

PEI-Partikelschäume für Anwendungen im Luftfahrt-Interieur

5

Gebiet der Erfindung

Polymerschäume auf Basis von Polyetherimiden (PEI) erfüllen die von der Luftfahrtindustrie geforderten gesetzlichen Vorgaben für das Luftfahrt-Interieur. Speziell die Anforderungen an das

10 Brandverhalten, die Medienbeständigkeit und die Mechanik stellen hier eine große Herausforderung dar. Nach dem Stand der Technik werden geeignete Polymerschäume als Halbzeuge hergestellt. Die Nachbearbeitung zu Formteilen ist unwirtschaftlich hinsichtlich Zeit und Materialausnutzung, wie z.B. durch große Mengen Schnittabfall. Die Erfindung löst dieses Problem

15 dadurch, dass das prinzipiell geeignete Material zu Partikelschaum-Formteilen verarbeitet werden kann. Diese Formteile können ohne Nachbearbeitung in kurzen Zykluszeiten und damit wirtschaftlich hergestellt werden. Des Weiteren ergeben sich dadurch neue Möglichkeiten der Funktionsintegration, wie z.B. durch direktes Einschäumen von Inserts usw., und hinsichtlich der gestalterischen Freiheit.

20

Stand der Technik

Zum Verbau in der Luftfahrtindustrie geeignete Schaumwerkstoffe sind allgemein bekannt. Jedoch sind dazu zu einem überwiegenden Teil nur Schaumstoffe aus reinem PMI (Polymethacrylimid),

25 PPSU (Polyphenylensulfone) oder PES (Polyethersulfonen) beschrieben. In der Literatur auch zu finden, jedoch aus toxikologischer Sicht ungeeignet, ist auch PI (Polyarylimid). Alle diese Materialien werden bislang ausschließlich als Block- bzw. Plattenmaterialien eingesetzt.

Auch andere Materialien sind weniger ausführlich als Plattenmaterial zum Verbau in der

30 Luftfahrtindustrie beschrieben. So stellt z.B. Poly(oxy-1,4-phenylsulfonyl-1,4-phenyl) (PESU) ein solches Material dar. Dieses wird beispielsweise unter dem Produktnamen Divinycell F von der Firma DIAB vertrieben. Bei der weiteren Verarbeitung dieser Extrusionsschaumplatten fallen jedoch unwirtschaftlich große Mengen Verschnittmaterial an.

35 Eine wirtschaftliche Methode zur Vermeidung von Schnittabfall bei der Herstellung von dreidimensionalen Schaumstoff-Formteilen ist die Verwendung von Schaumpartikeln (bead foams) anstatt von Blockschäumen. Alle nach dem Stand der Technik verfügbaren Partikelschäume haben entweder Nachteile bei der Verwendung bei hohen Temperaturen oder aber insgesamt, und insbesondere bei diesen hohen Temperaturen, nicht optimale mechanische Eigenschaften. Hinzu

40 kommt, dass nur sehr wenige Schaumstoffe bekannt sind, die nicht leicht zu entflammen sind und

- daher z.B. in Innenräumen von Straßen-, Schienen- oder Luftfahrzeugen verbaut werden können. So haben beispielsweise Partikelschäume auf Basis von Polypropylen (EPP), Polystyrol (EPS), thermoplastischem Polyurethan-Elastomer (E-TPU) oder PMI (ROHACELL Triple F) eine unzureichende Flammgeschützwirkung, während sämtliche prinzipiell geeignete inhärent
- 5 flammgeschützte Polymere, wie z.B. PES, PEI oder PPSU nach aktuellem Stand der Technik nur zu Blockschäumen verarbeitet werden.

10

Aufgabe

- Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es in Hinblick auf den Stand der Technik eine Zusammensetzung zur Herstellung neuartiger Schaumstoffe bzw. Verbundmaterialien, bei denen
- 15 es sich beispielsweise um einen Schaumkern mit thermoplastischen bzw. vernetzten Deckschichten handeln kann, für die Verwendung im Flugzeugbau zur Verfügung zu stellen. Dabei sollen die resultierenden Schaumstoffe eine gute Kombination aus Anwendbarkeit bei hohen Temperaturen, guten mechanischen Eigenschaften, insbesondere bezüglich einer ausreichenden Reißdehnung und eine für viele Anwendungen im Bereich des Fahrzeug- und Flugzeugbaus
- 20 zumindest ausreichende Flammgeschützwirkung haben.

Insbesondere soll der Schaumstoff dabei eine hohe Beständigkeit gegenüber diversen flüssigen, aciden, basischen oder hydrophoben Flüssigkeiten sowie gegenüber Emulsionen haben.

- 25 Weiterhin soll aus der zu entwickelnden Zusammensetzung über verschiedenste Methoden und mit einer großen Brandbreite von dreidimensionalen Formen der Schaumstoff realisierbar sein und bei der Herstellung des finalen Bauteils möglichst kein oder nur sehr wenig Verschnitt anfallen.

- Weitere nicht explizite Aufgaben können sich aus der Beschreibung, den Ansprüchen oder den
- 30 Beispielen des vorliegenden Textes ergeben, ohne dazu an dieser Stelle explizit aufgeführt worden zu sein.

35 **Lösung**

- Gelöst werden die Aufgaben durch die Zurverfügungstellung einer neuartigen Zusammensetzung zur Herstellung von temperaturbeständigen, schwer entflammaren Schaumwerkstoffen zur Anwendung in der Luftfahrtindustrie, insbesondere im Luftfahrzeugbau. Diese erfindungsgemäße
- 40 Zusammensetzung zur Herstellung von Schaumstoffen ist dadurch gekennzeichnet, dass es sich

um einen Partikelschaum auf Basis von Polyetherimiden (PEI) handelt. Der erfindungsgemäße Partikelschaum weist dabei als geschäumtes Material eine Glasübergangstemperatur zwischen 180 und 215 °C auf, und in dem der mittlere Zelldurchmesser des Partikelschaums kleiner 2 mm, bevorzugt kleiner 1 mm, besonders bevorzugt kleiner 500 µm und ganz besonders bevorzugt

5 kleiner 250 µm ist.

Dies ist insbesondere überraschend, da die eigentliche Glasübergangstemperatur des PEI's 215 bis 217 °C beträgt und das Material somit nicht nach dem aktuellen Stand der Technik, beispielsweise mittels Unterwassergranulierung, zu einem Partikelschaum verarbeitet werden kann.

10

Erfindungsgemäß beschreibt der Begriff Zelle einen Bereich in einem Schaumstoff, der kein Matrixmaterial enthält, jedoch von diesem zumindest teilweise umschlossen ist. Zellen werden dabei auch als Poren bezeichnet. Idealerweise sind in einem Hartschaum diese Poren bzw. Zellen geschlossen, was wiederum bedeutet, dass die Zelle vollständig von dem Matrixmaterial des

15 Schaumstoffs umschlossen ist. Im Falle eines weicheren Schaumstoffs liegen zumindest teilweise offene Zellen vor. Diese lassen sich durch die Anordnung unvollständiger Wände bzw. im Extremfall von Stegen dennoch als einzelne Zellen identifizieren. Damit lässt sich auch die Größe solcher offenen Zellen bestimmen. Die Größe einer Zelle lässt sich in vielen Fällen einfach, zum Beispiel unter Zuhilfenahme eines Mikroskops, ausmessen. Auch unter Berücksichtigung dieser

20 Faktoren, ist es für den Fachmann einfach, die maximale Zellgröße im Schaumstoff einzuhalten.

Unter einem Schaumpartikel wird erfindungsgemäß der Bereich in einem Partikelschaum verstanden, der durch Aufschäumen eines einzelnen un- bzw. vorgeschäumten Partikels definiert

25 ist. Die Grenze zwischen den einzelnen, miteinander verbundenen Schaumpartikeln lässt sich einfach mit dem bloßen Auge erkennen bzw. unter einem Lichtmikroskop bestimmen. Dies ist insbesondere anwendbar, wenn die Grenzflächen zwischen zwei Schaumpartikeln gut erkennbar sind. Da dieses aber nicht unbedingt gegeben sein muss, wird erfindungsgemäß eine vereinfachte Methode angewendet: dazu wird ein theoretischer durchschnittlicher Durchmesser eines

30 Schaumpartikels einfach aus dem Durchmesser der ungeschäumten Partikel, dem Gesamtvolumen der ungeschäumten Partikel und dem Volumen des fertigen Schaumteils berechnet. Der Fachmann weiß, dass bei Partikelschäumen eine regelmäßige Größenverteilung der Schaumpartikel dergestalt erreicht werden kann, dass nur in den Randbereichen des Schaumteils geringe Abweichungen auftreten. Weiterhin ist ein Vorteil der vorliegenden Erfindung,

35 dass der Volumenanteil der Zwickel zwischen den einzelnen Schaumpartikel derart gering ist, dass dieser bei der Volumenmessung des fertigen Schaumteils kaum zum Tragen kommt. Bevorzugt sind diese Schaumpartikel im fertigen Schaum kleiner 1 cm, besonders bevorzugt kleiner 0,7 cm.

Angegebene Glasübergangstemperaturen werden erfindungsgemäß – wenn nicht anders ausgeführt - mittels DSC (Differential Scanning Calometry) gemessen. Der Fachmann weiß dazu, dass die DSC nur ausreichend aussagekräftig ist, wenn nach einem ersten Aufheizzyklus bis zu einer Temperatur, die minimal 25 °C oberhalb der höchsten Glasübergangs- bzw.

- 5 Schmelztemperatur, dabei jedoch mindestens 20 °C unterhalb der tiefsten Zersetzungstemperatur eines Materials liegt, die Materialprobe für mindestens 2 min bei dieser Temperatur gehalten wird. Danach wird wieder auf eine Temperatur, die mindestens 20 °C unterhalb der tiefsten zu bestimmenden Glasübergangs- oder Schmelztemperatur liegt, abgekühlt, wobei die Abkühlrate maximal 20 °C / min, bevorzugt maximal 10 °C / min betragen sollte. Nach einer weiteren Wartezeit
- 10 von wenigen Minuten erfolgt dann die eigentliche Messung, bei der mit einer Aufheizrate von in der Regel 10 °C / min oder weniger die Probe bis mindestens 20 °C über die höchste Schmelz- oder Glasübergangstemperatur erhitzt wird.

- Bevorzugt besteht die erfindungsgemäße Zusammensetzung zur Herstellung des Partikelschaums
- 15 in einer ersten alternativen Ausführungsform der Erfindung aus 80 bis 99,5 Gew% PEI. Weiterhin weist diese Zusammensetzung 0,5 bis 10 Gew%, bevorzugt 1 bis 9 Gew% eines Treibmittels auf. Darüber hinaus können unter anderem 0 bis 10 Gew%, bevorzugt 1 bis 5 Gew% Additive enthalten sein.

- 20 Bei den Additiven kann es sich insbesondere um Flammschutzadditive, Weichmacher, Pigmente, UV-Stabilisatoren, Nukleierungsmittel, Schlagzähmodifizier, Haftvermittler, Rheologiemodifizier, Kettenverlängerer, Fasern und/oder um Nanopartikel handeln.

- Als Flammschutzadditive kommen in der Regel Phosphor-Verbindungen, insbesondere Phosphate,
- 25 Phosphine oder Phosphite zum Einsatz. Geeignete UV-Stabilisatoren bzw. UV-Absorber sind dem Fachmann im Allgemeinen bekannt. In der Regel verwendet man dazu HALS-Verbindungen, Tiuvine oder Triazole. Als Schlagzähmodifizier werden in der Regel Polymerpartikel, aufweisend eine Elastomer- bzw. Weichphase verwendet. Dabei handelt es sich häufig um Kern-(Schale-)Schale-Partikel, mit einer Außenschale, die als solche maximal schwach vernetzt ist und als
- 30 reines Polymer eine zumindest minimale Mischbarkeit mit dem PEI aufweisen würde. Als Pigmente können grundsätzlich alle bekannten Pigmente eingesetzt werden. Insbesondere bei größeren Mengen sollte natürlich der Einfluss auf den Schäumungsvorgang – wie bei allen anderen in größeren Mengen von mehr als 0,1 Gew% eingesetzten Additiven – untersucht werden. Dies ist für den Fachmann mit relativ wenig Aufwand durchführbar.

- 35 Geeignete Weichmacher, Rheologiemodifizier und Kettenverlängerer sind dem Fachmann im Allgemeinen aus der Herstellung von Folien, Membranen oder Formteilen aus PEI oder Blends, enthaltend PEI bekannt und können entsprechend mit wenig Aufwand auf die Herstellung eines Schaums aus der erfindungsgemäßen Zusammensetzung übertragen werden.

Bei den optional zugegebenen Fasern handelt es sich in der Regel um bekannte Fasermaterialien, die einer Polymerzusammensetzung zugegeben werden können. In einer besonders geeigneten Ausführung der vorliegenden Erfindung handelt es sich bei den Fasern um PEI-, PES-, PPSU- oder um Blend-Fasern, letztere aus einer Auswahl der genannten Polymere.

5

Die Nanopartikel, die beispielsweise als Röhrchen, Plättchen, Stab, Kugel oder in anderen bekannten Formen vorliegen können, handelt es sich in der Regel um anorganische Materialien. Diese können gleich verschiedene Funktionen in dem fertigen Schaum übernehmen. So wirken diese Partikel teilweise als Nukleierungsmittel beim Schäumen. Weiterhin können die Partikel die mechanischen Eigenschaften, wie auch die (Gas-)Diffusionseigenschaften des Schaums beeinflussen. Weiterhin tragen die Partikel zusätzlich zur Schwerentflammbarkeit bei.

10

Neben den aufgeführten Nanopartikel können auch Mikropartikel oder wenig mischbare, phasenseparierende Polymere als Nukleierungsmittel zugefügt sein. Dabei sind die beschriebenen Polymere in der Betrachtung der Zusammensetzung getrennt von den anderen Nukleierungsmitteln zu sehen, da diese primär einen Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften des Schaums, die Schmelzviskosität der Zusammensetzung und damit die Schäumungsbedingungen nehmen. Die zusätzliche Wirkung eines phasenseparierenden Polymers als Nukleierungsmittel ist ein zusätzlicher gewünschter, in diesem Fall jedoch nicht primärer Effekt dieser Komponente. Aus diesem Grund werden diese zusätzlichen Polymere in der Gesamtbilanz weiter oben getrennt von den übrigen Additiven aufgeführt.

15

20

In den Additiven können optional auch bis zu 9 Gew% einer weiteren Polymerkomponente zur Einstellung der physikalischen Eigenschaften enthalten sein. Bei den zusätzlichen Polymeren kann es sich beispielsweise um Polyamide, Polyolefine, insbesondere PP, Polyester, insbesondere PET, schwefelbasierte Polymere, wie zum Beispiel PSU, PPSU, PES oder Poly(meth)acrylimid handeln.

25

Die Wahl der Treibmittel ist relativ frei und bestimmt sich für den Fachmann insbesondere durch die gewählte Schäumungsmethode, die Löslichkeit im Polymer und die Schäumtemperatur. Geeignet sind zum Beispiel Alkohol, wie z.B. Isopropanol oder Butanol, Ketone, wie Aceton oder Methylethylketon, Alkane, wie iso- oder n-Butan, bzw. -Pentan, Hexan, Heptan oder Octan, Alkene, wie zum Beispiel Penten, Hexen, Hepten oder Octen, CO₂, N₂, Wasser, Ether, wie zum Beispiel Diethylether, Aldehyde, wie z.B. Formaldehyd oder Propanal, Fluor(chlor)kohlenwasserstoffe, chemische Treibmittel oder um Mischungen aus mehreren dieser Substanzen.

30

35

Bei den chemischen Treibmitteln handelt es sich um weniger oder nicht flüchtige Substanzen, die unter den Schäumungsbedingungen chemisch zersetzt werden und dabei das eigentliche Treibmittel bilden. Ein sehr einfaches Beispiel dafür stellt tert-Butanol dar, welches unter Schäumungsbedingen Isobuten und Wasser bildet. Weitere Beispiele sind NaHCO₃, Zitronensäure

bzw. deren Derivate, Azodicarbonamid (ADC), bzw. Verbindungen davon ausgehend, Toluolsulfonylhydrazin (TSH), Oxybis(benzosulfohydroazid) (OBSh) oder 5-Phenyl-tetrazol (5-PT).

- Bevorzugt weist der erfindungsgemäße Partikelschaum eine Zugfestigkeit nach ISO1926 größer 0,5 MPa, eine Bruchdehnung nach ISO1926 zwischen 8 und 12 %, ein Schubmodul nach ASTM C273 bei Raumtemperatur größer 8 MPa, eine Schubfestigkeit nach ASTM C273 bei Raumtemperatur größer 0,45 MPa, ein Druck-Modul nach ISO 844 bei Raumtemperatur größer 13 MPa und eine Druckfestigkeit nach ISO 844 bei Raumtemperatur größer 0,4 MPa auf. Bei Anwendung des weiter unten beschriebenen Verfahrens zur Herstellung des Partikelschaums ist es für den Fachmann, unter Erhalt der erfindungsgemäßen Glasübergangstemperatur und Zellgröße einfach, diese mechanischen Eigenschaften einzuhalten. Überraschend wurde darüber hinaus auch gefunden, dass der erfindungsgemäße Partikelschaum unter den in der Luftfahrtindustrie, insbesondere für Verwendung im Innenraum eines Luftfahrzeugs wichtigen Brandschutzbestimmungen bzw. Brandeigenschaften nach FAR 25.852 anwendbar ist.
- Weiterhin sehr überraschend ist, dass alle benötigten Materialeigenschaften, die für die Verwendung in einem Flugzeuginnenraum vorausgesetzt werden, durch einen erfindungsgemäßen Partikelschaum genauso erfüllt werden, wie durch einen entsprechenden Schaum in Plattenform. Für PMI z.B. ist dieser Zusammenhang nicht gegeben, da für dieses Polymethacrylimid Plattenware aus einem Blockschaum die Bedingungen erfüllt, während ein Partikelschaum oft schlechtere mechanische Eigenschaften aufweist als ein Blockschaum. Als besonders überraschender Vorteil hat sich darüber hinaus ergeben, dass ein solcher Partikelschaum im Gegensatz zu einem Blockschaum keine nennenswerte bis gar keine Zellorientierung aufweist. Daraus ergeben sich für einen Partikelschaum in vielen Fällen vorteilhafte isotrope mechanische Eigenschaften, während ein entsprechender Blockschaum oft anisotrope mechanische Eigenschaften dergestalt aufweist, dass diese sich in einer Fläche und einer zu dieser Fläche senkrechten Achse unterscheiden. Je nach spezifischer Anwendung können isotrope mechanische Eigenschaften durchaus vorteilhaft sein, insbesondere, wenn Druckbelastungen gleichmäßig aus verschiedenen Richtungen erfolgen.
- Bevorzugt weisen die erfindungsgemäßen Schaumstoffe einen Schäumungsgrad auf, der eine Reduktion der Dichte gegenüber dem ungeschäumten Material zwischen 1 und 98 %, bevorzugt zwischen 50 und 97 %, besonders bevorzugt zwischen 70 und 95 % ausmacht. Bevorzugt hat der Schaum eine Dichte zwischen 20 und 1000 kg/m³, bevorzugt 40 und 250 kg/m³ insbesondere bevorzugt zwischen 50 und 150 kg/m³.

Neben dem erfindungsgemäßen Partikelschaum sind auch Verfahren zu dessen Herstellung Bestandteil der vorliegenden Erfindung.

- Grundsätzlich gibt es zwei bevorzugte Vorgehen zur Herstellung der erfindungsgemäßen PEI-Partikelschäume. In einer ersten Verfahrensvariante wird eine Zusammensetzung, bestehend aus 80 bis 99,5 Gew% PEI, 0,5 bis 10 Gew% Treibmittel und 0 bis 10 Gew% Additiven mittels einem Extruder mit Lochplatte zu einem geschäumten bzw. schäumbaren Granulat verarbeitet. Dabei
- 5 liegen die Temperaturen zwischen Einzugszone und Schneckenspitze bevorzugt in einem Bereich zwischen 320 und 400 °C. Weiterhin liegt zumeist keine einheitliche Temperatur über diese Strecke vor, sondern beispielsweise ein Gradient mit steigender Temperatur in Förderrichtung der Polymerschmelze. Die Temperatur der Lochplatte liegt dabei zwischen 250 und 350 °C und die
- 10 Massetemperatur beim Austritt durch die Lochplatte zwischen 230 und 360 °C. In dem Extruder erfolgt dabei in der Regel die Beladung mit dem Treibmittel. Das Granulat schäumt dann beim Austritt aus der Lochplatte wenn der Druck in der Unterwassergranulierung geringer ist als die Expansionskraft des Treibmittels. Das so geschäumte Granulat wird dann bevorzugt anschließend zu einem Partikelschaum weiter verarbeitet.
- 15 In einer Variante dieser Ausführungsform kann die Zusammensetzung beim Austritt aus dem Extruder in einen Unterwassergranulator geleitet werden. Dieser ist dabei derart bezüglich einer Kombination aus Temperatur und Druck ausgelegt, dass ein Schäumen verhindert wird. Durch dieses Vorgehen erhält man ein mit Treibmittel beladenes Granulat, welches später durch erneute Energiezufuhr auf die gewünschte Dichte aufgeschäumt und/oder unter optionaler Formgebung zu
- 20 einem Partikelschaumwerkstück weiterverarbeitet werden kann. Der zum Vorschäumen notwendige Energieeintrag kann mittels Kontaktwärme z.B. in einem Umluftofen oder strahlungsbasiert mittels IR- oder Mikrowellenstrahlung erfolgen.
- In einer zweiten Verfahrensvariante zur Herstellung eines PEI-Partikelschaums wird eine
- 25 Zusammensetzung, bestehend aus 90 bis 100 Gew% PEI und 0 bis 10 Gew% Additiven mittels einem Extruder mit Lochplatte ebenfalls zunächst zu einem Granulat verarbeitet, dabei jedoch nicht mit einem Treibmittel beladen. Auch hier liegen die – wieder nicht zwingend gleichmäßigen – Temperaturen zwischen Einzugszone und Schneckenspitze in einem Bereich zwischen 320 und 400 °C. Gleichfalls beträgt die Temperatur der Lochplatte zwischen 250 und 350 °C und die
- 30 Massetemperatur beim Austritt durch die Lochplatte zwischen 230 und 360 °C. Hier wird das Granulat anschließend in einem Autoklaven derart mit einem Treibmittel beladen werden, dass diese darauf zwischen 0,5 und 10 Gew% Treibmittel enthält. Das mit Treibmittel beladene Granulat kann anschließend durch Entspannen und/oder durch Erhitzen auf eine Temperatur von über 200 °C zu einem Partikelschaum geschäumt werden.
- 35 In Bezug auf das eigentliche Schäumen sind dem Fachmann grundsätzlich diverse Methoden zum Schäumen von Polymerzusammensetzungen bekannt, die insbesondere in Bezug auf Methoden für thermoplastische Schäume auf die vorliegende Zusammensetzung anwendbar sind. Zum Beispiel kann die Zusammensetzung bei einer Temperatur zwischen 150 und 250 °C und einem
- 40 Druck zwischen 0,1 und 2 bar aufgeschäumt werden. Bevorzugt erfolgt das eigentliche Schäumen,

wenn nicht in Anschluss an die Extrusion, bei einer Temperatur zwischen 180 und 230 °C in einer Normaldruckatmosphäre.

- In der Variante der späteren Beladung mit einem Treibmittel wird eine Zusammensetzung, noch
5 ohne Treibmittel, in einem Autoklaven bei einer Temperatur z.B. zwischen 20 und 120 °C und
einem Druck z.B. zwischen 30 und 100 bar mit dem Treibmittel beaufschlagt und anschließend
durch Senken des Drucks und Erhöhen der Temperatur auf die Schäumtemperatur im Autoklaven
geschäumt. Alternativ wird die mit dem Treibmittel beaufschlagte Zusammensetzung im
Autoklaven abgekühlt und nach dem Abkühlen entnommen. Diese Zusammensetzung kann dann
10 durch Erhitzen auf die Schäumtemperatur später aufgeschäumt werden. Dies kann beispielsweise
auch unter weiterer Formgebung oder in Verbindung mit anderen Elementen wie Inserts oder
Deckschichten erfolgen.
- 15 Besonders bevorzugt wird der hergestellte Partikelschaum – unabhängig vom verwendeten
Verfahren - anschließend mit einem Deckmaterialien verklebt, vernäht oder verschweißt.
Verschweißt meint dabei, dass durch Erhitzen der Komponenten ein Stoffschluss, bzw. eine
Adhesion zwischen den Materialien, z.B. durch partielles Füllen offener Poren an der
Schaumoberfläche mit Deckmaterial, entsteht.
- 20 Bei dem Deckmaterial kann es sich um Holz, Metalle, Dekorfolien, Compositematerialien, Prepregs
oder andere bekannte Materialien handeln.
- Bei einem späteren Schäumen des eingesetzten Materials, z.B. nach dem Treibmittel-Beladen in
25 einem Autoklaven, kann der hergestellte Partikelschaum alternativ auch in Gegenwart eines
Deckmaterials derart geschäumt werden, dass es mit diesem mittels Verkleben oder Verschweißen
verbunden wird.
- Bei der Verfahrensvariante, bei der die Beladung mit Treibmittel im Extruder erfolgt kann das PEI
30 alternativ auch bei Austritt aus dem Extruder in eine optional beheizte Form, optional enthaltend
Deckmaterialien, gegeben werden. Dabei wird unter Formgebung zu einem Partikelschaum bzw.
einem Verbundmaterial ausgeschäumt. Alternativ kann die Zusammensetzung beim Austritt aus
dem Extruder in eine Schaumspritzvorrichtung geleitet werden. In dieser Vorrichtung wird dann
direkt unter Formgebung aufgeschäumt.
- 35 Unabhängig von den eingesetzten Varianten können die Partikelschäume oder Verbundmaterialien
während des Schäumens mit Inserts versehen werden und/oder Kanäle in den Partikelschaum
eingebaut werden.
- 40 Die erfindungsgemäßen Schaumstoffe, bzw. die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren
hergestellten Schaumstoffe finden in der Konstruktion von Raum- oder Luftfahrzeugen,

insbesondere in deren Interieur oder Exterieur Verwendung. Das kann dabei die Partikelschäume, hergestellt nach erfindungsgemäßen Verfahren oder auch nicht, genauso wie die daraus realisierten Verbundmaterialien umfassen. Insbesondere aufgrund der schweren Entflammbarkeit können die erfindungsgemäßen Schaumstoffe auch im Innenraum dieser Fahrzeuge verbaut
5 werden.

Insbesondere die reinen PEI-Partikelschäume eignen sich insbesondere dazu, im Innenbereich eines Luftfahrzeugs eingebaut zu werden. Luftfahrzeug umfasst dabei insbesondere neben Jets oder Kleinflugzeugen auch Hubschrauber oder sogar Raumfahrzeuge. Beispiele für den Verbau im
10 Innenraum eines solchen Luftfahrzeugs sind zum Beispiel die herausklappbaren Tablett auf der Sitzrückseite einer Passagiermaschine, die Füllung eines Sitzes oder einer Zwischenwand, sowie beispielsweise in innenliegenden Türen.

Partikelschäume auf Basis eines Blends, enthaltend PEI sind darüber hinaus auch dazu geeignet, auch im Außenbereich eines Luftfahrzeugs eingebaut zu werden. Außenbereich meint dabei nicht
15 nur als Füllung in der Außenhaut eines Luftfahrzeugs, sondern insbesondere auch in einer Flugzeugnase, im Heckbereich, in den Tragflächen, in den Außentüren, in den Rudern oder in Rotorblättern.