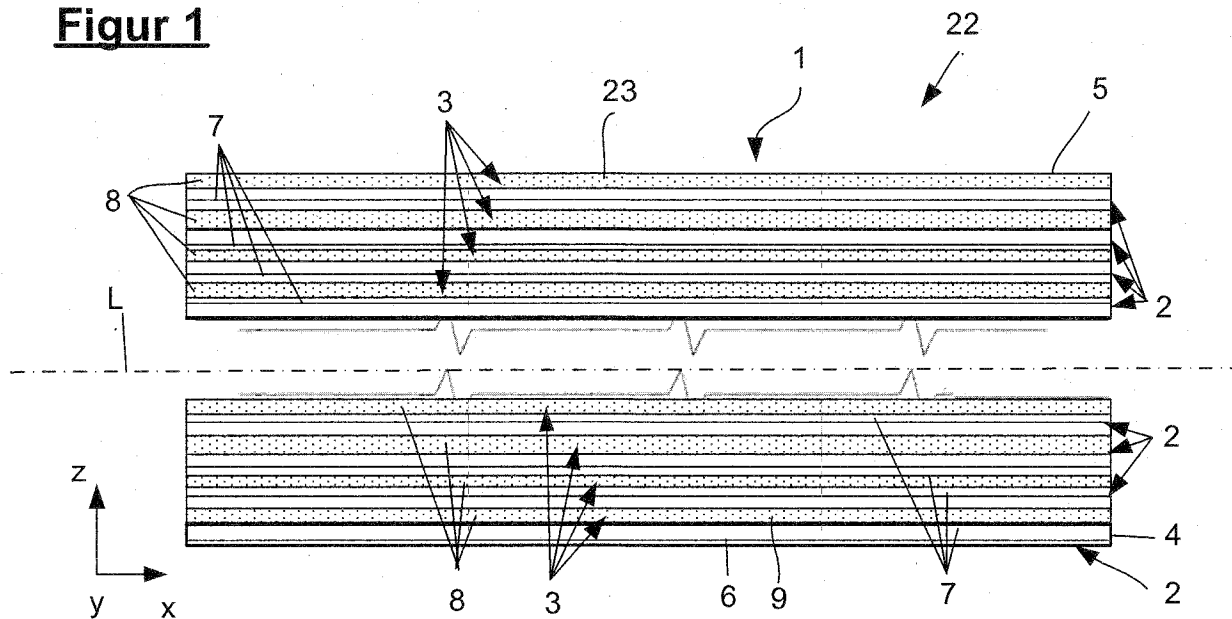
16. Verfahren nach Anspruch 15,

dadurch gekennzeichnet,

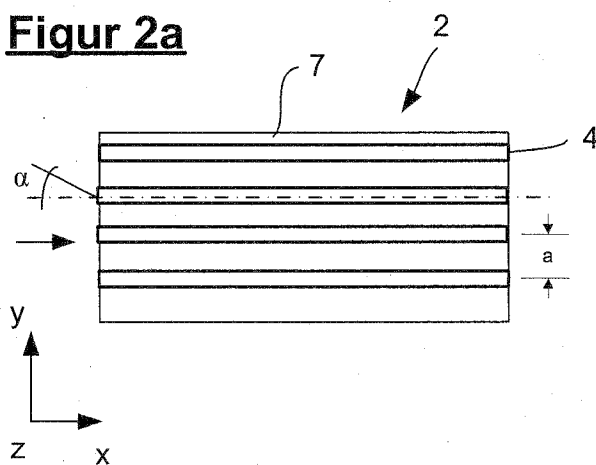
- 20 dass als Faserlagen enthaltendes Faserhalbzeug eine Gesamt-Faserhalbzeugstruktur aus einem Endlosfasern enthaltenden Gewebe und Langfasern enthaltenden Vliesmatte, die vollflächig aneinander anliegen und miteinander verbunden sind, eingesetzt wird und der Verfahrensschritt c) vor dem Verfahrensschritt b) ausgeführt wird.

1/4

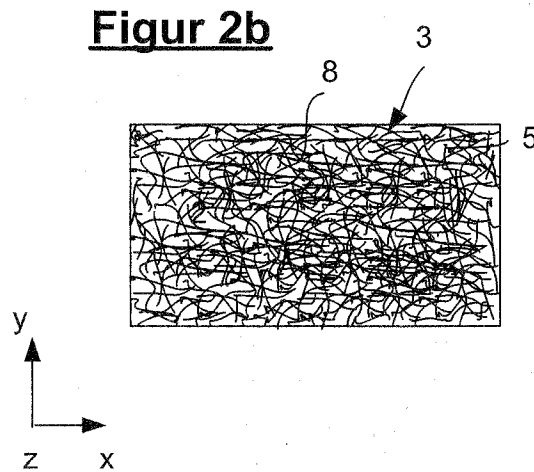
Figur 1



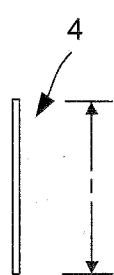
Figur 2a



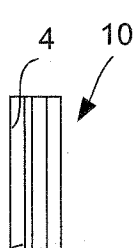
Figur 2b



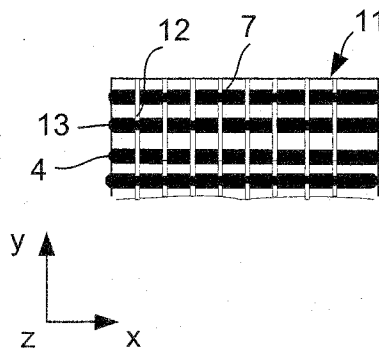
Figur 3a



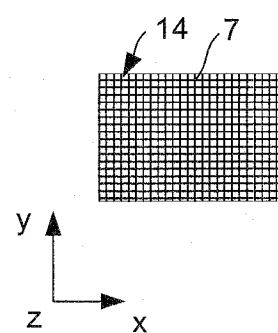
Figur 3b



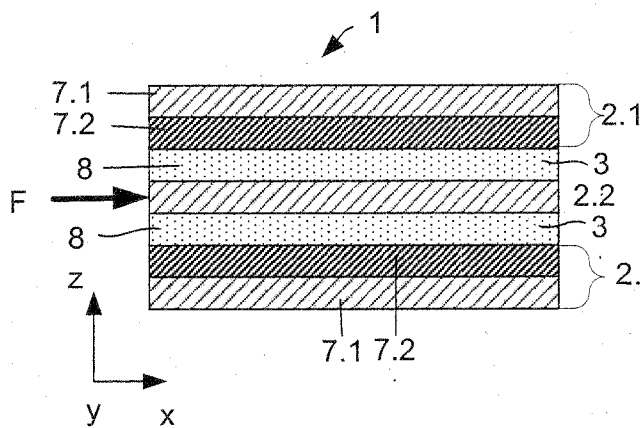
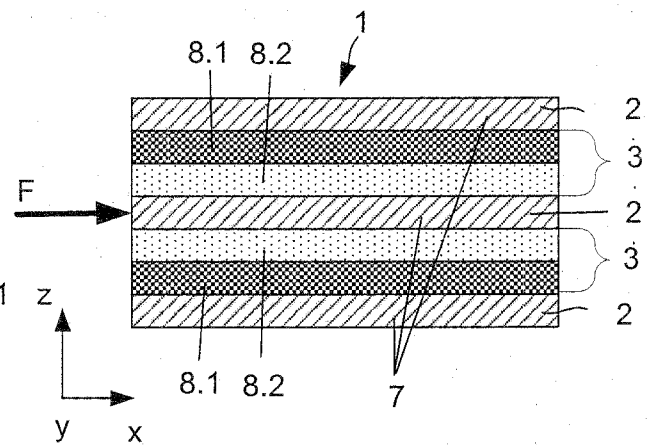
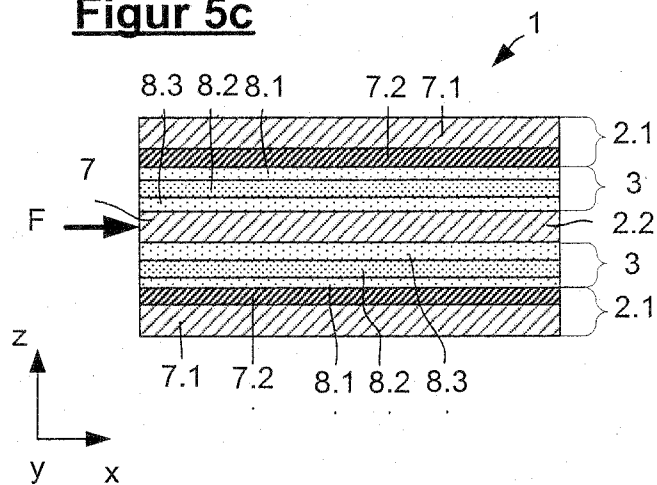
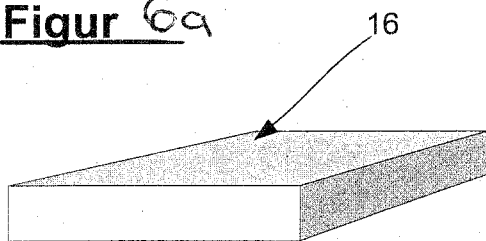
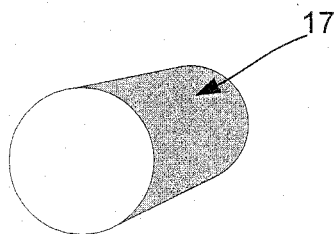
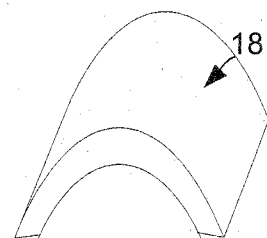
Figur 4a



Figur 4b

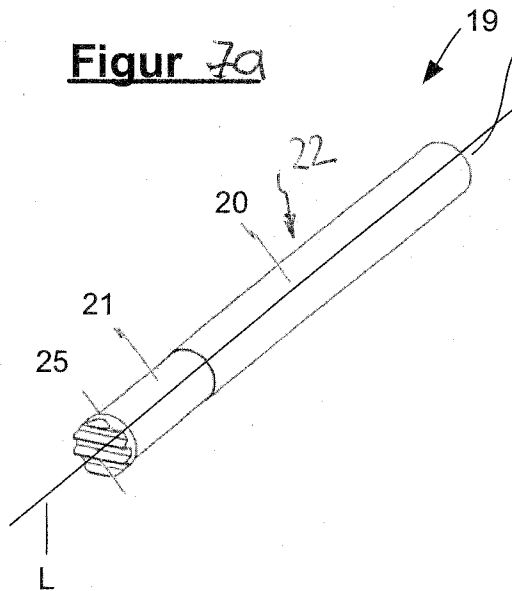


2/4

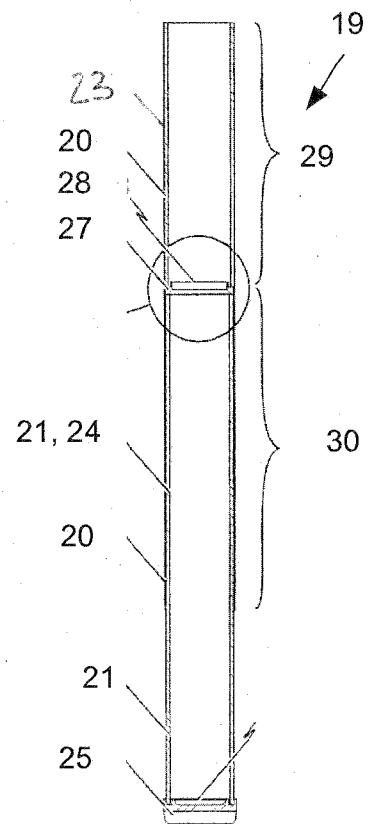
Figur 5a**Figur 5b****Figur 5c****Figur 6a****Figur 6b****Figur 6c**

3/4

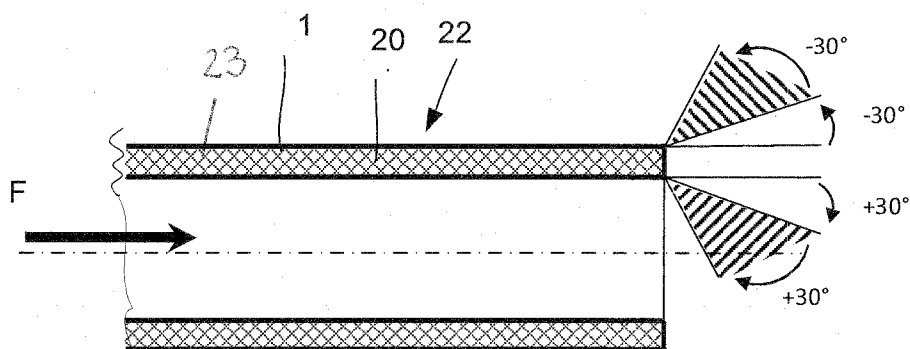
Figur 7a



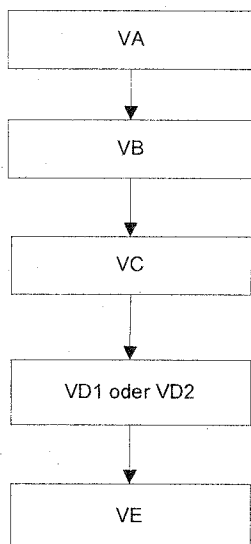
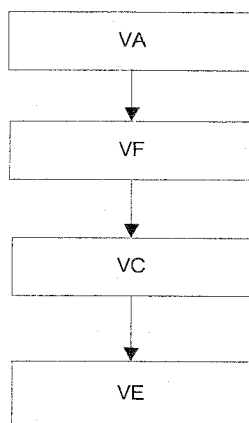
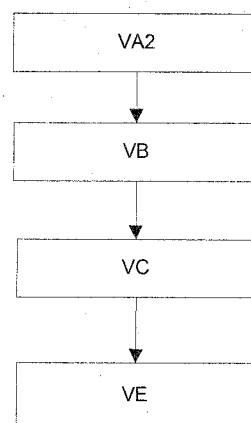
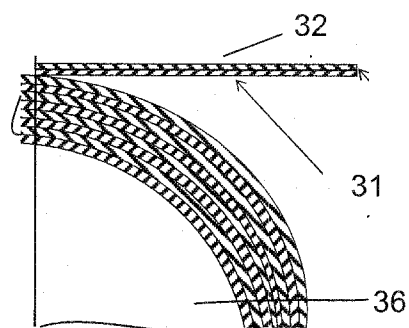
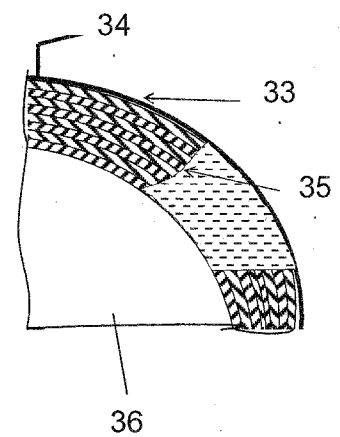
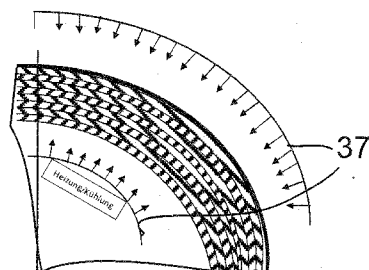
Figur 7b



Figur 9



4/4

Figur 9aFigur 9bFigur 9cFigur 10aFigur 10bFigur 10c

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/065828

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F16F7/12
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)
F16F

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 6 601 886 B1 (THAYER CHRISTOPHER M [US]) 5 August 2003 (2003-08-05)	1,3-5, 7-9,11, 12,15,16
Y	the whole document	10
A		2,6,13, 14
X	US 4 749 613 A (YAMADA TOSHIO [JP] ET AL) 7 June 1988 (1988-06-07)	1,2,5,6, 11,12,14
A	the whole document	3,4, 7-10,13, 15,16
X	EP 2 192 322 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 2 June 2010 (2010-06-02)	1,5,7, 11,12, 14-16
A	the whole document	2-4,6, 8-10,13
	----- -/-	



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

18 December 2014

Date of mailing of the international search report

08/01/2015

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

Werth, Jochen

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/065828

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 2009/277992 A1 (KISMARTON MAX U [US]) 12 November 2009 (2009-11-12) paragraphs [0019] - [0036]; figures 6-8 -----	1,5-7, 11,13,14 2-4, 8-10,12, 15,16
Y	EP 1 731 298 A1 (TOYOTA JIDOSHOKKI KK [JP]) 13 December 2006 (2006-12-13) figures 1A-1C -----	10
A	EP 0 719 635 A2 (HONDA MOTOR CO LTD [JP]) 3 July 1996 (1996-07-03) the whole document -----	1-16
A	US 2010/040815 A1 (TIWARI CHANDRASHEKHAR [US] ET AL) 18 February 2010 (2010-02-18) the whole document -----	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/065828

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6601886	B1	05-08-2003	AT 293060 T 15-04-2005
		DE 60300496 D1 19-05-2005	
		DE 60300496 T2 23-02-2006	
		EP 1366960 A1 03-12-2003	
		US 6601886 B1 05-08-2003	

US 4749613	A	07-06-1988	JP H0620743 B2 23-03-1994
		JP S62240514 A 21-10-1987	
		US 4749613 A 07-06-1988	

EP 2192322	A1	02-06-2010	EP 2192322 A1 02-06-2010
		JP 4981613 B2 25-07-2012	
		JP 2009092133 A 30-04-2009	
		US 2010219032 A1 02-09-2010	
		WO 2009048005 A1 16-04-2009	

US 2009277992	A1	12-11-2009	US 2009277992 A1 12-11-2009
		US 2012234972 A1 20-09-2012	

EP 1731298	A1	13-12-2006	CN 1876916 A 13-12-2006
		EP 1731298 A1 13-12-2006	
		JP 4424263 B2 03-03-2010	
		JP 2006341565 A 21-12-2006	
		TW I314098 B 01-09-2009	
		US 2007202295 A1 30-08-2007	

EP 0719635	A2	03-07-1996	DE 69529453 D1 27-02-2003
		DE 69529453 T2 02-10-2003	
		EP 0719635 A2 03-07-1996	
		US 5843558 A 01-12-1998	

US 2010040815	A1	18-02-2010	US 2010040815 A1 18-02-2010
		WO 2010019583 A1 18-02-2010	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F16F7/12
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F16F

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	US 6 601 886 B1 (THAYER CHRISTOPHER M [US]) 5. August 2003 (2003-08-05)	1,3-5, 7-9,11, 12,15,16
Y	das ganze Dokument	10
A		2,6,13, 14
X	US 4 749 613 A (YAMADA TOSHIO [JP] ET AL) 7. Juni 1988 (1988-06-07)	1,2,5,6, 11,12,14
A	das ganze Dokument	3,4, 7-10,13, 15,16
X	EP 2 192 322 A1 (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 2. Juni 2010 (2010-06-02)	1,5,7, 11,12, 14-16
A	das ganze Dokument	2-4,6, 8-10,13
	----- -/-	

☒ 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

18. Dezember 2014

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

08/01/2015

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

Werth, Jochen

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X A	US 2009/277992 A1 (KISMARTON MAX U [US]) 12. November 2009 (2009-11-12) Absätze [0019] - [0036]; Abbildungen 6-8	1,5-7, 11,13,14 2-4, 8-10,12, 15,16
Y	----- EP 1 731 298 A1 (TOYOTA JIDOSHOKKI KK [JP]) 13. Dezember 2006 (2006-12-13) Abbildungen 1A-1C	10
A	----- EP 0 719 635 A2 (HONDA MOTOR CO LTD [JP]) 3. Juli 1996 (1996-07-03) das ganze Dokument	1-16
A	----- US 2010/040815 A1 (TIWARI CHANDRASHEKHAR [US] ET AL) 18. Februar 2010 (2010-02-18) das ganze Dokument -----	1-16

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/065828

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 6601886	B1	05-08-2003	AT	293060 T	15-04-2005
			DE	60300496 D1	19-05-2005
			DE	60300496 T2	23-02-2006
			EP	1366960 A1	03-12-2003
			US	6601886 B1	05-08-2003

US 4749613	A	07-06-1988	JP	H0620743 B2	23-03-1994
			JP	S62240514 A	21-10-1987
			US	4749613 A	07-06-1988

EP 2192322	A1	02-06-2010	EP	2192322 A1	02-06-2010
			JP	4981613 B2	25-07-2012
			JP	2009092133 A	30-04-2009
			US	2010219032 A1	02-09-2010
			WO	2009048005 A1	16-04-2009

US 2009277992	A1	12-11-2009	US	2009277992 A1	12-11-2009
			US	2012234972 A1	20-09-2012

EP 1731298	A1	13-12-2006	CN	1876916 A	13-12-2006
			EP	1731298 A1	13-12-2006
			JP	4424263 B2	03-03-2010
			JP	2006341565 A	21-12-2006
			TW	I314098 B	01-09-2009
			US	2007202295 A1	30-08-2007

EP 0719635	A2	03-07-1996	DE	69529453 D1	27-02-2003
			DE	69529453 T2	02-10-2003
			EP	0719635 A2	03-07-1996
			US	5843558 A	01-12-1998

US 2010040815	A1	18-02-2010	US	2010040815 A1	18-02-2010
			WO	2010019583 A1	18-02-2010
