



(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2015 225 656.1

(22) Anmelddatum: 17.12.2015

(43) Offenlegungstag: 22.06.2017

(51) Int Cl.: **B29C 70/42 (2006.01)**

**B29C 70/44 (2006.01)**

**B29C 33/68 (2006.01)**

**B29C 33/76 (2006.01)**

**B29C 33/44 (2006.01)**

**B29C 33/52 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft,  
80809 München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE 27 47 910 A1

DE 43 08 370 A1

DE 10 2005 020 274 A1

DE 10 2006 031 323 A1

DE 10 2009 027 049 A1

(72) Erfinder:

**Reucher, Griet, 84034 Landshut, DE**

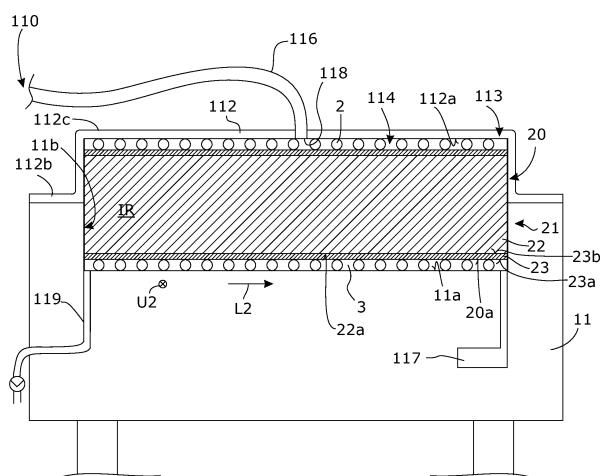
Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines faserverstärkten Hohlprofil-Bauteils**

(57) Zusammenfassung: Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zur Herstellung eines faserverstärkten Hohlprofil-Bauteils (1) vorgesehen, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

- Aufbauen von Unterdruck in einem geschlossenen Formungsabschnitt (114) eines durch eine Vakuumfolie (112) begrenzten Formungsraums (113), in dem ein Formungsgebilde (20) gelegen ist, wobei in dem Formungsabschnitt (114) eine Faserschicht (2) gelegen ist, wobei das Formungsgebilde (20) einen Formungs-Innenkern (21) aufweist, der aus einem Schaumkern-Teil (22) und einer sich entlang einer Faserschicht-Längsrichtung (L2) erstreckenden und das Schaumkern-Teil (22) in der Faserschicht-Umfangsrichtung (U2) zum mindesten abschnittsweise umschließenden und an diesem anliegenden Trennfolie (23) gebildet ist,
- durch Entstehen von Unterdruck in dem Formungsabschnitt (114) Einführen von Matrix-Material durch eine Zufuhröffnung (118) in den Formungsabschnitt (114),
- durch Anlegen von Temperatur in einem vorgegebenen Temperaturbereich über einen vorgegebenen Zeitraum Härt(en) des Matrix-Materials und dadurch Ausbildung einer einen Bauteil-Innenraum (IR) definierenden Bauteilwandung (4) mit einer Matrix-Materialschicht (3), die die Faserschicht (2) enthält,
- Entfernen zum mindesten des Schaumkern-Teils (22) aus dem Bauteil-Innenraum (IR).



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines faserverstärkten Hohlprofil-Bauteils, insbesondere eines Hohlprofil-Bauteils für ein Kraftfahrzeug.

**[0002]** Faserverstärkte Hohlprofil-Bauteile werden in Kraftfahrzeugen insbesondere als Strukturbauenteile für die Dachkonstruktion eingesetzt. Daher müssen diese Bauteile einerseits hohe Anforderungen an die mechanische Festigkeit erfüllen. Zusätzlich werden auch bei Bodenfahrzeugen in zunehmendem Maße Anforderungen hinsichtlich eines geringen Bauteilgewichts gestellt.

**[0003]** Aus dem generellen Stand der Technik ist es bekannt, zur Herstellung von faserverstärkten Hohlprofil-Bauteilen ein Vakuumverfahren zu verwenden.

**[0004]** Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren bereitzustellen, mit dem ein faserverstärktes Hohlprofil-Bauteil mit hoher Qualität und geringem Gewicht auf effiziente Weise herstellbar ist.

**[0005]** Diese Aufgabe wird jeweils durch ein Verfahren mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen sind in den auf diesen rückbezogenen Unteransprüchen angegeben.

**[0006]** Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zur Herstellung eines faserverstärkten Hohlprofil-Bauteils vorgesehen, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

- Formungsraum Aufbauen von Unterdruck in einem geschlossenen Formungsabschnitt eines durch eine Vakuumfolie begrenzten Formungsraums, in dem ein Formungsgebilde gelegen ist, wobei der Formungsabschnitt zwischen dem Formungsgebilde und der Vakuumfolie gelegen ist und in dem Formungsabschnitt eine Faserschicht gelegen ist, die sich an dem Formungsgebilde anliegend in einer Faserschicht-Längsrichtung erstreckt und dieses in einer quer zu dieser gerichteten Faserschicht-Umfangsrichtung umschließt, wobei das Formungsgebilde einen Formungs-Innenkern aufweist, der aus einem Schaumkern-Teil und einer sich entlang der Faserschicht-Längsrichtung erstreckenden und das Schaumkern-Teil in der Faserschicht-Umfangsrichtung zumindest abschnittsweise umschließenden und an diesem anliegenden Trennfolie gebildet ist,
- durch Entstehen von Unterdruck in dem Formungsabschnitt Einführen von Matrix-Material durch eine Zuführöffnung in den Formungsabschnitt,
- durch Anlegen von Temperatur in einem vorgegebenen Temperaturbereich über einen vorgegebenen Zeitraum Härtung des Matrix-Materials

und dadurch Ausbildung einer einen Bauteil-Innenraum definierenden Bauteilwandung mit einer Matrix-Materialschicht, die die Faserschicht enthält,  
– Entfernen zumindest des Schaumkern-Teils aus dem Bauteil-Innenraum.

**[0007]** Hierbei kann das Formungsgebilde von die Faserschicht bildenden Fasern insbesondere umwobt, umwickelt, umflochten sein.

**[0008]** Erfindungsgemäß ist weiterhin ein Verfahren zur Herstellung eines faserverstärkten Hohlprofil-Bauteils vorgesehen, das die folgenden Schritte aufweist:

- Aufbauen von Unterdruck in einem geschlossenen Formungsabschnitt eines durch eine Vakuumfolie begrenzten Formungsraums, in dem ein Formungsgebilde gelegen ist, wobei der Formungsabschnitt zwischen dem Formungsgebilde und der Vakuumfolie gelegen ist und in dem Formungsabschnitt eine aus Verstärkungsfasern und Matrixmaterial gebildete Faserschicht gelegen ist, die sich an dem Formungsgebilde anliegend in einer Faserschicht-Längsrichtung erstreckt und dieses in einer quer zu dieser gerichteten Faserschicht-Umfangsrichtung umschließt,
- wobei das Formungsgebilde einen Formungs-Innenkern aufweist, der aus einem Schaumkern-Teil und einer sich entlang der Faserschicht-Längsrichtung erstreckenden und das Schaumkern-Teil in der Faserschicht-Umfangsrichtung zumindest abschnittsweise umschließenden und an diesem anliegenden Trennfolie gebildet ist,
- durch Anlegen von Temperatur in einem vorgegebenen Temperaturbereich über einen vorgegebenen Zeitraum Härtung des Matrix-Materials und dadurch Ausbildung einer einen Bauteil-Innenraum definierenden Bauteilwandung mit einer Matrix-Materialschicht, die die Faserschicht enthält,
- Entfernen zumindest des Schaumkern-Teils aus dem Bauteil-Innenraum.

**[0009]** Bei einer Ausführungsform dieses erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass durch das Entstehen von Unterdruck in dem Formungsabschnitt Matrix-Material durch eine Zuführöffnung in den Formungsabschnitt eingeführt wird.

**[0010]** Bei jedem der erfindungsgemäßen Verfahren kann das Formungsgebilde oder Halbzeug von der Vakuumfolie ganz umschlossen sein oder teilweise zusammen mit einer Auflage, die z.B. durch ein Werkzeugteil gebildet sein kann, begrenzt sein.

**[0011]** Bei jedem der erfindungsgemäßen Verfahren kann vorgesehen sein, dass die Trennfolie des For-

mungs-Innenkerns über ihre gesamte Erstreckung an der Faserschicht anliegt.

**[0012]** Alternativ hierzu kann bei jedem der erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen sein, dass die Trennfolie des Formungs-Innenkerns über ihre gesamte Erstreckung von einem Formkern-Zwischengebilde umgeben ist, das zwischen der Trennfolie und der Faserschicht gelegen ist und an diesen jeweils über ihre gesamte Erstreckung anliegt.

**[0013]** Nach einer weiteren Alternative kann bei jedem der erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen sein, dass die Trennfolie in zumindest einem ersten Faserschicht-Anlageabschnitt an der Faserschicht anliegt und zumindest ein Formkern-Zwischengebilde in einem jeweiligen, in Bezug auf die Faserschicht-Längsrichtung seitlich des ersten Faserschicht-Anlageabschnitts gelegenen zweiten Faserschicht-Anlageabschnitt an der Faserschicht anliegt, wobei das Formkern-Zwischengebilde zwischen der Trennfolie und der Faserschicht an dieser ebenfalls anliegend angeordnet ist.

**[0014]** Bei jedem der erfindungsgemäßen Verfahren kann weiterhin vorgesehen sein, dass das Entfernen des Schaumkern-Teils durch Herausziehen desselben aus dem Bauteil-Innenraum erfolgt und anschließend die Trennfolie aus dem Bauteil-Innenraum entfernt wird.

**[0015]** Alternativ hierzu kann bei jedem der erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen sein, dass das Entfernen des Schaumkern-Teils durch gleichzeitiges Herausziehen des Schaumkern-Teils und der Trennfolie erfolgt.

**[0016]** Nach einer weiteren Alternative kann bei jedem der erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen sein, dass das Entfernen des Schaumkern-Teils durch abrasives Abtragen mit einem Gas-Feststoffstrahl erfolgt.

**[0017]** Nach einer weiteren zusätzlichen Alternative kann bei jedem der erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen sein, dass das Entfernen des Schaumkern-Teils durch chemisches Lösen mit einem Lösungsmittel erfolgt.

**[0018]** Wenn das Entfernen des Schaumkern-Teils durch abrasives Abtragen oder chemisches Lösen mit einem Lösungsmittel erfolgt, kann weiterhin vorgesehen sein, dass nach dem Entfernen des Schaumkern-Teils die Trennfolie aus dem Bauteil-Innenraum entfernt wird.

**[0019]** Weiterhin kann bei jedem der erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen sein, dass der Formungs-Innenkern ein aus mehreren Schaumkern-

Teilstücken zusammengesetztes Schaumkern-Teil aufweist.

**[0020]** Wenn die Trennfolie an einem Zwischengebilde anliegt, kann vorgesehen sein, dass das Formkern-Zwischengebilde aus mehreren Zwischengebilde-Teilen gebildet ist.

**[0021]** Wenn die Trennfolie an einem Zwischengebilde anliegt, kann weiterhin vorgesehen sein, dass das Formkern-Zwischengebilde aus zumindest einem Zwischengebilde-Kernteil und einer sich entlang der Faserschicht-Längsrichtung erstreckenden und das jeweilige Zwischengebilde-Kernteil in der Faserschicht-Umfangsrichtung umschließenden und an diesem anliegenden Zwischengebilde-Trennfolie gebildet ist.

**[0022]** Bei jedem der erfindungsgemäßen Verfahren kann vorgesehen sein, dass eine oder mehrere der folgenden Komponenten aus einem Hartschaum-Material gebildet sind:

- (a) das Schaumkern-Teil,
- (b) das Zwischengebilde.

**[0023]** Weiterhin kann bei jedem der erfindungsgemäßen Verfahren vorgesehen sein, dass die Trennfolie aus einem oder mehreren der folgenden Materialien gebildet ist oder diese aufweist:

- Copolymer-Material,
- Polyamid oder Polyamid-Mischungen,
- Polyolefine,
- Polyurethan,
- Teflon,
- Polyether-Blockamide,
- Polyethylenterephthalat,
- Polyvinylchlorid-Folien,
- Nylon.

**[0024]** Der Ausdruck „entlang“ kann hierin im Zusammenhang mit den hierin genannten Richtungsangaben, die den Verlauf einer Konturlinie oder einer Oberfläche betreffen können, oder die eine Richtung einer mechanischen Komponente wie einer Achse oder Welle betreffen können, insbesondere bedeuten, dass die Tangente an die jeweilige Konturlinie oder an die jeweilige Oberfläche in deren Verlauf gemäß der Richtungsangabe bzw. die Längserstreckung und z.B. Mittelachse der mechanischen Komponente lokal mit einem Winkel von maximal 45 Grad und vorzugsweise von maximal 30 Grad von einer Bezugsrichtung oder Bezugsachse abweicht, auf die bzw. der die jeweilige Richtungsangabe bezogen ist.

**[0025]** Der Ausdruck „quer“ kann hierin im Zusammenhang mit den hierin genannten Richtungsangaben, die den Verlauf einer Konturlinie oder einer Oberfläche betreffen können, oder die eine Richtung einer mechanischen Komponente wie einer Achse oder Welle betreffen können, insbesondere bedeu-

ten, dass die Tangente an die jeweilige Konturlinie oder an die jeweilige Oberfläche in deren Verlauf gemäß der Richtungsangabe bzw. die Längserstreckung und z.B. Mittelachse der mechanischen Komponente lokal mit einem Winkel von minimal 45 Grad und vorzugsweise von minimal 30 Grad von einer Bezugsrichtung oder Bezugsachse abweicht, auf die bzw. der die jeweilige Richtungsangabe bezogen ist.

**[0026]** Unter „Fasern“ werden hierin insbesondere Verstärkungsfasern verstanden, die in einem Bauteil wesentlichen Einfluss auf dessen Festigkeit haben.

**[0027]** Im Folgenden werden Ausführungsformen der Erfindung anhand der beiliegenden Figuren beschrieben. Es zeigt:

**[0028]** **Fig. 1** eine Schnittansicht durch eine Herstellungs-Vorrichtung während der Durchführung eines ersten Schritts des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines faserverstärkten Hohlprofil-Bauteils gemäß einer ersten Ausführungsform, wobei die Herstellungs-Vorrichtung eine Matrixmaterial-Zuführleitung zur Zuführung von Matrixmaterial in einen Formungsraum, in dem eine Faserschicht gelegen ist, aufweist,

**[0029]** **Fig. 2** eine Schnittansicht durch eine zu der in der **Fig. 1** gezeigten alternativen Herstellungs-Vorrichtung während der Durchführung eines ersten Schritts des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines faserverstärkten Hohlprofil-Bauteils gemäß einer zweiten Ausführungsform, wobei die Herstellungs-Vorrichtung keine Matrixmaterial-Zuführleitung zur Zuführung von Matrixmaterial in einen Formungsraum, in dem eine Faserschicht gelegen ist, aufweist,

**[0030]** **Fig. 3** eine Schnittansicht eines Zwischenprodukts zur Bildung des Hohlprofil-Bauteils nach der Entnahme aus der Herstellungs-Vorrichtung der **Fig. 1** oder der **Fig. 2**,

**[0031]** **Fig. 4** einen letzten Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem ein Entfernen eines Schaumkern-Teils aus einem Bauteil-Innenraum des Hohlprofil-Bauteils erfolgt,

**[0032]** **Fig. 5** das Entfernen des Schaumkern-Teils aus dem Bauteil-Innenraum in einer zu der in **Fig. 4** gezeigten alternativen Weise,

**[0033]** **Fig. 6** eine Schnittansicht eines mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Hohlprofil-Bauteils,

**[0034]** **Fig. 7** eine Schnittansicht durch eine Herstellungs-Vorrichtung während der Durchführung eines ersten Schritts einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung

eines faserverstärkten Hohlprofil-Bauteils, wobei die Herstellungs-Vorrichtung eine Matrixmaterial-Zuführleitung zur Zuführung von Matrixmaterial in einen Formungsraum, in dem eine Faserschicht gelegen ist, aufweist

**[0035]** **Fig. 8** eine Schnittansicht eines gemäß der in **Fig. 7** gezeigten Ausführungsform hergestellten Zwischenprodukts zur Bildung des Hohlprofil-Bauteils nach der Entnahme aus der Herstellungs-Vorrichtung,

**[0036]** **Fig. 9** das Entfernen des Schaumkern-Teils aus dem Bauteil-Innenraum des gemäß der in **Fig. 7** gezeigten Ausführungsform hergestellten Zwischenprodukts,

**[0037]** **Fig. 10** das Entfernen des Schaumkern-Teils aus dem Bauteil-Innenraum in einer zu der in **Fig. 9** gezeigten alternativen Weise,

**[0038]** **Fig. 11** eine Schnittansicht einer nach der zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellten Hohlprofil-Bauteils,

**[0039]** **Fig. 12** eine Schnittansicht eines gemäß einer dritten Ausführungsform hergestellten Zwischenprodukts zur Bildung des Hohlprofil-Bauteils nach dem Öffnen der Formwerkzeug-Vorrichtung,

**[0040]** **Fig. 13** das Entfernen des Schaumkern-Teils aus dem Bauteil-Innenraum des Zwischenprodukts der **Fig. 14**,

**[0041]** **Fig. 14** eine Schnittansicht eines nach der dritten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellten Hohlprofil-Bauteils,

**[0042]** **Fig. 15** eine Schnittansicht eines gemäß einer Variante der ersten Ausführungsform hergestellten Zwischenprodukts zur Bildung des Hohlprofil-Bauteils nach der Entnahme aus der Formwerkzeug-Vorrichtung,

**[0043]** **Fig. 16** das Entfernen des Schaumkern-Teils aus dem Bauteil-Innenraum des Zwischenprodukts der **Fig. 15**,

**[0044]** **Fig. 17** eine Schnittansicht eines nach der Variante der ersten Ausführungsform gemäß der **Fig. 15** des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellten Hohlprofil-Bauteils.

**[0045]** **Fig. 1** zeigt einen ersten Schritt eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines faserverstärkten Hohlprofil-Bauteils 1. In diesem Schritt wird in einem Formungsabschnitt 114 eines durch eine Vakuumfolie 112 begrenzten Formungsraums 113 Unterdruck erzeugt und dadurch über eine Matrix-

material-Zuleitung **116** ein Matrix-Material in den Formungsabschnitt **114** eingeführt.

**[0046]** Bei der in der **Fig. 1** gezeigten Ausführungsform der Herstellungs-Vorrichtung weist diese ein erstes Werkzeugteil **11** und eine Vakuumfolie **112** auf. Das erste Werkzeugteil **11** weist eine Werkzeug-Konturoberfläche **11a** auf, in die eine Vertiefung **11b** ausgebildet ist. Auf dem ersten Werkzeugteil **11** ist ein zweites Werkzeugteil in Form einer Vakuumfolie **112** gelegen, die mit dem ersten Werkzeugteil **11** in einem umlaufenden Dichtungsbereich **112b** dicht, insbesondere fluiddicht, verbunden ist, so dass deren Innenfläche **112a** mit der Werkzeug-Konturoberfläche **11a** einen Formungsraum **113** ausbilden. Die Vakuumfolie **112** kann in dem Dichtungsbereich **112b** beispielsweise durch einen Klebstoff mit dem ersten Werkzeugteil **11** verbunden sein. Auch kann vorgesehen sein, dass die Vakuumfolie **112** mit einer Klemmvorrichtung, z.B. in Form eines Rahmens, an das erste Werkzeugteil **11** angedrückt oder an dieses angeklemmt wird. Die Innenfläche **112a** der Vakuumfolie **112** ist der Werkzeug-Konturoberfläche **11a** zugewandt orientiert. Insbesondere definieren die Werkzeug-Konturoberfläche **11a** und die Innenfläche **112a** der Vakuumfolie **112** eine Außenfläche **1a** des herzustellenden Hohlprofil-Bauteils **1**. In dem Formungsraum **113** ist ein Formungsgebilde **20** gelegen. Bei der in der **Fig. 1** gezeigten Ausführungsform ist das Formungsgebilde **20** teilweise in der Vertiefung **11b** gelegen. Dieses definiert eine geschlossene Innenfläche **1b** des herzustellenden Hohlprofil-Bauteils **1**.

**[0047]** Der Formungsabschnitt **114** ist zwischen dem Formungsgebilde **20** und einer Formungsabschnitt-Umgrenzung gelegen, die von der Werkzeug-Konturoberfläche **11a** sowie einem Anlageabschnitt **112c** der Vakuumfolie **112**, der von dem Dichtungsbereich **112b** derselben umschlossen ist, gebildet ist, so dass sich der Formungsabschnitt **114** insbesondere zwischen diesen erstreckt. Insbesondere erstreckt sich der Formungsabschnitt **114** zwischen einer äußeren Oberfläche **20a** des Formungsgebildes **20** und der Formungsabschnitt-Umgrenzung aus der Werkzeug-Konturoberfläche **11a** und dem Anlageabschnitt **112c** der Vakuumfolie **112**.

**[0048]** Wie in den **Fig. 1** und **Fig. 7** gezeigt, weist die Herstellungs-Vorrichtung **110** eine in den Formungsraum **113** und insbesondere in den Formungsabschnitt **114** einmündende Matrixmaterial-Zuführleitung **116** auf, die wie in den **Fig. 1** und **Fig. 6** gezeigt, durch die Vakuumfolie **112** und insbesondere den Anlageabschnitt **112c** der Vakuumfolie **112** hindurch mündet. Alternativ oder zusätzlich dazu kann vorgesehen sein, dass sich die Matrixmaterial-Zuführleitung **116** durch das Werkzeugteil **11** hindurch erstreckt und durch dessen Werkzeug-Konturoberfläche **11a** in den Formungsraum **113** einmündet. An

die Material-Zuführleitung **116** ist eine Material-Zuführvorrichtung (nicht gezeigt), z.B. in Form eines Matrixmaterial-Vorratsbehälters, angeschlossen, die ein Ventil aufweisen kann, um die Zufuhr von Matrixmaterial in den Formungsraum **113** im gesperrten Zustand zu verhindern und im offenen Zustand zu zulassen. Weiterhin weist die Herstellungs-Vorrichtung **110** eine Vakuumleitung **119** auf, die in den Formungsabschnitt **114** einmündet, wobei sich die Vakuumleitung **119** quer durch den Anlageabschnitt **112c** der Vakuumfolie **112** oder das Werkzeugteil **11** hindurch erstreckt und durch dessen Werkzeug-Konturoberfläche **11a** in den Formungsraum **113** einmündet. Durch die Vakuumleitung **119** kann Unterdruck an dem Formungsabschnitt **114** angelegt werden, wodurch über die Matrixmaterial-Zuführleitung **116** in den Formungsabschnitt **114** angesaugt wird und eintreten kann.

**[0049]** Bei den erfindungsgemäßen Ausführungsformen der Herstellungs-Vorrichtung kann jeweils zusätzlich eine halb-durchlässige Membran (nicht dargestellt) zwischen der Faserschicht **2** und der Vakuumfolie **112** angeordnet sein, wobei die Matrixmaterial-Zuführleitung **116** sich quer durch die Vakuumfolie **112** hindurch erstreckt und in einer entsprechenden Öffnung der halb-durchlässigen Membran in den Formungsabschnitt **114** einmündet. Bei dieser Ausführungsform mündet die Vakuumleitung **119** in der Vakuumfolie **112** in den Raum zwischen der Vakuumfolie **112** und der halb-durchlässigen Membran ein. Die Vakuumfolie **112** kann in einem weiteren Dichtungsbereich an dem Werkzeug **11** gegenüber dem Werkzeug **11** umschließend abgedichtet sein. Alternativ oder zusätzlich dazu kann die Vakuumfolie **112** gegenüber der Vakuumfolie **112** abschnittsweise bzw. umschließend abgedichtet sein.

**[0050]** Zum Eintreten des Matrix-Materials in den Formungsabschnitt **114** wird durch Absaugen von Luft durch die Vakuumleitung **119** aus dem Formungsabschnitt **114** in diesem Unterdruck erzeugt und das Ventil z.B. mittels einer Steuervorrichtung geöffnet, so dass die Zufuhr von flüssigem Matrix-Material durch die Material-Zuführleitung **116** in den Formungsabschnitt **114** erfolgen kann. Die Formwerkzeug-Vorrichtung **10** kann außerdem zum mindesten eine Material-Aufnahmeverrichtung **117** zur Aufnahme von überschüssigem Matrix-Material aufweisen.

**[0051]** In dem Formungsabschnitt **114** ist, wie in **Fig. 1** gezeigt, eine Faserschicht **2** gelegen. Diese erstreckt sich in einer Faserschicht-Längsrichtung **L2** und umschließt das Formungsgebilde **20** in einer quer zu der Faserschicht-Längsrichtung **L2** gerichteten Faserschicht-Umfangsrichtung **U2**. Dabei liegt die Faserschicht **2** an dem Formungsgebilde **20** an. Insbesondere liegt die Faserschicht **2** flächig an der äußeren Oberfläche **20a** des Formungsgebildes **20** an. Durch Anlegen von Unterdruck in dem Formungs-

abschnitt **114** über die Vakuumleitung **119** legt sich der Anlageabschnitt **112c** der Vakuumfolie **112** an die Faserschicht **2** an und kann dabei eine formgebende Funktion ausführen.

**[0052]** Bei der Herstellungs-Vorrichtung kann das Werkzeugteil **11** als Auflagevorrichtung und z.B. als Auflageplatte (nicht gezeigt) ausgeführt sein, so dass das Formungsgebilde **20** nicht teilweise von einer Vertiefung **11b** aufgenommen ist. In diesem Fall ist der Verbindungsabschnitt **11b** auf der Auflageplatte gelegen und der Anlageabschnitt **112c** umschließt luftdicht einen größeren Bereich des Formungsgebilde **20**. Auch kann vorgesehen sein, dass die Vakuumfolie **112** das Formungsgebilde **20** vollständig umschließt oder nur in einem Längsabschnitt das Formungsgebilde **20** vollständig umschließt.

**[0053]** Die Faserschicht **2** ist aus einer Vielzahl von Fasern, insbesondere Verstärkungfasern, gebildet. Als Fasern können insbesondere zugfeste und steife Fasern verwendet werden. Die Verstärkungfasern können aus einem oder mehrere der folgenden Stoffe gebildet sein oder bestehen: Amid, Aramid, Glas, Kohlenstoff, Silicium, Bor oder Graphit. Die Fasern können sich jeweils in der Faserschicht-Umfangsrichtung U2 oder in der Faserschicht-Längsrichtung L2 erstrecken. Auch können sich einzelne Fasern in Faserschicht-Umfangsrichtung U2 und einzelne Fäden in der Faserschicht-Längsrichtung L2 erstrecken.

**[0054]** Die Anordnung der Fasern kann derart ausgeführt sein, dass diese zumindest einen Teilabschnitt der äußeren Oberfläche **20a** des Formungsgebildes **20** zumindest abschnittsweise umwickeln oder umweben oder umflechten. Auch kann die Faserschicht aus zumindest einer ersten Faser-Teilschicht gebildet sein, in der die Fasern den Teilabschnitt umwickeln, und aus zumindest einer von der äußeren Oberfläche **20a** aus gesehen über oder unter der ersten Faserschicht gelegenen zweiten Faser-Teilschicht gebildet sein, in der die Fasern den Teilabschnitt umweben.

**[0055]** Der Teilabschnitt der äußeren Oberfläche **20a** oder die gesamte äußere Oberfläche **20a** kann als eine zumindest bereichsweise oder über ihre gesamte flächige Erstreckung konvex geformte Form-Oberfläche ausgeführt sein.

**[0056]** Die Fasern können zumindest teilweise auch zu Rovings gebildet sein, so dass die Rovings die Oberfläche **20a** zumindest abschnittsweise umwickeln und/oder umweben und/oder umflechten.

**[0057]** Die Faserschicht **2** kann durch Aufwickeln, Umflechten oder Aufweben der Fasern oder Rovings als Trockenfaser-Material auf die äußere Oberfläche **20a** des Formungsgebildes **20** gebildet sein. Bei der Verwendung von Trockenfaser-Material kann vorge-

sehen sein, dass dieses vor der Einführung desselben in die Formwerkzeug-Vorrichtung **10** mit Matrix-Material versehen wird. Dabei kann z.B. vorgesehen sein, dass das Trockenfaser-Material durch ein Tränkbad mit Matrix-Material geführt oder mit Matrix-Material z.B. durch Benetzen oder Besprühen versehen wird.

**[0058]** Alternativ oder zusätzlich zu diesen Ausführungen kann die Faserschicht **2** durch Auflegen von zumindest eines ebenen, d.h. flachen oder bandförmigen oder mattenförmigen Vorgeleges aus Trockenfaser- oder Prepreg-Material erzeugt werden. Bei der Verwendung von Prepreg-Halbzeugen, also mit einem Matrix-Material vorimprägnierten Halbzeugen aus Faseranordnungen, sind die textilen Fasern oder Gelege bereits mit Matrix-Material versehen. Bei dieser Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann eine Herstellungs-Vorrichtung **110** verwendet werden, die keine Matrixmaterial-Zuleitung **116**, wie sie in der Herstellungs-Vorrichtung nah der **Fig. 1** vorgesehen ist, aufweist.

**[0059]** Die **Fig. 2** zeigt einen ersten Schritt eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines faserverstärkten Hohlprofil-Bauteils **1** mit einer derartigen Herstellungs-Vorrichtung **110** ohne Matrixmaterial-Zuleitung **116**. In diesem Schritt wird in einem Formungsabschnitt **114** eines durch eine Vakuumfolie **112** begrenzten Formungsraums **113** Unterdruck erzeugt und dadurch über eine Matrixmaterial-Zuleitung **116** ein Matrix-Material in den Formungsabschnitt **114** eingeführt.

**[0060]** Weiterhin können eine Auswahl oder Kombination von Rovings, Fabrics, textilen Gelegen, Prepregs und/oder Fäden als Halbzeug verwendet werden.

**[0061]** Als Matrix-Material **2** können generell Harze oder duroplastische Materialien wie ungesättigte Polyesterharze (UP), Epoxidharze (EP) oder Vinylester (VE) oder thermoplastische Materialien wie Polypropylen (PP), Polyamid (PA), Polyetheretherketon (PEEK) verwendet werden. Auch kann als Matrix-Material eine Metallschmelze verwendet werden.

**[0062]** In den Figuren ist die Faserschicht **2** lediglich schematisch dargestellt, wobei die einzelnen Fasern aus Deutlichkeitsgründen mit einem im Verhältnis zu den Bauteildimensionen zu großen Durchmesser und in zu geringer Anzahl abgebildet sind.

**[0063]** Das Formungsgebilde **20** weist allgemein einen Formungs-Innenkern **21** auf, der aus einem Schaumkern-Teil **22** und einer an diesem anliegenden Trennfolie **23** gebildet ist. Die Trennfolie **23** erstreckt sich entlang der Faserschicht-Längsrichtung L2 und umschließt das Schaumkern-Teil **22** in der Faserschicht-Umfangsrichtung U2 zumindest ab-

schnittsweise. Hierbei liegt die Trennfolie **23** insbesondere mit einer Innenoberfläche **23a** an einer Außenoberfläche **22a** des Schaumkernteils **22** an.

**[0064]** Die Trennfolie **23** kann aus mehreren Trennfolien-Teilstücken die in Bezug auf die Faserschicht-Längsrichtung L2 oder die Faserschicht-Umfangsrichtung U2 nebeneinander und insbesondere aneinander anschließend gelegen sind. Es kann jedoch auch vorteilhaft sein, dass die Trennfolien-Teilstücke in Bezug auf die Faserschicht-Längsrichtung L2 oder die Faserschicht-Umfangsrichtung U2 beabstandet zueinander gelegen sind.

**[0065]** Vorteilhafterweise kann vorgesehen sein, dass sich die Trennfolie **23** über die gesamte Längserstreckung des Schaumkern-Teils **22** entlang der Faserschicht-Längsrichtung L2 erstreckt. Dabei liegt die Trennfolie **23** mit der Innenoberfläche **23a** insbesondere derart an der Außenoberfläche **22a** des Schaumkern-Teils **22** an, dass in Bezug auf die Faserschicht-Längsrichtung L2 die Außenoberfläche **22a** insgesamt abgedeckt ist. Bevorzugt erstreckt sich die Trennfolie **23** dabei durchgehend entlang der Faserschicht-Längsrichtung L2 über das Schaumkern-Teil **22**. Weiterhin kann vorgesehen sein, dass sich die Trennfolie **23** auch nur abschnittsweise über das Schaumkern-Teil **22** erstreckt, insbesondere wenn die Trennfolie **23** beispielsweise Ausnahmungen am Rand oder im inneren Bereich aufweist.

**[0066]** Alternativ kann sich die Trennfolie **23** in Bezug auf die Längserstreckung nur über einen oder mehrere einzelne Abschnitte in Längserstreckung des Schaumkern-Teils **22**, beispielsweise über 70 % der Längserstreckung, erstrecken. Hierbei kann vorgesehen sein, dass sich Trennfolie in Bezug auf die Faserschicht-Längsrichtung L2 über einen mittleren Abschnitt der Längserstreckung des Schaumkern-Teils **22** – z.B. 80 % – erstreckt, während an in Bezug auf die Faserschicht-Längsrichtung L2 seitlich des mittleren Abschnitts gelegene Endabschnitte des Schaumkern-Teils **22** – z.B. jeweils 10 % – nicht von der Trennfolie **23** abgedeckt sind. Auch kann vorgesehen sein, dass sich die Trennfolie **23** von einem der Endabschnitte des Schaumkern-Teils **22** aus über einen Teil der Längserstreckung des Schaumkern-Teils **22** erstreckt und der jeweils entgegengesetzte Endabschnitt des Schaumkern-Teils **22** nicht von der Trennfolie **23** abgedeckt ist. Insbesondere kann sich die Trennfolie **23** oder das Trennfolien-Teilstück dabei in dem jeweiligen Abschnitt durchgehend entlang der Faserschicht-Längsrichtung L2 erstrecken. Weiterhin kann die Trennfolie **23** oder das Trennfolien-Teilstück sich auch nur abschnittsweise in dem jeweiligen Abschnitt erstrecken, wenn die Trennfolie **23** oder das Trennfolien-Teilstück beispielsweise Ausnahmungen aufweist.

**[0067]** In Bezug auf die Faserschicht-Umfangsrichtung U2 umschließt die Trennfolie **23** oder umschließen gegebenenfalls die Trennfolien-Teilstücke das Schaumkern-Teil **22** insgesamt. Alternativ kann auch vorgesehen sein, dass die Trennfolie **23** sich in der Faserschicht-Umfangsrichtung U2 nur über einen Umfangs-Teilabschnitt des Schaumkern-Teils **22** erstreckt. Insbesondere kann sich die Trennfolie **23** oder das Trennfolien-Teilstück dabei in dem jeweiligen Umfangs-Teilabschnitt durchgehend entlang der Faserschicht-Umfangsrichtung U2 erstrecken. Weiterhin kann die Trennfolie **23** oder das Trennfolien-Teilstück sich auch nur abschnittsweise in dem jeweiligen Abschnitt erstrecken, wenn die Trennfolie **23** oder das Trennfolien-Teilstück beispielsweise Ausnahmungen aufweist.

**[0068]** Die Trennfolie **23** kann mit dem Schaumkern-Teil **22** verbunden sein, insbesondere flächig, z.B. mittels eines zwischen dem Schaumkern-Teil **22** und der Trennfolie **23** aufgebrachten Klebstoffs. Auch kann vorgesehen sein, dass die Trennfolie **23** lediglich lose an dem Schaumkern-Teil **22** anliegt und an diesem beispielsweise kraftschlüssig gehalten ist. Dies kann dadurch realisiert sein, dass die Trennfolie **23** derart auf das Schaumkern-Teil **22** aufgezogen oder aufgeschrumpft ist, dass die Innenoberfläche **23b** der Trennfolie **23** einen Druck auf die Außenoberfläche **22a** des Schaumkern-Teils **22** ausübt.

**[0069]** Die Trennfolie **23** kann insbesondere aus einem Copolymer-Material oder allgemein aus einem Kunststoffmaterial gebildet sein. In Betracht kommen insbesondere Folien aus Polyamid, Polyamid-Mischungen, Polyolefinen oder dergleichen. Weiterhin können Polyurethan-Folien (PU-Folien), Teflon-Folien (PTFE-Folien), Polyether-Blockamid-Folien, Polyethylenterephthalat-Folien (PET-Folien), Polyvinylchlorid-Folien (PVC-Folien) oder dergleichen verwendet werden. Auch Nylonfolien kommen als Trennfolie **23** in Betracht. Bei Verwendung einer oder mehrerer dieser Materialen passt sich die Trennfolie **23** sehr gut der Kontur der Außenoberfläche **22a** des Schaumkernteils **22** an und somit kann ein optimierter Herstellungsprozess gewährleistet werden.

**[0070]** Insbesondere Folien aus Polyamid, Polyamid-Mischungen, Polyolefinen oder Nylon weisen eine besonders hohe Elastizität und Dehnbarkeit bei gleichzeitig guter Kraftübertragung auf. Beispielsweise kann die Folie eine Bruchdehnung bezogen auf die ursprüngliche Länge der Folie zwischen 80 % und 800%, insbesondere zwischen 80 % und 300 %, bevorzugt zwischen 90 % und 150 % und besonders bevorzugt zwischen 90 % und 120 % aufweisen. Diese Kennwerte können z.B. gemäß der Norm ASTM D882 bestimmt werden.

**[0071]** Die Trennfolie **23** kann eine Dicke im Bereich zwischen 10 µm und 3 mm haben.

**[0072]** Das Schaumkern-Teil **22** kann insbesondere als ein sich länglich erstreckender Körper ausgebildet sein, der z.B. eine kreisförmige, elliptische, rechteckige oder mehrrechteckige Querschnittsform aufweist. Insbesondere kann das Schaumkern-Teil **22** als zylindrischer Körper, als ein Kegelstumpf oder allgemein als ein sich entlang der Faserschicht-Längsrichtung L2 verjüngender Körper ausgebildet sein. Bei einer sich verjüngenden Form kann lokal ein größerer Raum ausgefüllt werden als mit einer zylindrischen Form. Gleichzeitig kann das Schaumkern-Teil **22** leichter aus dem Bauteil-Innenraum IR entfernt werden. Das Entfernen des Schaumkern-Teils **22** wird im Folgenden noch detailliert beschrieben.

**[0073]** Wie in **Fig. 1** gezeigt, kann der Formungs-Innenkern **21** lediglich ein einziges Schaumkern-Teil **22** aufweisen. Auch kann vorgesehen sein, dass der Formungs-Innenkern **21**, wie in **Fig. 15** gezeigt, aus mehreren Schaumkern-Teilstücken **34, 35, 36**, die das Schaumkern-Teil **22** ausbilden, zusammengesetzt ist. Beispielsweise können mehrere Schaumkern-Teilstücke in Bezug auf die Faserschicht-Längsrichtung L2 hintereinander angeordnet sein.

**[0074]** Das Schaumkern-Teil **22** ist bevorzugt aus einem Hartschaum-Material, wie z.B. einem Polyurethanschaum-Material, gebildet. Hartschaum-Materialien bieten den Vorteil, dass diese die einerseits die für die Formgebung des Hohlprofil-Bauteils **1** notwendige Formstabilität und gleichzeitig ein geringes Gewicht aufweisen. Auch lassen sich Hartschaum-Materialien, wie später noch im Detail beschrieben wird, nach Ausbildung der Wandungen des Hohlprofil-Bauteils **1** auf einfache Weise aus diesem entfernen.

**[0075]** Nach einer ersten Ausführungsform des erfundungsgemäßen Verfahrens, die in den **Fig. 1** bis **Fig. 6** sowie **Fig. 15** und **Fig. 16** gezeigt ist, liegt die Trennfolie **23** mit der Außenoberfläche **23a** über ihre gesamte Erstreckung in der Faserschicht-Längsrichtung L2 an der Faserschicht **2** an. In diesem Fall bildet die Außenoberfläche **23a** der Trennfolie **23** die äußere Oberfläche **20a** des Formungsgebildes **20**. In dem Fall, dass sich die Trennfolie **23** nur über einen Abschnitt der Längserstreckung des Schaumkern-Teils **22** erstreckt, liegt die Faserschicht **2** in einem ersten Abschnitt an der Trennfolie **23** und in einem in Bezug auf die Faserschicht-Längsrichtung L2 seitlich gelegenen Abschnitt an der Außenoberfläche **22a** des Schaumkernteils **22** an. Dabei ist die äußere Oberfläche **20a** des Formungsgebildes **20** abschnittsweise durch die Außenoberfläche **22a** des Schaumkernteils **22** und die Außenoberfläche **23a** der Trennfolie **23** gebildet.

**[0076]** Nach einer zweiten Ausführungsform des erfundungsgemäßen Verfahrens, die in den **Fig. 7** bis **Fig. 11** gezeigt ist, ist die Trennfolie **23** über ihre gesamte Erstreckung von einem Formkern-Zwischen-

gebilde **24** umgeben, das zwischen der Trennfolie **23**, insbesondere zwischen deren Außenoberfläche **23a** und der Faserschicht **2** gelegen ist. In diesem Fall liegt das Zwischengebilde **24** jeweils über dessen gesamte Erstreckung an der Faserschicht **2** an. Das Zwischengebilde **24** ist allgemein derart ausgebildet, dass dieses abhängig von dem Verlauf, insbesondere dem Krümmungsverlauf der auszubildenden Bauteilwandung **4** des herzustellenden Hohlprofil-Bauteils **1** den sich zwischen dem Formungs-Innenkern **21** und der Faserschicht **2** erstreckenden Zwischenraum ZR ausfüllt. Insbesondere definiert bei dieser Ausführungsform das Zwischengebilde **24** den Krümmungsverlauf der Bauteilwandung **4** des herzustellenden Hohlprofil-Bauteils **1**.

**[0077]** Das Formkern-Zwischengebilde **24** kann allgemein, wie in den **Fig. 7** bis **Fig. 10** und **Fig. 12** bis **Fig. 14** gezeigt, aus mehreren Zwischengebilde-Teilen **25, 26, 27** zusammengesetzt oder gebildet sein. Auch kann vorgesehen sein, dass das Zwischengebilde **24** als ein einziges Teil ausgeführt ist, wie in **Fig. 14**. Weiterhin kann vorgesehen sein, dass das Zwischengebilde **24** oder die einzelnen Zwischengebilde-Teile **25, 26, 27**, ähnlich wie der Formungs-Innenkern **21**, aus einem Zwischengebilde-Kernteil **28, 30, 32** und einer Zwischengebilde-Trennfolie **29, 31, 33** zusammengesetzt sind. Dabei kann vorgesehen sein, dass die Zwischengebilde-Trennfolie **29, 31, 33** sich entlang der Faserschicht-Längsrichtung L2 erstreckt und das jeweilige Zwischengebilde-Kernteil **28, 30, 32** in der Faserschicht-Umfangsrichtung U2 zumindest abschnittsweise umschließt und an diesem anliegt. Das Formkern-Zwischengebilde **24** bzw. gegebenenfalls die einzelnen Zwischengebilde-Teile **25, 26, 27** sind, wie das Schaumkern-Teil **22**, bevorzugt aus einem Hartschaum-Material, z.B. einem Polyurethanschaum-Material, gebildet.

**[0078]** Gemäß der in den **Fig. 7** bis **Fig. 10** gezeigten Variante der zweiten Ausführungsform ist das Zwischengebilde **24** aus den drei Zwischengebilde-Teilen **25, 26, 27** zusammengesetzt, die den Formungs-Innenkern **21** in der Faserschicht-Umfangsrichtung U2 jeweils teilweise umgeben. Jedes der Zwischengebilde-Teile **25, 26, 27** liegt mit einer Innenfläche **25a, 26a, 27a** an einem Abschnitt einer Außenoberfläche **23a** der Trennfolie **23** an. Bei der in den **Fig. 7** bis **Fig. 10** gezeigten Variante sind die Zwischengebilde-Teile **25** und **26** jeweils keilförmig ausgeführt. Das Zwischengebilde-Teil **27** schließt sich in Faserschicht-Umfangsrichtung U2 an die Zwischengebilde-Teile **25** und **26** an und ist als länglicher Körper ausgeführt. Weiterhin sind die Zwischengebilde-Teile **25, 26, 27** jeweils aus einem Zwischengebilde-Kernteil **28, 30, 32** und einer Zwischengebilde-Trennfolie **29, 31, 33** zusammengesetzt. Die Zwischengebilde-Kernteil **28** und **30** der Zwischengebilde-Teile **25** und **26** sind der Faserschicht-Umfangsrichtung U2 jeweils vollständig von einer Zwischengebilde-Trennfolie **29**

bzw. 31 umgeben. Die Innenflächen 25a und 26a der keilförmigen Zwischengebilde-Teile 25 und 26 werden hierbei somit jeweils durch eine Oberfläche der jeweiligen Zwischengebilde-Trennfolie 29 bzw. 31 gebildet. Das Zwischengebilde-Kernteil 32 des Zwischengebilde-Teils 27 ist lediglich an einer der Faserschicht zugewandten Außenfläche, die entgegen gesetzt zu der die Innenfläche 27a des Zwischengebilde-Teils 27 bildenden Oberfläche des Zwischengebilde-Kernteils 32 gelegen ist, von einer Zwischengebilde-Trennfolie 33 umgeben. Die Trennfolie 23 ist somit über ihre gesamte Erstreckung von den Zwischengebilde-Teilen 25, 26 und 27, die das Formteil-Zwischengebilde 24 ausbilden, umgeben. Die Zwischengebilde-Teile 25, 26 und 27 liegen folglich zwischen der Trennfolie 23, insbesondere zwischen deren Außenoberfläche 23a und der Faserschicht 2 und an diesen jeweils über ihre gesamte Erstreckung an. Insbesondere bilden die Außenoberflächen 29b, 31b und 33b der Zwischengebilde-Trennfolien 29, 31, 33 der Zwischengebilde-Teile 25, 26 und 27 zusammen die äußere Oberfläche 20 des Formungsgebildes 20, an dem die die Faserschicht 2 anliegt.

**[0079]** Somit ist bei der in den **Fig. 7** bis **Fig. 10** gezeigten Variante der zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die Trennfolie 23 über ihre gesamte Erstreckung von einem Formkern-Zwischengebilde 24 umgeben, das zwischen der Trennfolie 23 und der Faserschicht 2 gelegen ist und an diesen jeweils über ihre gesamte Erstreckung anliegt.

**[0080]** Nach einer dritten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, die in den **Fig. 12** bis **Fig. 14** gezeigt ist, liegt die Trennfolie 23 in zumindest einem ersten Faserschicht-Anlageabschnitt 2a an der Faserschicht an. Weiterhin liegt zumindest ein Formkern-Zwischengebilde 24 in einem jeweiligen, in Bezug auf die Faserschicht-Längsrichtung L2 seitlich des ersten Faserschicht-Anlageabschnitts 2a gelegenen zweiten Faserschicht-Anlageabschnitt 2b an der Faserschicht 2 an. Dieser zweite Faserschicht-Anlageabschnitt 2b ist insbesondere außerhalb des ersten Faserschicht-Anlageabschnitts 2a gelegen. Das Formkern-Zwischengebilde 24 ist auch bei dieser Ausführungsform zwischen der Trennfolie 23, insbesondere zwischen deren Außenoberfläche 23a und der Faserschicht 2 gelegen und liegt an diesen jeweils an. Das Zwischengebilde 24 ist derart ausgebildet, dass dieses abhängig von dem Verlauf, insbesondere dem Krümmungsverlauf der Bauteilwandung 4 des herzustellenden Hohlprofil-Bauteils 1 den sich zwischen dem Formungs-Innenkern 21 und der Faserschicht 2 erstreckenden Zwischenraum ZR ausfüllt. Insbesondere definiert bei dieser Ausführungsform das Zwischengebilde 24 außerhalb des ersten Faserschicht-Anlageabschnitts 2a den Krümmungsverlauf der Bauteilwandung 4 des herzustellenden Hohlprofil-Bauteils 1.

**[0081]** Die **Fig. 12** bis **Fig. 14** zeigen eine Variante der dritten Ausführungsform, wonach das Formkern-Zwischengebilde 24 als einziges Zwischengebilde-Teil 27 ausgebildet ist und vorliegend keine Zwischengebilde-Trennfolie aufweist. Die Trennfolie 23 liegt mit einem Abschnitt der Außenoberfläche 23a an dem ersten Faserschicht-Anlageabschnitt 2a der Faserschicht 2 an. Insbesondere weist der erste Faserschicht-Anlageabschnitt 2a in der Faserschicht-Längsrichtung L2 eine bestimmte Länge ML2 auf. Diese kann sehr kurz sein, sodass der erste Faserschicht-Anlageabschnitt 2a lediglich als Anlagestelle ausgebildet ist. Weiterhin erstreckt sich der erste Faserschicht-Anlageabschnitt 2a auch zumindest teilweise in der Faserschicht-Umfangsrichtung U2. Außerhalb des Abschnitts der Außenoberfläche 23a, der an dem ersten Faserschicht-Anlageabschnitt 2a anliegt, liegt die Trennfolie 23 mit der Außenoberfläche 23a an der Innenfläche 27a des Zwischengebilde-Teils 27 an.

**[0082]** Allgemein ist die Gestalt, insbesondere die Länge ML2 des ersten Anlageabschnitts 2a abhängig von dem Kontourverlauf der herzustellenden Bauteilwandung 4. Beispielsweise kann sich bei einem stark gekrümmten Verlauf, also bei einem kleinen Krümmungsradius, ein in Bezug auf die Faserschicht-Längsrichtung L2 kurzer erster Anlageabschnitt 2a ergeben. Bei einem nur wenig gekrümmten Verlauf, also bei einem großen Krümmungsradius, kann sich hingegen ein in Bezug auf die Faserschicht-Längsrichtung L2 relativ langer erster Anlageabschnitt 2a ergeben.

**[0083]** Wie die **Fig. 12** bis **Fig. 14** weiterhin zeigen, liegt das Zwischengebilde-Teil 27 an einem in Bezug auf die Faserschicht-Längsrichtung L2 seitlich und insbesondere außerhalb des ersten Faserschicht-Anlageabschnitts 2a gelegenen zweiten Faserschicht-Anlageabschnitt 2b an der Faserschicht 2 an. Insbesondere liegt die Außenfläche 27b des Zwischengebilde-Teils 27 an der Faserschicht 2 an. Hierbei bildet die Außenfläche 27b des Zwischengebilde-Teils 27 die äußere Oberfläche 20a des Formungsgebildes 20.

**[0084]** Nach dem Bereitstellen der Anordnung des Formungsgebildes 20 und der diese umgebenden Faserschicht 2 in einer Herstellungs-Vorrichtung 110 gemäß der **Fig. 1** oder der **Fig. 2**, und dem Anlegen von Vakuum erfolgt in einem Autoklaven ein Härteln des Matrix-Materials, das in der Faserschicht 2 gelegen ist oder über die Matrixmaterial-Zuleitung 116 bei gleichzeitig angelegtem Unterdruck der Faserschicht 2 zugeführt wird. Durch das Härteln des Matrix-Materials in der Faserschicht 2 wird eine einen Bauteil-Innenraum IR definierende Bauteilwandung 4 des Hohlprofil-Bauteils 1 ausgebildet. Die Bauteilwandung 4 weist eine Matrix-Materialschicht 3 auf, die die Faserschicht 2 enthält.

**[0085]** Das Aushärten des Matrix-Materials erfolgt in der geschlossenen Herstellungs-Vorrichtung **110**, also wenn die Anordnung des Formungsgebildes **20** und der diese umgebenden Faserschicht **2** auf oder in dem Werkzeug **11** gelegen und von der Vakuumfolie **112** luftdicht umgeben oder umschlossen ist. Bevorzugt erfolgt ein vollständiges Aushärten des Matrix-Materials, das heißt, dass das Matrix-Material über die gesamte Querschnittsdicke in einem erstarrten, nicht-plastifizierten Zustand vorliegt. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, dass lediglich ein teilweises Härten des Matrix-Materials erfolgt, sodass das Matrix-Material in Abschnitten des Querschnitts, bevorzugt im Inneren desselben, noch in einem plastifizierten Zustand vorliegt. Bei dieser Vorgehensweise erfolgt das Entfernen zumindest des Schaumkern-Teils **22** in dem plastifizierten Zustand der Faserschicht **2**. Alternativ dazu kann ein zusätzliches Härten vor dem Entfernen zumindest des Schaumkern-Teils **22** erfolgen.

**[0086]** Nach der Härtungsphase kann noch eine Temperphase vorgesehen sein, wobei in der Injektionsphase die Temperatur geringer ist als in der Härtungsphase.

**[0087]** Der Temperaturverlauf und die Vakuumsteuerung sind derart vorgesehen, dass bei dem gehärteten Bauteil in der Faserschicht **2** desselben eine optimale Qualität, eine möglichst geringe Anzahl von Poren oder Lufteinschlüssen und ein geeigneter Faservolumenanteil erreicht wird. Die beim Härten vorgesehene Temperatur oder der Temperaturverlauf hängt insbesondere von dem Material des Matrixwerkstoffs ab.

**[0088]** Beim Härten kann insbesondere vorgesehen sein, dass das Vakuum auf gleichbleibendem Niveau gehalten wird. Dabei kann insbesondere ein Druck von z.B. 1 mbar bis 10 mbar (Absolutdruck) eingestellt sein. Nach der Aushärtung ist kein Vakuum mehr erforderlich.

**[0089]** Bei einer Herstellungsvorrichtung **110** mit Matrixmaterial-Zuleitung **116** nach der **Fig. 1** wird die Prozesstemperatur beim Härten derart eingestellt, dass bei einem jeweils verwendeten Matrixmaterial dieses eine geringe Viskosität besitzt, so dass das Matrixmaterial in den Formungsabschnitt **114** einfließen kann und sich in der Faserschicht **2** verteilt. Typische notwendige Viskositäten während der Phase des Einführens des Matrixmaterials liegen z.B. in einem Bereich zwischen 1 bis 1000 m Pa s. Typische Temperaturen liegen zwischen 50 Grad C bis 150 Grad C für die Phase des Einfließens des Matrixmaterials oder der Injektionsphase und zwischen 70 Grad C bis 120 Grad C für die Härtungsphase. Für die optional vorgesehene anschließende Temperphase können Temperaturen zwischen 50 Grad C bis 130 Grad C eingestellt sein.

**[0090]** Bei einer Herstellungs-Vorrichtung **110** ohne Matrixmaterial-Zuleitung **116** nach der **Fig. 2** wird die Prozesstemperatur beim Härten derart eingestellt, dass bei einem jeweils verwendeten Matrixmaterial dieses eine geringe Viskosität besitzt, so dass sich das Matrixmaterial in der Faserschicht **2** enthalten ist, sich in der Faserschicht **2** verteilt. Bei dieser Ausführungsform liegen typische notwendige Viskositäten während der Härtungsphase in einem Bereich von z.B. 1 bis 1.000 m Pa s. Typische Temperaturen in der Härtungsphase liegen zwischen 50 Grad C bis 180 Grad C und für die optional vorgesehene anschließende Temperphase zwischen 50 Grad C bis 130 Grad C.

**[0091]** Nach dem Härten des Matrix-Materials liegt ein Zwischenprodukt Z vor, das aus dem an sich fertigen Hohlprofil-Bauteil **1** und dem in dem Bauteil-Innenraum IR desselben gelegenen Formungsgebilde **20** gebildet ist.

**[0092]** Anschließend kann vorgesehen sein, dass die Form-Werkzeugvorrichtung **10** geöffnet wird. Dies kann dadurch realisiert werden, dass die Vakuumfolie **112** von dem ersten Werkzeugteil **11** entfernt wird.

**[0093]** Das Zwischenprodukt wird für die folgenden Bearbeitungsschritte bevorzugt dem Werkzeugteil **11** entnommen. Es kann aber auch vorgesehen sein, dass die weitere Bearbeitung an dem in dem Werkzeugteil **11**, z.B. einer Vertiefung **11b** desselben, gelegenen Zwischenprodukt erfolgt.

**[0094]** Erfindungsgemäß erfolgt anschließend an das Härten des Matrix-Materials bei allen Ausführungsformen des Verfahrens ein Entfernen zumindest des Schaumkern-Teils **22** aus dem Bauteil-Innenraum IR.

**[0095]** Das Entfernen des Schaumkern-Teils **22** kann bei allen Ausführungsformen durch Herausziehen des Schaumkern-Teils **22** aus dem Bauteil-Innenraum IR erfolgen. Dabei kann vorgesehen sein, dass zunächst das Schaumkern-Teil **22** herausgezogen wird und anschließend die Trennfolie **23** aus dem Bauteil-Innenraum, z.B. durch Abziehen derselben von der Bauteilwandung **4** entfernt wird.

**[0096]** Auch kann vorgesehen sein, dass das Entfernen des Schaumkern-Teils **22** durch gleichzeitiges Herausziehen des Schaumkern-Teils **22** und der Trennfolie **23** erfolgt, wie dies in der **Fig. 4** gezeigt ist. Dies hat den Vorteil, dass das Entfernen des Schaumkern-Teils **22** und der Trennfolie **23** in einem Bearbeitungsschritt erfolgen kann. Dadurch wird das Verfahren in zeitlicher Hinsicht verbessert.

**[0097]** Bei der in den **Fig. 1** bis **Fig. 6** gezeigten Ausführungsform des Verfahrens kann das Formungs-

gebilde **20** insgesamt insbesondere entlang der Faserschicht-Längsrichtung L2 aus dem Bauteil-Innenraum IR herausgezogen oder herausgedrückt werden. Dies kann beispielsweise durch manuelles Angreifen eines Überstands der Trennfolie **23** erfolgen. Auch kann das Herausziehen oder -drücken beispielsweise dadurch realisiert werden, dass an einer Stirnfläche **22s** des Schaumkernteils **22** eine Entfernungsvorrichtung (nicht gezeigt) angebracht wird und die zum Entfernen des Formungsgebildes **20** notwendige Kraft über die Entfernungsvorrichtung aufgebracht wird. Beispielsweise kann die Entfernungsvorrichtung einen Kontaktabschnitt und einen Halteabschnitt aufweisen. Der Kontaktabschnitt kann als schraubenförmiger Abschnitt ausgebildet sein, der entlang der Faserschicht-Längsrichtung L2 an der Stirnfläche **22s** in das Schaumkernteil **22** eingeschraubt wird. Auch kann der Kontaktabschnitt als eine Vakuum-Saugglocke ausgebildet sein, die an die Stirnfläche **22s** angesetzt und mit der ein Unterdruck erzeugt werden kann, sodass die Vakuum-Saugglocke an der Stirnfläche **22s** haftet. Anschließend kann über den Halteabschnitt, z.B. manuell oder mit einer Bewegungsvorrichtung, auf die Entfernungsvorrichtung eine Kraft in oder entgegen der Faserschicht-Längsrichtung L2 aufgebracht werden, die auf das Schaumkernteil **22** durch den Kontaktabschnitt übertragen wird. Dadurch wird das Formungsgebilde **20** aus dem Bauteil-Innenraum IR herausgezogen oder -gedrückt.

**[0098]** Bei den in den **Fig. 7** bis **Fig. 11** und **Fig. 12** bis **Fig. 14** gezeigten Ausführungsformen kann aufgrund des mehrteiligen Aufbaus des Formungsgebildes **20** mit dem Formkern-Innenkern **21** und dem Formkern-Zwischengebilde **24** beispielsweise zunächst der Formkern-Innenkern **21** bevorzugt mitsamt der Trennfolie **23** aus dem Bauteil-Innenraum IR herausgezogen oder -gedrückt werden, beispielsweise auf die oben beschriebene Weise mittels einer Entfernungsvorrichtung. Anschließend können die Zwischengebilde-Teile **24**, **25** und **26** entnommen oder, wie unten noch beschrieben wird, abrasiv oder chemisch entfernt werden. Anstatt der gemäß der **Fig. 7** verwendeten Herstellungs-Vorrichtung mit einer Matrixmaterial-Zuführleitung **116** zur Zuführung von Matrixmaterial in einen Formungsraum, in dem eine Faserschicht gelegen ist, kann auch eine Herstellungs-Vorrichtung ohne eine Matrixmaterial-Zuführleitung **116** vorgesehen sein. Da die Trennfolie **23** nur sehr schlecht bis gar nicht an dem Formkern-Zwischengebilde **24** haftet, kann das Herausziehen des Formkern-Innenkern **21** sehr schnell und ohne großen Aufwand erfolgen. Somit kann auch bei komplexen Geometrien des Hohlprofil-Bauteils **1** das Formungsgebilde **20** insgesamt auf effektive Weise aus dem Bauteil-Innenraum IR entfernt werden. Dadurch wird ein besonders leichtes Hohlprofil-Bauteil **1** erzeugt. Unter Umständen kann es auch gewünscht sein, Teile des Formkern-Zwischengebildes **24**, wie

in **Fig. 14** gezeigt, in dem Bauteil-Innenraum IR zu belassen.

**[0099]** Alternativ zum Herausziehen oder -drücken, kann bei allen Ausführungsformen des Verfahrens ein Entfernen des Schaumkern-Teils **22** durch abrasives Abtragen mit einem Gas-Feststoff-Strahl erfolgen. Wie in den **Fig. 5**, **Fig. 10**, **Fig. 13** und **Fig. 16** gezeigt, wird hierzu mittels einer Strahlvorrichtung **40** ein mehrphasiger Fluidstrahl in den Bauteil-Innenraum IR geführt. Die Strahlvorrichtung **40** kann z.B. als eine Düse ausgebildet sein, an die eine Strahl-Erzeugungsvorrichtung (nicht gezeigt), wie eine Pumpe, angeschlossen ist. Der Fluidstrahl weist insbesondere ein Trägergas, wie z.B. Luft, und Feststoffpartikel, wie z.B. Sandpartikel, Kunststoffpartikel (Acryl) oder Metallpartikel oder dergleichen, auf. Zum Entfernen des Schaumkern-Teils **22** wird die Strahlvorrichtung **40** auf das Schaumkern-Teil **22** gerichtet und die Strahl-Erzeugungsvorrichtung aktiviert, wodurch der Gas-Feststoff-Strahl erzeugt und das Schaumkern-Teil **22** zerstört wird.

**[0100]** Beim abrasiven Entfernen des Schaumkern-Teils **22** prallen die Feststoffpartikel an der Trennfolie **23** zurück. Insbesondere werden diese durch die Trennfolie **23** elastisch abgefedert. Dadurch wird die Bewegungsenergie der Feststoffpartikel nicht oder nur zu einem sehr geringen Teil an die Faserschicht **2** weitergegeben, wodurch eine Schädigung der Faserschicht **2** durch die Trennfolie **23** zuverlässig und wirkungsvoll verhindert wird. Die Trennfolie **23** wirkt in diesem Fall als eine Schutzschicht für die Faserschicht **2**. Ein besonders zuverlässiger Schutz ergibt sich hier insbesondere bei der Verwendung von Trennfolien **23**, mit den oben beschriebenen Eigenschaften hinsichtlich Dehnbarkeit, Foliendicke und Material.

**[0101]** Eine weitere Möglichkeit zum Entfernen des Schaumkern-Teils **22** stellt chemisches Lösen desselben mit einem Lösungsmittel dar. Hierzu kann das Lösungsmittel beispielsweise mit einer Sprühvorrichtung an das Schaumkern-Teil **22** gesprührt werden. Auch in diesem Fall bildet die Trennfolie **23** eine Schutzschicht, da die Trennfolie **23** eine von dem Schaumkern-Teil **22** verschiedene chemische Löslichkeit aufweist.

**[0102]** Generell kann nach dem Entfernen des Schaumkern-Teils **22** die Trennfolie **23** und gegebenenfalls die Zwischengebilde-Trennfolie **29**, **31**, **33** aus dem Bauteil-Innenraum IR entfernt werden. Dies kann insbesondere durch manuelles Abziehen der Trennfolie **23** von der Faserschicht **2** (**Fig. 5**), dem umliegenden Formkern-Zwischengebilde **24** (**Fig. 10**) oder von Faserschicht **2** und Formkern-Zwischengebilde **24** (**Fig. 13**) erfolgen. Auch kann vorgesehen sein, dass die Trennfolie **23** nach dem Entfernen des Schaumkern-Teils **22** in dem Bauteil-Innen-

raum IR verbleibt, wie in **Fig. 17** gezeigt. Das Entfernen Trennfolie **23** und gegebenenfalls der Zwischengebilde-Trennfolie **29, 31, 33** aus dem Bauteil-Innenraum IR nach dem Entfernen des Schaumkern-Teils **22** hat den Vorteil, dass dadurch eventuell noch an der jeweiligen Folie anhaftende Materialrückstände des Schaumkern-Teils **22** oder der Zwischengebilde-Teile **25, 26, 27** ebenfalls entfernt werden. So mit wird insbesondere bei komplexen Geometrien wie z.B. bei Hinterschneidungen der Bauteilwandung **4** des Hohlprofil-Bauteils **1** das Formungsgebilde **20** insgesamt rückstandslos aus dem Bauteil-Innenraum IR entfernt. Dadurch wird das Gewicht des Hohlprofil-Bauteils **1** verringert.

**[0103]** Die **Fig. 6**, **Fig. 11** und **Fig. 14** zeigen jeweils in mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestelltes Hohlprofil-Bauteil **1**. Dieses kann insbesondere eine rohrförmige Querschnittsform aufweisen. Das Hohlprofil-Bauteil **1** kann beispielsweise für die Verwendung als Strukturbau teil in einem Kraftfahrzeug vorgesehen sein.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Hohlprofil-Bauteil	<b>22</b>	Schaumkern-Teil
<b>1a</b>	Außenfläche des Hohlprofil-Bauteils	<b>22a</b>	Außenoberfläche des Schaumkernteils
<b>1b</b>	Innenfläche des Hohlprofil-Bauteils	<b>23</b>	Trennfolie
<b>2</b>	Faserschicht	<b>23a</b>	Außenoberfläche der Trennfolie
<b>2a</b>	erster Faserschicht-Anlageabschnitt	<b>23b</b>	Innenoberfläche der Trennfolie
<b>2b</b>	zweiter Faserschicht-Anlageabschnitt	<b>24</b>	Formkern-Zwischengebilde
<b>3</b>	Matrix-Materialschicht	<b>25, 26, 27</b>	Zwischengebilde-Teil
<b>4</b>	Bauteilwandung	<b>25a, 26a, 27a</b>	Innenfläche des jeweiligen Zwischengebilde-Teils
<b>10</b>	Formwerkzeug-Vorrichtung	<b>27b</b>	Außenfläche des Zwischengebilde-Teils
<b>11</b>	erstes Werkzeugteil der Formwerkzeug-Vorrichtung	<b>28, 30, 32</b>	Zwischengebilde-Kernteil
<b>11a</b>	erste Werkzeug-Kontouroberfläche	<b>29, 31, 33</b>	Zwischengebilde-Trennfolie
<b>112</b>	Vakuumfolie	<b>29b, 31b, 33b</b>	Außenoberflächen der Zwischengebilde-Trennfolien
<b>112a</b>	Innenfläche der Vakuumfolie <b>112</b>	<b>34, 35, 36</b>	Schaumkern-Teilstücke
<b>112b</b>	Verbindungsabschnitt	<b>40</b>	Strahlvorrichtung
<b>112c</b>	Anlageabschnitt	<b>IR</b>	Bauteil-Innenraum
<b>113</b>	Formungsraum	<b>L2</b>	Faserschicht-Längsrichtung
<b>114</b>	Formungsabschnitt	<b>ML2</b>	Länge des ersten Faserschicht-Anlageabschnitts
<b>15</b>	Bewegungsvorrichtung	<b>U2</b>	Faserschicht-Umfangsrichtung
<b>116</b>	Matrixmaterial-Zuführleitung	<b>Z</b>	Zwischenprodukt
<b>17</b>	Material-Aufnahmeabschnitte	<b>ZR</b>	Zwischenraum
<b>20</b>	Formungsgebilde		
<b>20a</b>	äußere Oberfläche des Formungsgebildes		
<b>21</b>	Formungs-Innenkern		

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Nicht-Patentliteratur**

- Norm ASTM D882 [0070]

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines faserverstärkten Hohlprofil-Bauteils (1), das Verfahren aufweisend die folgenden Schritte:

- Aufbauen von Unterdruck in einem geschlossenen Formungsabschnitt (114) eines durch eine Vakuumfolie (112) begrenzten Formungsraums (113), in dem ein Formungsgebilde (20) gelegen ist, wobei der Formungsabschnitt (114) zwischen dem Formungsgebilde (20) und der Vakuumfolie (112) gelegen ist und in dem Formungsabschnitt (114) eine Faserschicht (2) gelegen ist, die sich an dem Formungsgebilde (20) anliegend in einer Faserschicht-Längsrichtung (L2) erstreckt und dieses in einer quer zu dieser gerichteten Faserschicht-Umfangsrichtung (U2) umschließt, wobei das Formungsgebilde (20) einen Formungs-Innenkern (21) aufweist, der aus einem Schaumkern-Teil (22) und einer sich entlang der Faserschicht-Längsrichtung (L2) erstreckenden und das Schaumkern-Teil (22) in der Faserschicht-Umfangsrichtung (U2) zumindest abschnittsweise umschließenden und an diesem anliegenden Trennfolie (23) gebildet ist,
- durch Entstehen von Unterdruck in dem Formungsabschnitt (114) Einführen von Matrix-Material durch eine Zuführöffnung (118) in den Formungsabschnitt (114),
- durch Anlegen von Temperatur in einem vorgegebenen Temperaturbereich über einen vorgegebenen Zeitraum Härtung des Matrix-Materials und dadurch Ausbildung einer einen Bauteil-Innenraum (IR) definierenden Bauteilwandung (4) mit einer Matrix-Materialschicht (3), die die Faserschicht (2) enthält,
- Entfernen zumindest des Schaumkern-Teils (22) aus dem Bauteil-Innenraum (IR).

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Formungsgebilde (20) von der Faserschicht (2) bilden den Fasern umwebt, umwickelt, umflochten ist.

3. Verfahren zur Herstellung eines faserverstärkten Hohlprofil-Bauteils (1), das Verfahren aufweisend die folgenden Schritte:

- Aufbauen von Unterdruck in einem geschlossenen Formungsabschnitt (114) eines durch eine Vakuumfolie (112) begrenzten Formungsraums (113), in dem ein Formungsgebilde (20) gelegen ist, wobei der Formungsabschnitt (114) zwischen dem Formungsgebilde (20) und der Vakuumfolie (112) gelegen ist und in dem Formungsabschnitt (114) eine aus Verstärkungsfasern und Matrixmaterial gebildete Faserschicht (2) gelegen ist, die sich an dem Formungsgebilde (20) anliegend in einer Faserschicht-Längsrichtung (L2) erstreckt und dieses in einer quer zu dieser gerichteten Faserschicht-Umfangsrichtung (U2) umschließt, wobei das Formungsgebilde (20) einen Formungs-Innenkern (21) aufweist, der aus einem Schaum-

kern-Teil (22) und einer sich entlang der Faserschicht-Längsrichtung (L2) erstreckenden und das Schaumkern-Teil (22) in der Faserschicht-Umfangsrichtung (U2) zumindest abschnittsweise umschließenden und an diesem anliegenden Trennfolie (23) gebildet ist,

- durch Anlegen von Temperatur in einem vorgegebenen Temperaturbereich über einen vorgegebenen Zeitraum Härtung des Matrix-Materials und dadurch Ausbildung einer einen Bauteil-Innenraum (IR) definierenden Bauteilwandung (4) mit einer Matrix-Materialschicht (3), die die Faserschicht (2) enthält,
- Entfernen zumindest des Schaumkern-Teils (22) aus dem Bauteil-Innenraum (IR).

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei durch das Entstehen von Unterdruck in dem Formungsabschnitt (114) Matrix-Material durch eine Zuführöffnung (118) in den Formungsabschnitt (114) eingeführt wird.

5. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die Trennfolie (23) des Formungs-Innenkerns (21) über ihre gesamte Erstreckung an der Faserschicht (2) anliegt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Trennfolie (23) des Formungs-Innenkerns (21) über ihre gesamte Erstreckung von einem Formkern-Zwischengebilde (24) umgeben ist, das zwischen der Trennfolie (23) und der Faserschicht (2) gelegen ist und an diesen jeweils über ihre gesamte Erstreckung anliegt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Trennfolie (23) in zumindest einem ersten Faserschicht-Anlageabschnitt (2a) an der Faserschicht anliegt und zumindest ein Formkern-Zwischengebilde (24) in einem jeweiligen, in Bezug auf die Faserschicht-Längsrichtung (L2) seitlich des ersten Faserschicht-Anlageabschnitts (2a) gelegenen zweiten Faserschicht-Anlageabschnitt (2b) an der Faserschicht (2) anliegt, wobei das Formkern-Zwischengebilde (24) zwischen der Trennfolie (23) und der Faserschicht (2) an dieser ebenfalls anliegend angeordnet ist.

8. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei das Entfernen des Schaumkern-Teils (22) durch Herausziehen desselben aus dem Bauteil-Innenraum (IR) erfolgt und anschließend die Trennfolie (23) aus dem Bauteil-Innenraum entfernt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Entfernen des Schaumkern-Teils (22) durch gleichzeitiges Herausziehen des Schaumkern-Teils (22) und der Trennfolie (23) erfolgt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Entfernen des Schaumkern-Teils (22)

durch abrasives Abtragen mit einem Gas-Feststoff-Strahl erfolgt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Entfernen des Schaumkern-Teils (**22**) durch chemisches Lösen mit einem Lösungsmittel erfolgt.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, wobei nach dem Entfernen des Schaumkern-Teils (**22**) die Trennfolie (**23**) aus dem Bauteil-Innenraum (IR) entfernt wird.

13. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei der Formungs-Innenkern (**21**) ein aus mehreren Schaumkern-Teilstücken zusammengesetztes Schaumkern-Teil (**22**) aufweist.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 13, wobei das Formkern-Zwischengebilde (**24**) aus mehreren Zwischengebilde-Teilen (**25, 26, 27**) gebildet ist.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 14, wobei das Formkern-Zwischengebilde (**24**) aus zu mindest einem Zwischengebilde-Kernteil (**28, 30, 32**) und einer sich entlang der Faserschicht-Längsrichtung (L2) erstreckenden und das jeweilige Zwischengebilde-Kernteil (**28, 30, 32**) in der Faserschicht-Umfangsrichtung (U2) umschließenden und an diesem anliegenden Zwischengebilde-Trennfolie (**29, 31, 33**) gebildet ist.

16. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei eine oder mehrere der folgenden Komponenten aus einem Hartschaum-Material gebildet sind:

- (a) das Schaumkern-Teil (**22**),
- (b) das Zwischengebilde (**23**).

17. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die Trennfolie (**23**) aus einem oder mehreren der folgenden Materialien gebildet ist oder diese aufweist:

- Copolymer-Material,
- Polyamid oder Polyamid-Mischungen,
- Polyolefine,
- Polyurethan,
- Teflon,
- Polyether-Blockamide,
- Polyethylenterephthalat,
- Polyvinylchlorid-Folien,
- Nylon.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

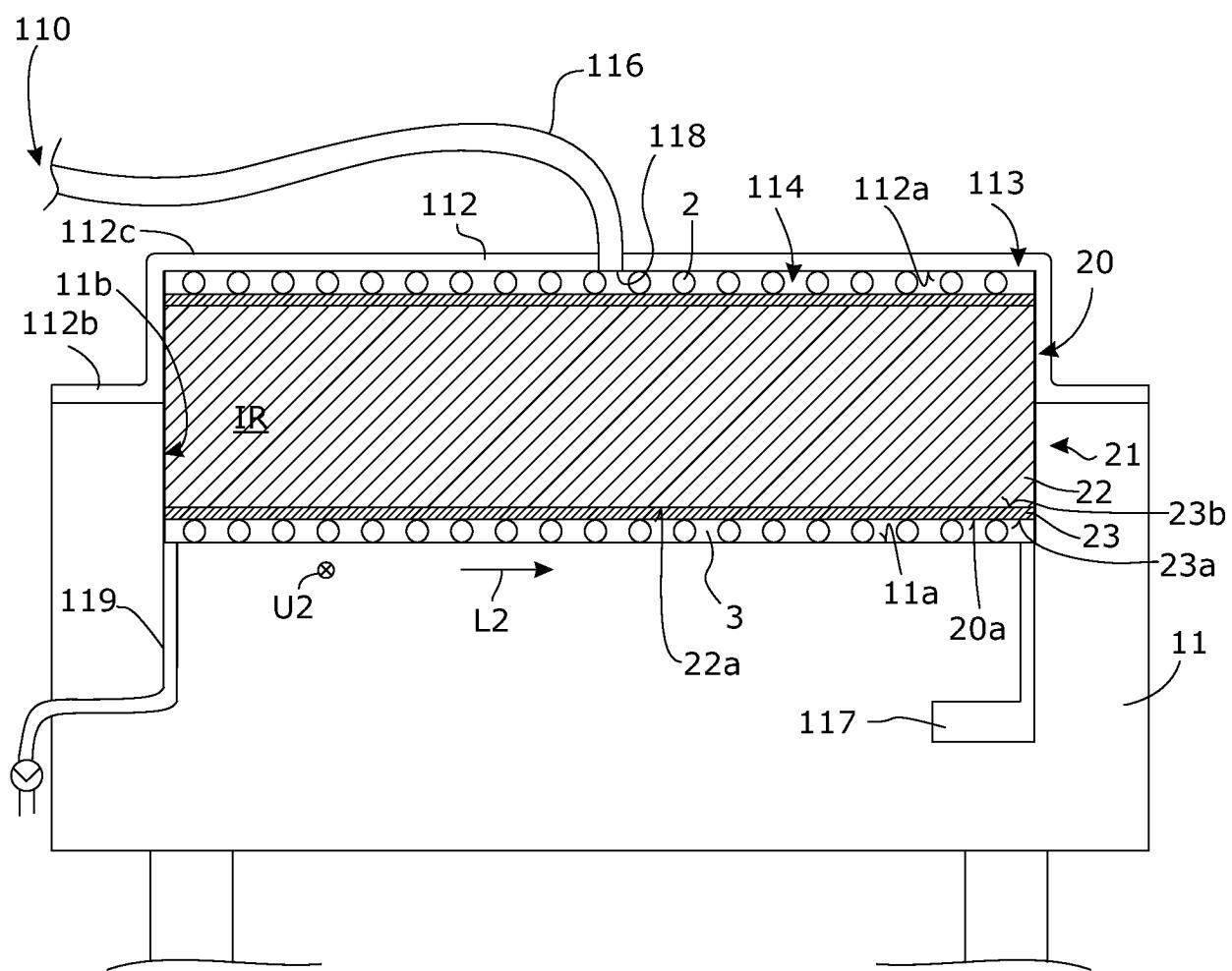


Fig. 1

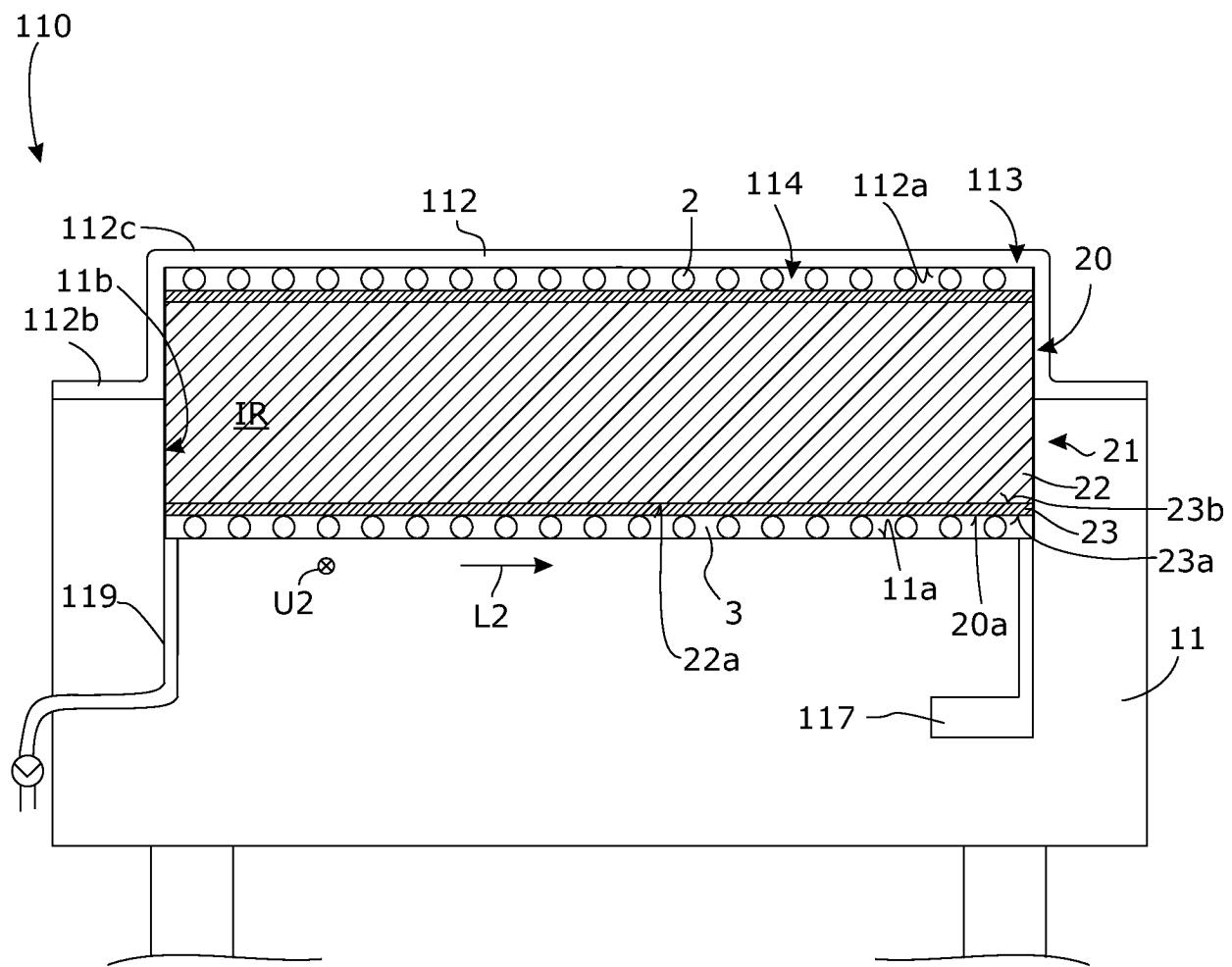


Fig. 2

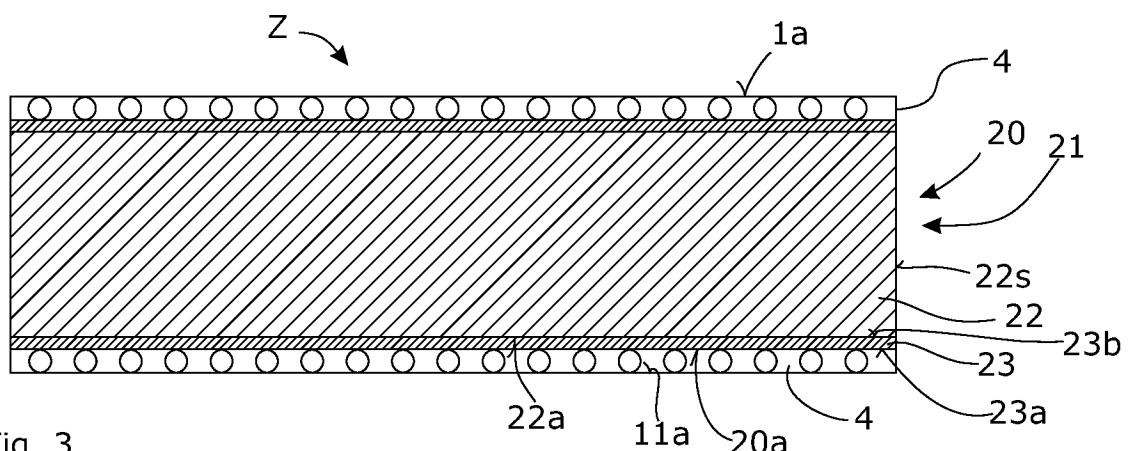


Fig. 3

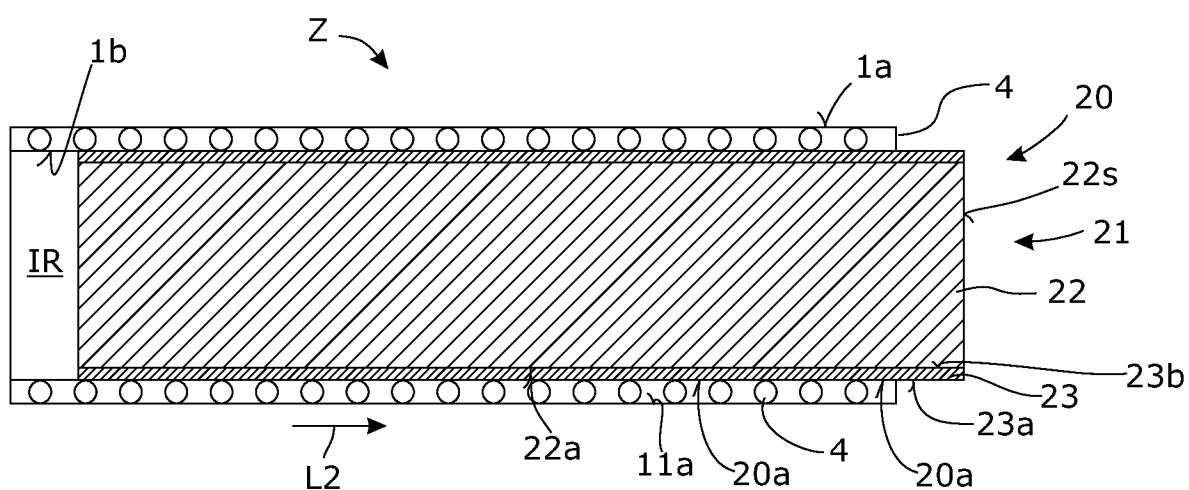


Fig. 4

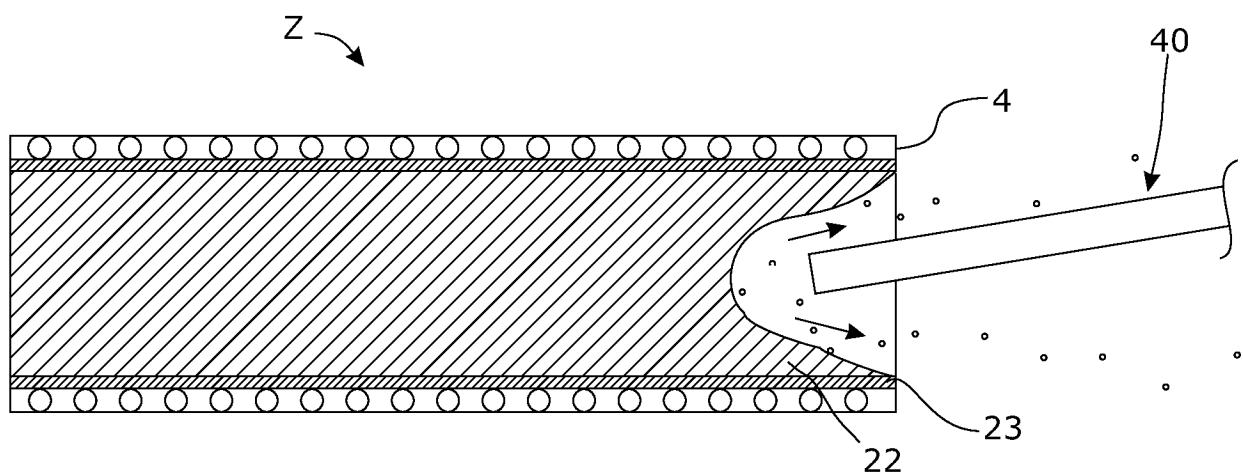


Fig. 5

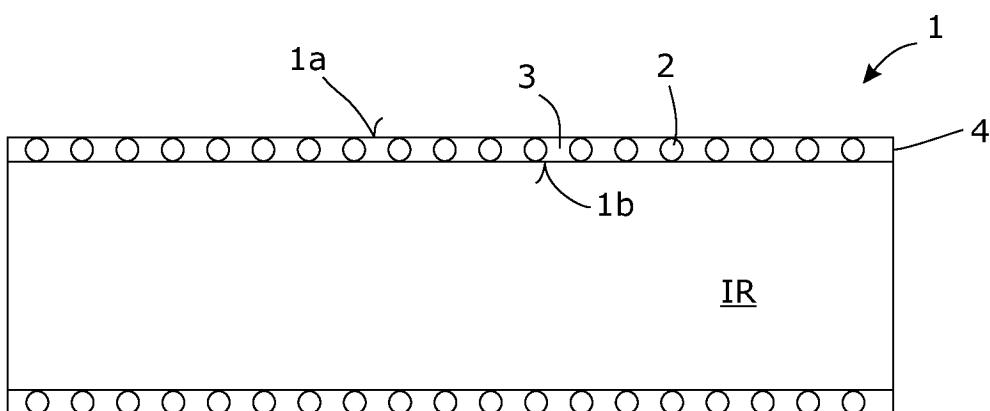


Fig. 6

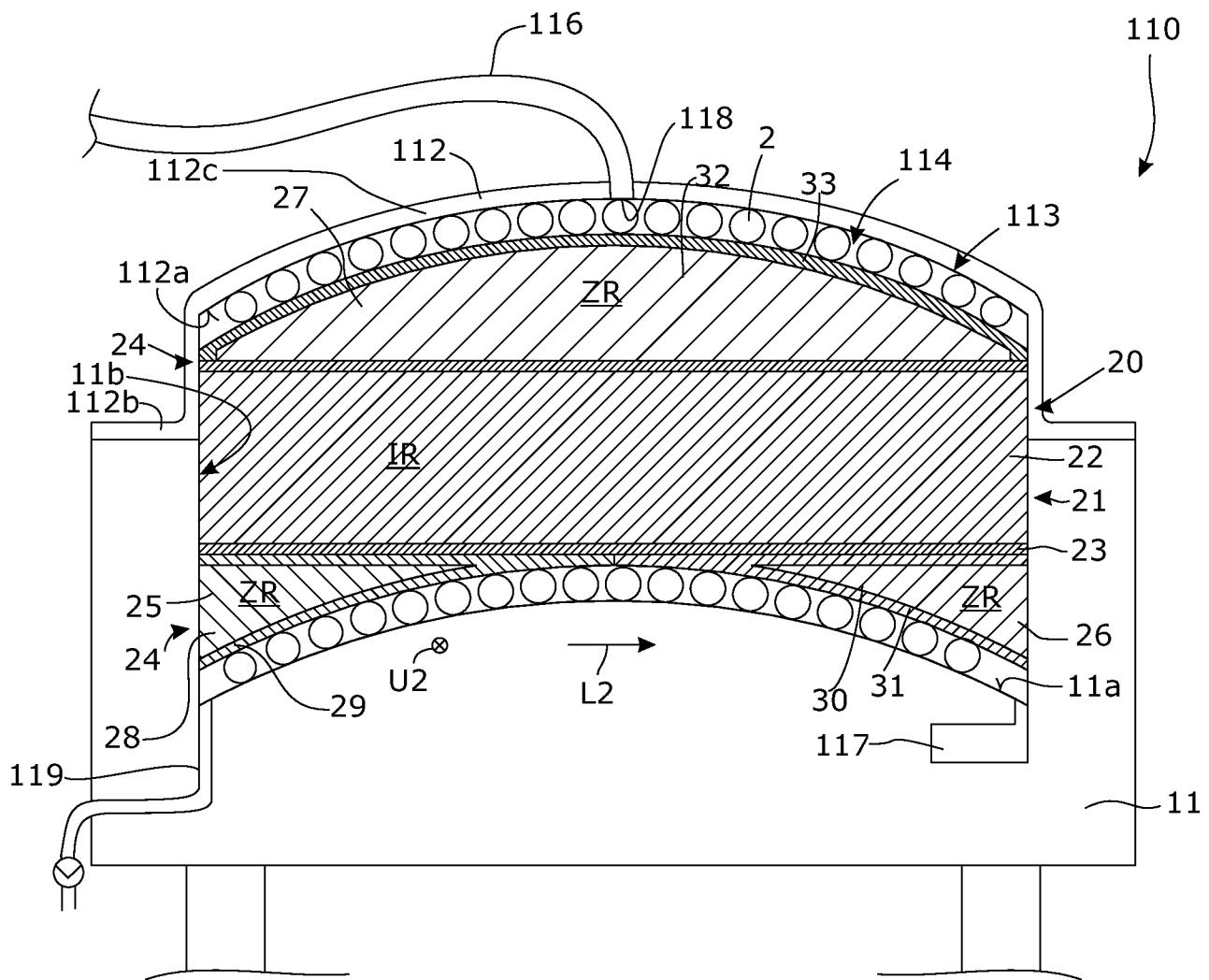


Fig. 7

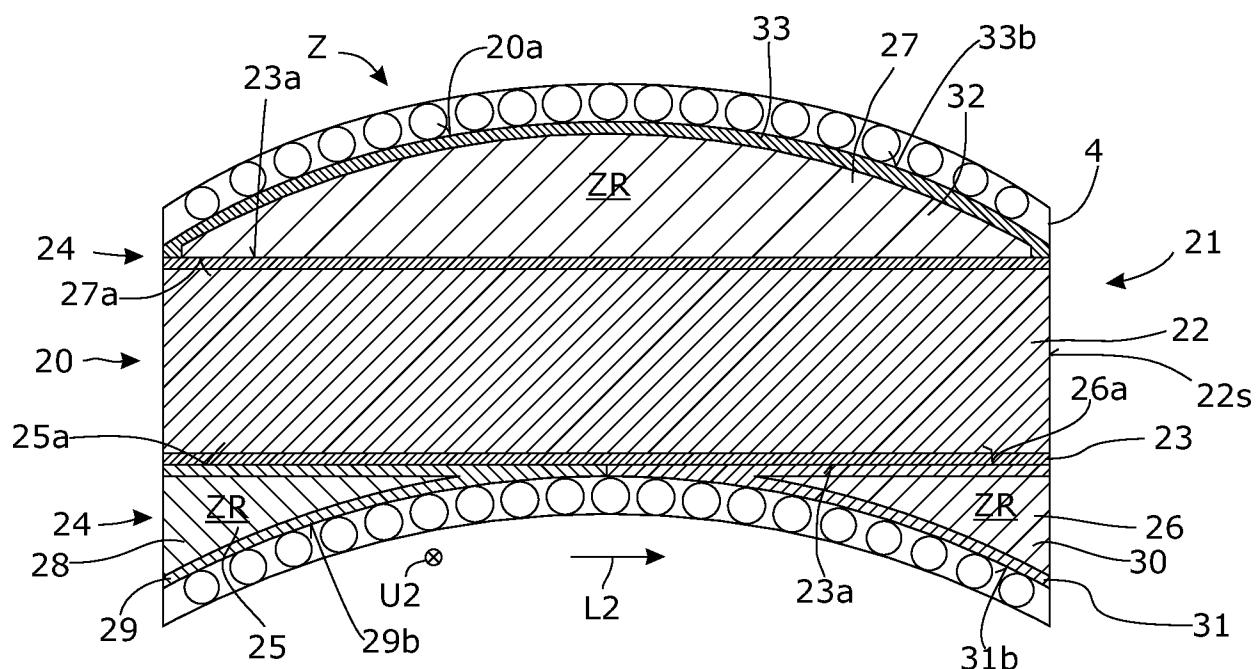


Fig. 8

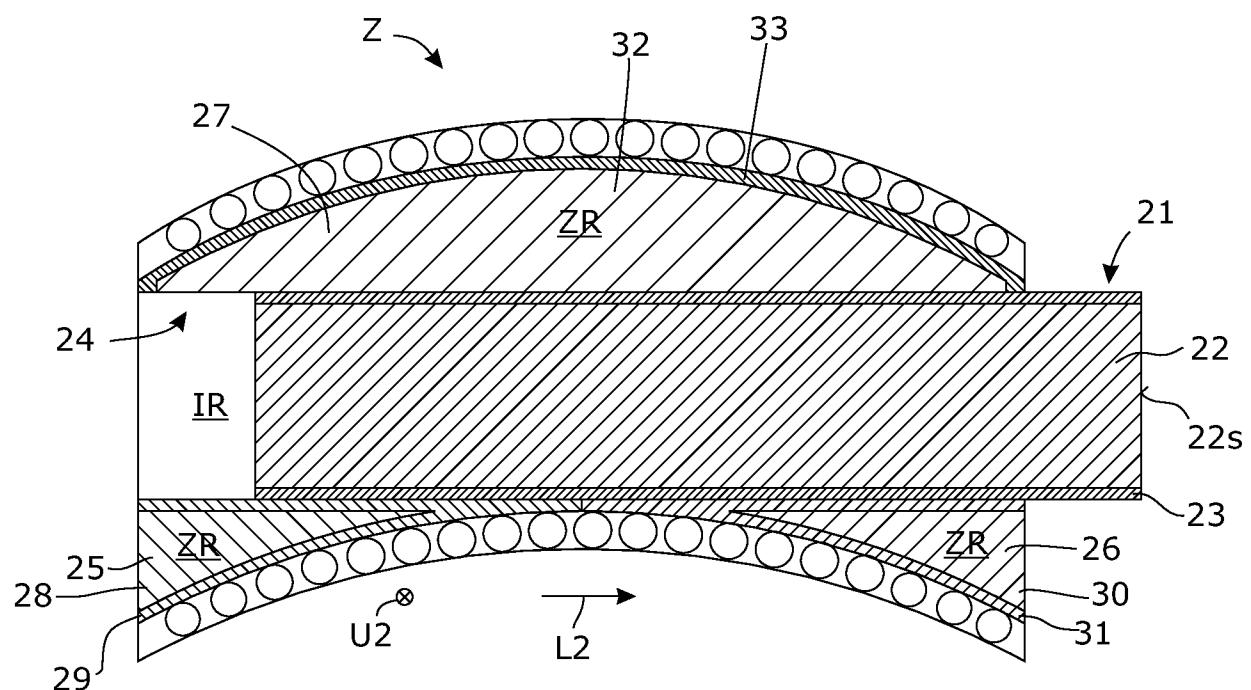


Fig. 9

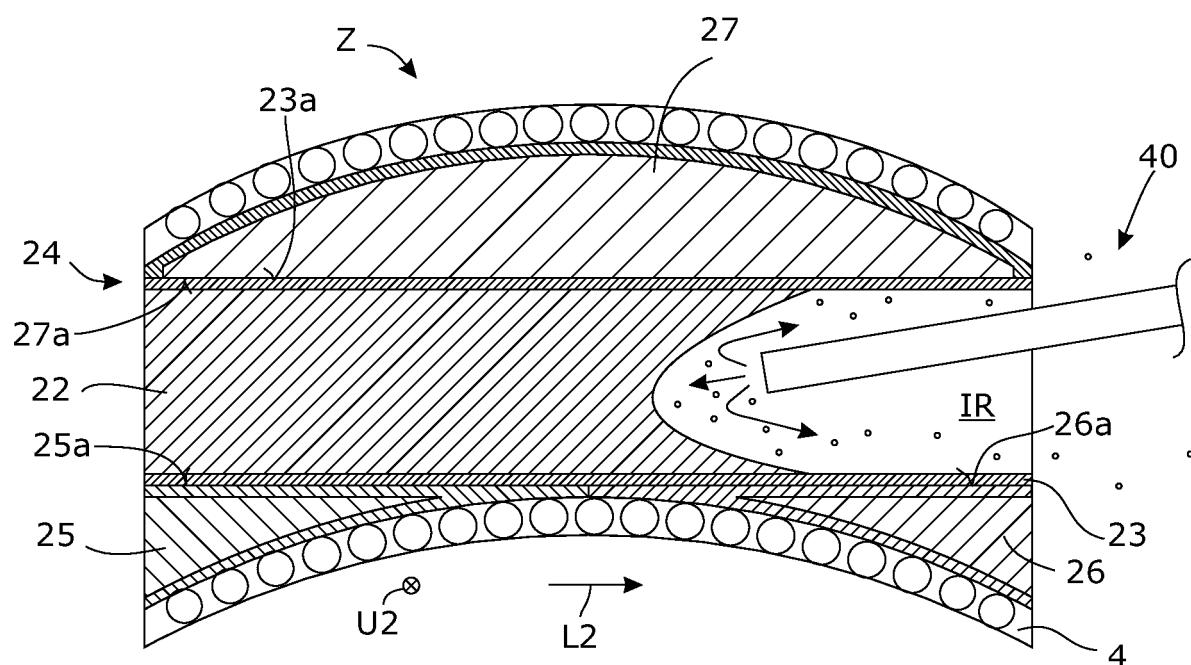


Fig. 10

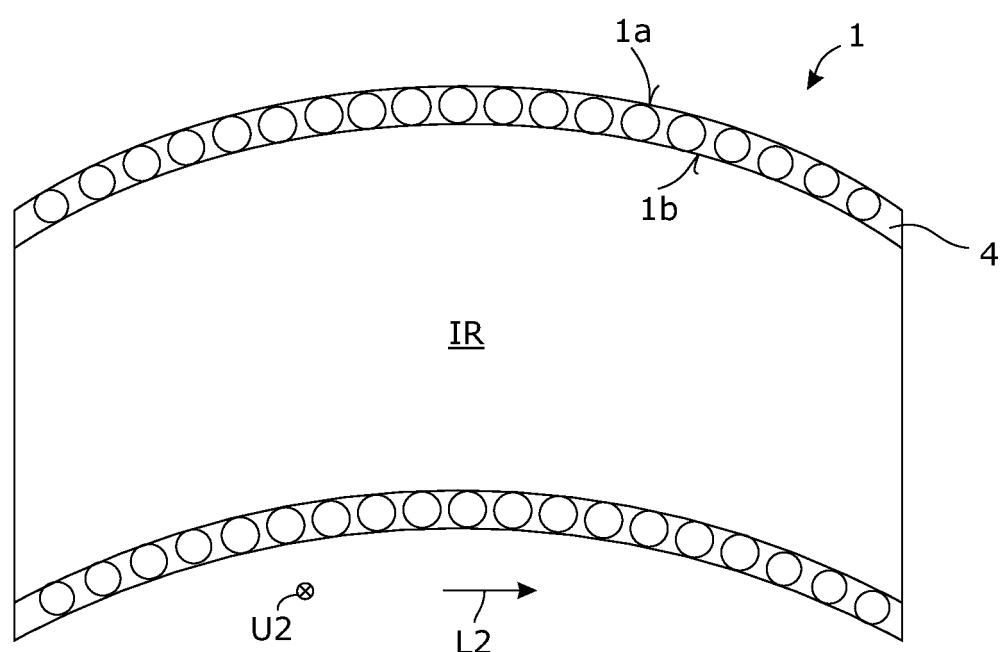


Fig. 11

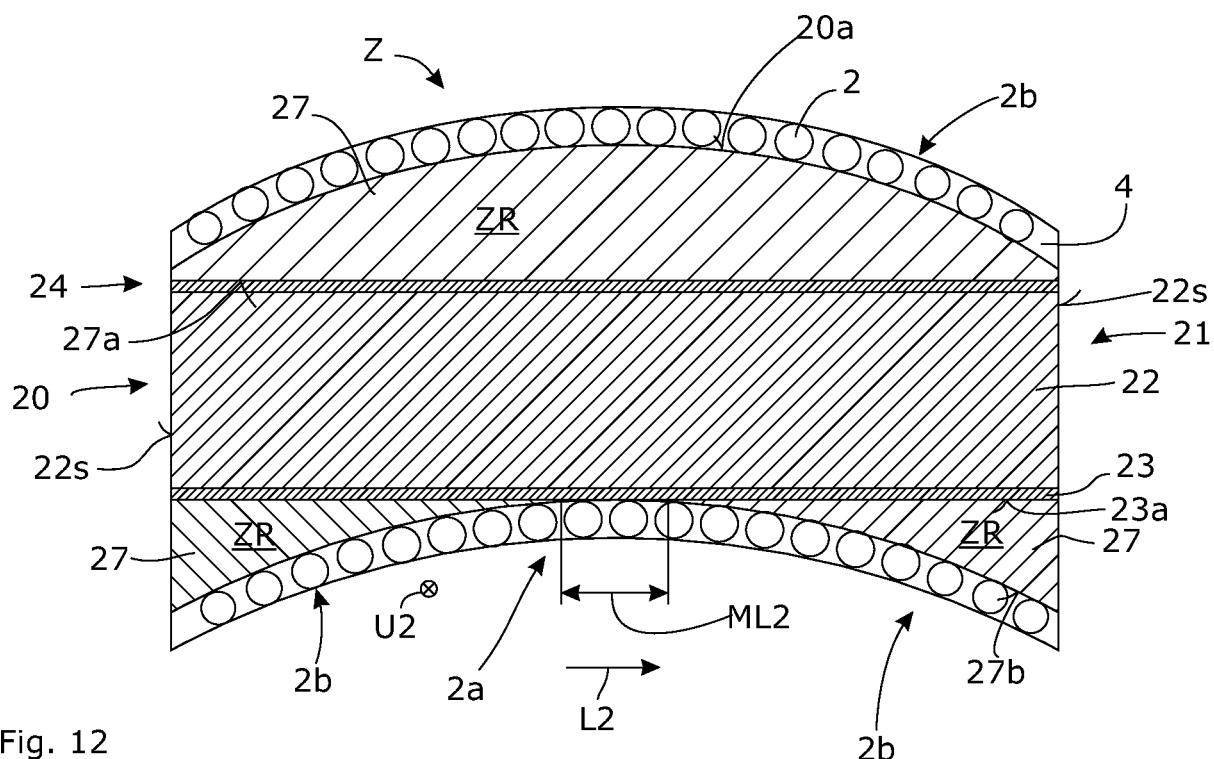


Fig. 12

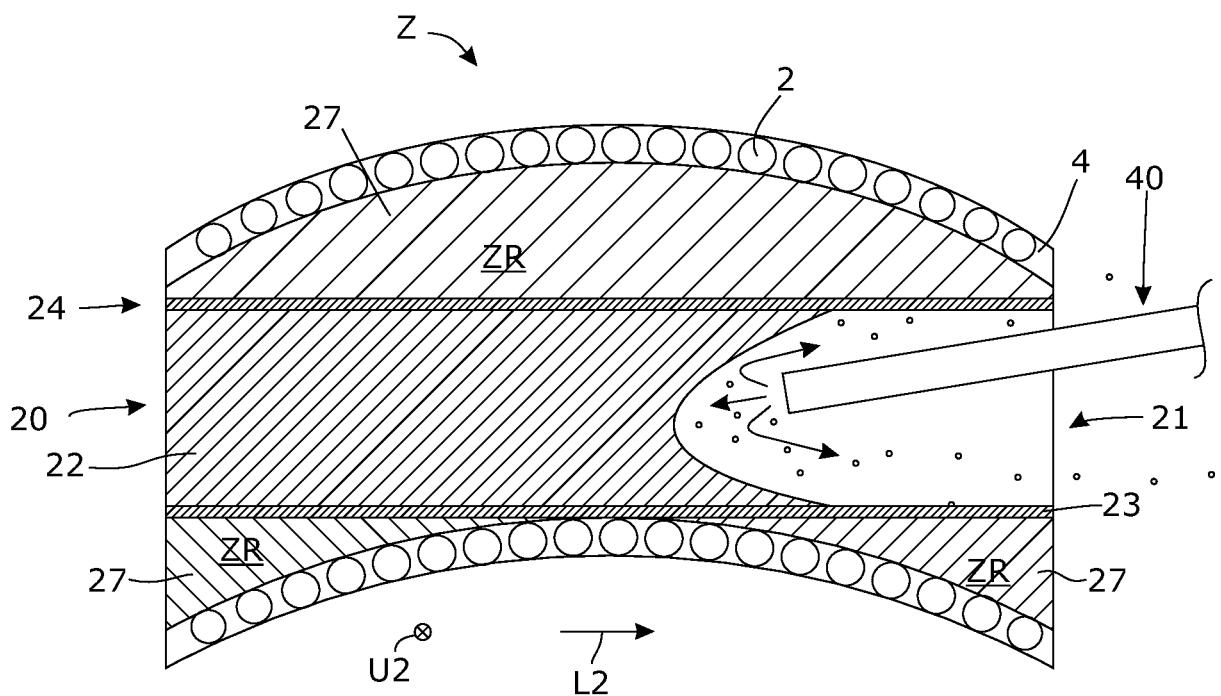


Fig. 13

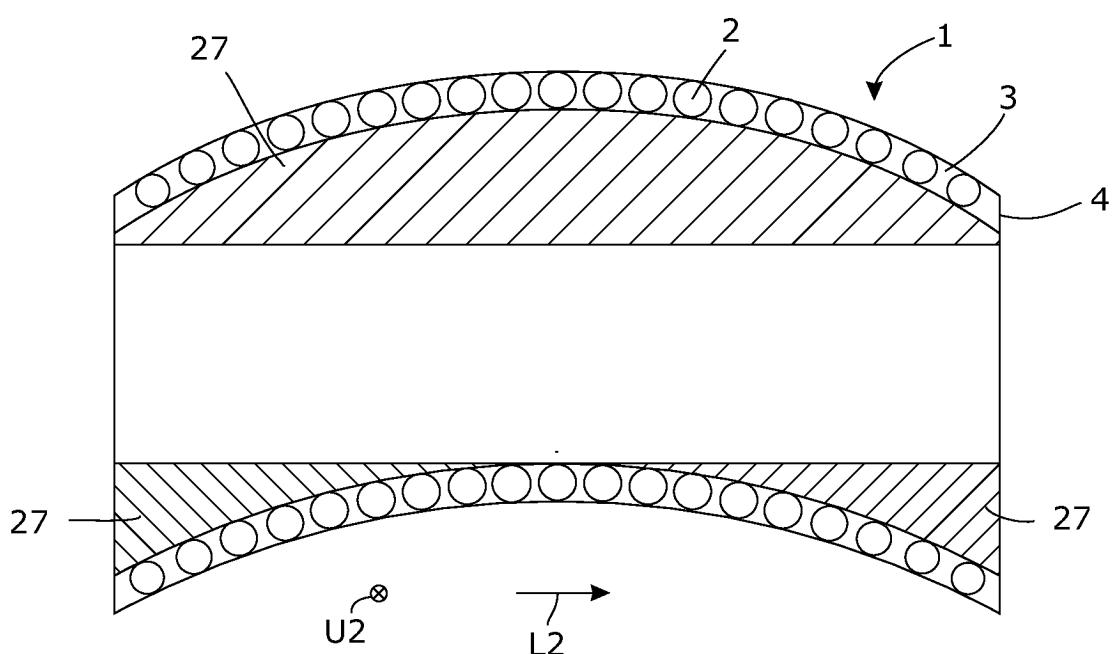


Fig. 14

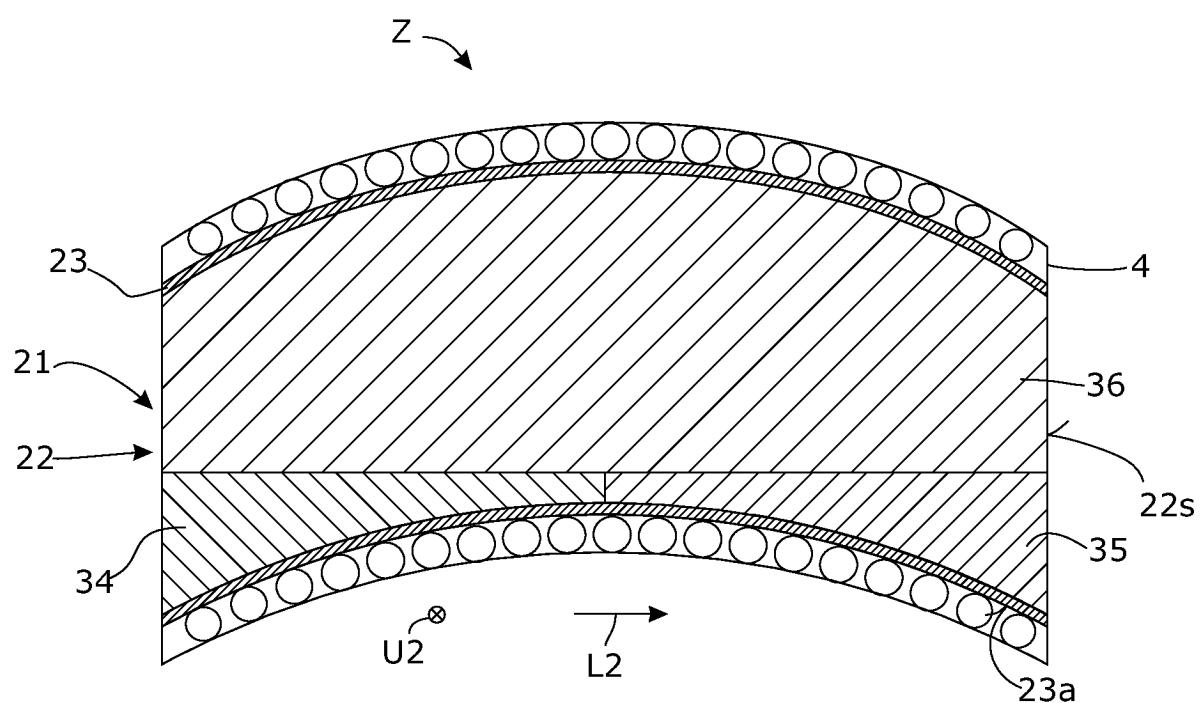


Fig. 15

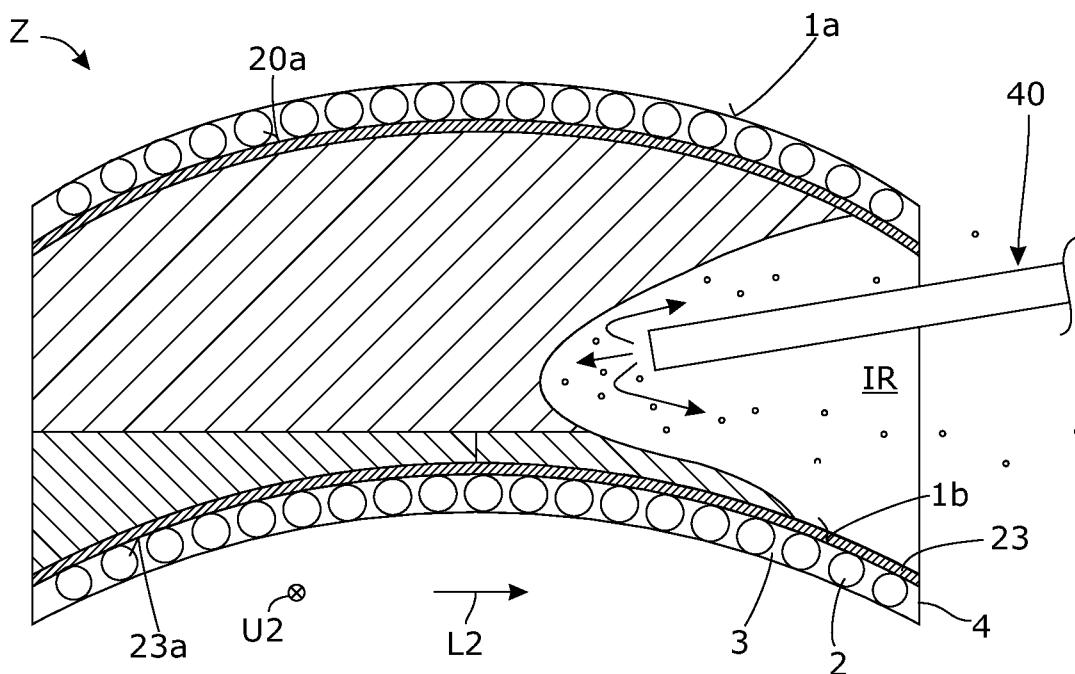


Fig. 16

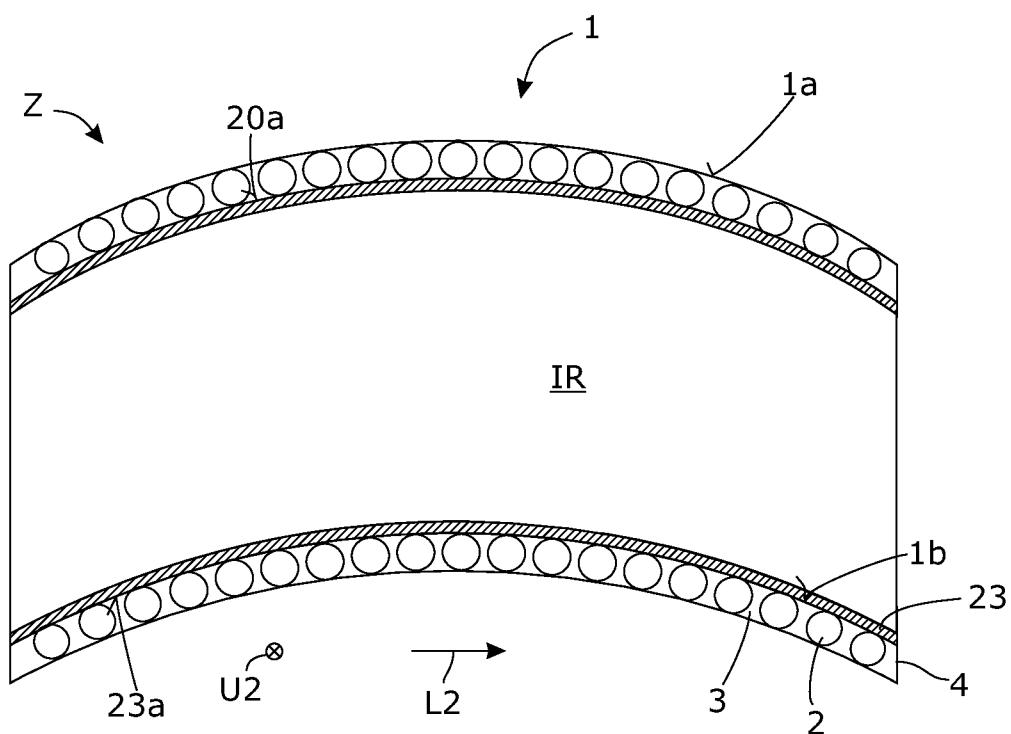


Fig. 17