



(10) **DE 10 2014 017 809 B4** 2017.03.23

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 017 809.9**  
(22) Anmeldetag: **03.12.2014**  
(43) Offenlegungstag: **09.06.2016**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **23.03.2017**

(51) Int Cl.: **B29C 70/48 (2006.01)**  
**B29C 70/00 (2006.01)**  
**B29C 70/54 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**AUDI AG, 85045 Ingolstadt, DE**

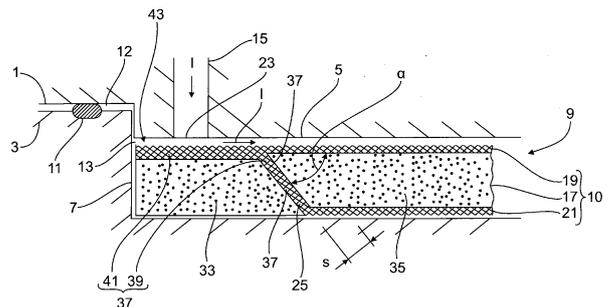
(72) Erfinder:  
**Krause, Michael Thomas, 74189 Weinsberg, DE;**  
**Loos, Tobias, 74189 Weinsberg, DE; Gormanns,**  
**Marc, 74235 Erlenbach, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	103 56 135	A1
DE	10 2009 060 699	A1
DE	60 2005 001 132	T2
US	2010 / 0 080 980	A1
EP	1 897 680	A1
EP	2 444 660	A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines Strukturbauteils**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Herstellung eines Strukturbauteils (27) im RTM-Verfahren mit einem Sandwichaufbau aus einer mittleren Kernschicht (17) und beidseitig angeordneten Decklagen (29, 30) aus einem faserverstärkten Kunststoff, bei dem ein Vorformling (10) aus der mittleren Kernschicht (17) und aus beidseitig angeordneten Decklagen-Faserhalbbeugen (19, 21) in eine Werkzeugkavität (9) eines Injektionswerkzeugs (1, 3) eingelegt wird und anschließend in einem Injektionsprozess unter Wärme und Injektionsdruck mit einer flüssigen Ausgangskomponente eines Matrixmaterials (24) umgossen wird, wobei ein erstes Decklagen-Faserhalbbeug (19) einer werkzeugseitigen Angusskanal-Mündung (23) zugewandt ist und diese in der Injektionsrichtung (I) überdeckt und ein zweites Decklagen-Faserhalbbeug (21) auf der von der Angusskanal-Mündung (23) abgewandten Seite der Kernschicht (17) angeordnet ist, die einen Fließkanal (25) begrenzt, durch den im Injektionsprozess die flüssige Matrixmaterial-Ausgangskomponente zum zweiten Decklagen-Faserhalbbeug (21) fließt, wobei zur Steigerung des Fließverhaltens das zweite Decklagen-Faserhalbbeug (21) mit einem Fließhilfeabschnitt (37) verlängert ist, der durch den Fließkanal (25) bis in Anlage mit dem ersten Decklagen-Faserhalbbeug (19) geführt ist, wobei der Fließhilfeabschnitt (37) des zweiten Decklagen-Faserhalbbeugs (21) und das erste Decklagen-Faserhalbbeug (19) im Bereich der Angusskanal-Mündung (23) eine Doppellagenstruktur (43) bilden, die die Kernschicht (17) vor einem Kollabieren unter der Injektionsdruckbeaufschlagung schützt und wobei der Fließhilfeabschnitt (37) ein materialidentischer sowie einstückiger Bestandteil des zweiten Decklagen-Faserhalbbeugs (21) ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Strukturbauteils im RTM-Verfahren mit einem Sandwichaufbau aus einer mittleren Kernschicht und beidseitig angeordneten Decklagen aus einem faserverstärkten Kunststoff. Das Strukturbauteil kann beispielhaft ein Außenhautteil eines Fahrzeugs sein.

**[0002]** Bei der automobilen Serienfertigung von faserverstärkten Strukturbauteilen setzt sich zunehmend die sogenannte High-Pressure-Resin-Transfer-Molding-(HP-RTM-)Technologie durch. Mit Hilfe des RTM-Verfahrens können Strukturbauteile in größerer Stückzahl sowie hohen Faservolumen gehalten reproduzierbar in kurzen Zykluszeiten hergestellt werden. Für die Herstellung eines Strukturbauteils im RTM-Verfahren werden noch trockene, das heißt noch nicht vom Matrixmaterial durchtränkte Faserhalbzeuge (zum Beispiel eine Schichtung von zugeschnittenen textilen Verstärkungshalbzeugen, wie zum Beispiel Gelege und Gewebe aus Kohlenstofffasern) in ein allseitig verschließbares Injektionswerkzeug eingelegt und bei hohem Druck von bis zu 100 bar und Temperaturen von oft über 100°C mit Reaktionsharz (zum Beispiel Epoxidharz, Polyesterharz oder Polyurethanharz) infiltriert. Einen besonders hohen Leichtbaunutzen verschafft die Kombination von faserverstärkten Strukturbauteilen (FVK-Strukturbauteile) mit Schaumkörpern als Sandwichaufbau. Der große Vorteil einer solchen Sandwichbauweise ist die extrem hohe Steifigkeit des Aufbaus bei gleichzeitiger Reduzierung des Bauteil-Gewichts.

**[0003]** Bei einem gattungsgemäßen Verfahren zur Herstellung eines solchen Strukturbauteils mit Sandwichaufbau wird ein Vorformling, bestehend aus einer mittleren Kernschicht, insbesondere ein Schaumkörper, und aus beidseitig angeordneten flächigen Faserhalbzeugen, die die Decklagen bilden, in die Werkzeugkavität des Injektionswerkzeuges eingelegt. Anschließend erfolgt der Injektionsprozess, bei dem eine flüssige Ausgangskomponente eines Matrixmaterials unter Wärme und Injektionsdruck in die Werkzeugkavität eingespeist wird.

**[0004]** In gängigen Injektionswerkzeugen kann eine Mündung des mit dem Matrixmaterial-Einspeisesystem verbundenen Angusskanals oberhalb des Vorformlings positioniert sein, wodurch ein Decklagen-Faserhalbzeug des Vorformlings des Angusskanal-Mündungsbereich nahezu unmittelbar überdeckt. Bei einer solchen Konstellation ergeben sich die folgenden Problemstellungen:

So herrscht während des Injektionsprozesses unmittelbar am Angusskanal-Mündungsbereich der größte Injektionsdruck, wodurch die Gefahr besteht, dass es zu einer Zerstörung, zum Beispiel einem Kollabieren, der Kernschicht kommt. Um ein solches Kollabieren

zu vermeiden, kann eine Schicht aus einem Strukturschaum verwendet werden, der eine entsprechend spezifische Dichte aufweist, wodurch jedoch die angestrebten Leichtbaugrade verloren gehen.

**[0005]** Zudem ist zu gewährleisten, dass die injizierte Matrixmaterial-Ausgangskomponente auf die, von der Angusskanal-Mündung abgewandte Seite der Kernschicht fließt. Hierfür sind in der Kernschicht Fließkanäle vorgesehen, durch die die flüssige Matrixmaterial-Ausgangskomponente überströmen kann. Nachteilig ist jedoch, dass das Matrixmaterial in den Fließkanälen nicht mit Verstärkungsfasern durchsetzt ist und daher bei der Aushärtung einer Materialschwindung unterworfen ist. Die Bereitstellung der Fließkanäle führt im Strukturbauteil zu Bereichen mit reduzierter Bauteilfestigkeit.

**[0006]** Aus der DE 10 2009 060 699 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung eines faserverstärkten Verbundbauteils bekannt, bei dem eine Fließhilfe zur Verteilung eines Matrixmaterials über das zu infiltrierende Verbundbauteil verwendet wird. Die Fließgeschwindigkeit des Matrixmaterials innerhalb der Fließhilfe kann zumindest abschnittsweise verändert werden.

**[0007]** In der EP 2 444 660 A1 ist ein Windturbinenblatt sowie ein entsprechendes Herstellungsverfahren offenbart. Das Windturbinenblatt weist einen Sandwichaufbau aus einer mittleren Kernschicht und beidseitig angeordneten Decklagen aus einem faserverstärkten Kunststoff auf, wobei bei dessen Herstellung ein Vorformling aus der mittleren Kernschicht und aus beidseitig angeordneten Decklagen-Faserhalbzeugen in eine Werkzeugkavität eines Injektionswerkzeuges eingelegt wird und anschließend in einem Injektionsprozess unter Wärme und Injektionsdruck mit einer flüssigen Ausgangskomponente eines Matrixmaterials umgossen wird.

**[0008]** Die EP 1 897 680 A1 beschäftigt sich mit einem Verfahren zur Herstellung eines Sandwich-Bauteils mit einem Wabenkern, wobei ein aliphatisches Polyesterharz als Matrixmaterial verwendet wird.

**[0009]** Die US 2010/0 080 980 A1 offenbart ein Verfahren zur Herstellung von Verbundstrukturen mit einem zwischen harzprägnierten Verbundschichten angeordneten Kern. Die Kernschicht ist zwischen mindestens zwei Stoffschichten angeordnet.

**[0010]** Die DE 103 56 135 A1 offenbart ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteils aus einem Faserverbundwerkstoff, bei dem ein Faserhalbzeug mit Harz infiltriert wird, wobei zwischen einer ersten Faserhalbzeuglage und einer zweiten Faserhalbzeuglage eine Kernstruktur positioniert wird. Es sind Kanäle in der Kernstruktur gebildet, durch welche das Harz fließt.

ßen und den Faserhalbzeuglagen zugeführt werden kann.

**[0011]** Die DE 60 2005 001 132 T2 offenbart ein geformtes Laminat, umfassend: eine erste Faserverstärkungsmateriallage; eine erste Verbindungsmateriallage; eine poröse Kernmateriallage; eine zweite Verbindungsmateriallage; und eine zweite faserige Verstärkung, wobei alle obigen in dieser Reihenfolge laminiert sind. Die erste Faserverstärkungsmateriallage umfasst ein ausgehärtetes erstes faseriges Verstärkungsmaterial, welches mit einem thermisch aushärtenden Kunststoff imprägniert ist, wobei die Dicke der ersten Verbindungsmateriallage die Hälfte der Dicke der zweiten Verbindungsmateriallage beträgt.

**[0012]** Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Herstellung eines Strukturbauteils bereitzustellen, bei dem in prozesstechnisch einfacher Weise ein einwandfreier Sandwichaufbau erzielt werden kann.

**[0013]** Die Aufgabe ist durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen offenbart.

**[0014]** Erfindungsgemäß wird während des Injektionsprozesses das Fließverhalten der flüssigen Matrixmaterial-Ausgangskomponente dadurch gesteigert, dass das, der Angusskanal-Mündung abgewandte zweite Decklagen-Faserhalbzeug mit einem Fließhilfeabschnitt verlängert ist. Der Fließhilfeabschnitt ist durch den Fließkanal bis in Anlage mit dem ersten Decklagen-Faserhalbzeug geführt, dass der Angusskanal-Mündung zugewandt ist. Erfindungsgemäß sind somit die von der Angusskanal-Mündung abgewandten, das heißt unteren Verstärkungsfaserlagen bis unmittelbar vor dem Angusskanal-Mündungsbereich nach oben zu den oberen Verstärkungsfaserlagen geführt. Die flüssige Matrixmaterial-Ausgangskomponente kann somit in der Injektionsrichtung betrachtet unmittelbar nach der Angusskanal-Mündung in den Fließkanal einströmen, der mit dem unteren Verstärkungsfaserlagen durchsetzt ist. Auf diese Weise bleibt nach erfolgter Aushärtung die ansonsten erfolgende Materialschwindung im Fließkanal weg, wodurch es zu keiner Festigkeitsreduzierung kommt.

**[0015]** Zudem kann der zum ersten Decklagen-Faserhalbzeug (ist der Angusskanal-Mündung zugewandt) geführte Fließhilfeabschnitt des zweiten Decklagen-Faserhalbzeugs im Mündungsbereich des Angusskanals eine Doppellagenstruktur bilden, mit der beim Injektionsprozess die Kernschicht vor einem Kollabieren unter Injektionsdruckbeaufschlagung geschützt wird. In der Doppellagenstruktur kann der Fließhilfeabschnitt sowie das erste Decklagen-Faserhalbzeug in flächiger Anlage gebracht sein. Der Fließhilfeabschnitt des zweiten Decklagen-Fa-

serhalbzeugs kann dabei bevorzugt auf der von der Angusskanal-Mündung abgewandten Seite des ersten Decklagen-Faserhalbzeugs positioniert sein.

**[0016]** In einer technischen Umsetzung kann der Fließhilfeabschnitt ein materialeinheitlicher sowie einstückiger Bestandteil des zweiten Decklagen-Faserhalbzeugs sein. Der Fließhilfeabschnitt kann in zwei Segmente unterteilt sein, und zwar in ein erstes Segment, das durch den Fließkanal geführt ist und in das zweite Segment übergeht, das – unter Bildung der Doppellagenstruktur – in Anlage mit dem ersten Decklagen-Faserhalbzeug ist.

**[0017]** Im Hinblick auf ein einwandfreies Fließverhalten kann der Fließkanal, entgegen der Injektionsrichtung betrachtet, in einem spitzen Winkel mit dem ersten Decklagen-Faserhalbzeug (ist der Angusskanal-Mündung zugewandt) zusammenlaufen.

**[0018]** In einer ersten Ausführungsform kann der Fließkanal wie folgt realisiert sein: So kann die Kernschicht zweiteilig mit einem ersten und einem zweiten Kernschichtteil ausgebildet sein. Die beiden zugewandten Ränder der Kernschichtteile können unter Bildung des Fließkanals über ein Spaltmaß voneinander beabstandet sein. Dabei kann das erste Kernschichtteil zusammen mit der Doppellagenstruktur, in der Injektionsrichtung betrachtet, die Angusskanal-Mündung überdecken, während das zweite Kernschichtteil, in der Injektionsrichtung betrachtet, über einen Fließweg von der Angusskanal-Mündung beabstandet ist. Die beiden Kernschichtteile können materialidentisch sein. Alternativ dazu kann das, die Angusskanal-Mündung überdeckende erste Kernschichtteil eine größere Festigkeit aufweisen als das von der Angusskanal-Mündung beabstandete zweite Kernschichtteil. Die Festigkeit des ersten Kernschichtteils kann dabei so ausgelegt sein, dass ein Kollabieren während des Injektionsprozesses verhindert ist. Nach erfolgter Aushärtung wird das Strukturbauteil aus der Werkzeugkavität entnommen und erfolgt ein Zuschneiden, bei dem der Fließhilfeabschnitt zusammen mit dem ersten Kernschichtteil höherer Festigkeit vom Strukturbauteil getrennt wird.

**[0019]** In einer zweiten Ausführungsvariante wird der Fließkanal wie folgt realisiert: So wird ein Kernschichttrand unter Bildung des Fließkanals über ein Spaltmaß von einer Werkzeug-Formfläche beabstandet. Der Fließkanal ist somit zwischen dem Kernschichttrand und der, die Werkzeugkavität begrenzenden Werkzeug-Formfläche definiert.

**[0020]** Das Injektionswerkzeug kann in an sich gängiger Praxis zweiteilig ausgeführt sein, wobei die beiden Werkzeugteile die Werkzeugkavität begrenzen und zueinander hubverstellbar angeordnet sind. In einem der beiden Werkzeugteile kann die oben erwähnte Werkzeug-Formfläche eingearbeitet sein, die

zusammen mit dem Kernschichttrand den Fließkanal definiert. Die Werkzeug-Formfläche kann in eine außerhalb der Werkzeugkavität befindliche Werkzeug-Anlagefläche übergehen. Während des Injektionsprozesses ist das erste Werkzeugteil mit seiner Werkzeug-Anlagefläche (Teilungsfläche) unter Zwischenlage der oben erwähnten Doppellagenstruktur in Dichtanlage mit dem gegenüberliegenden Werkzeugteil. Während des Injektionsprozesses wird die flüssige Ausgangskomponente daher zunächst, in der Injektionsrichtung betrachtet, in die Doppellagenstruktur infiltriert. Anschließend strömt ein Teil der flüssigen Ausgangskomponente über den Fließkanal zum zweiten Decklagen-Faserhalbzeug auf der von der Angusskanal-Mündung abgewandten Seite. Nach erfolgter Aushärtung wird das Strukturbauteil entnommen und erfolgt ein Zuschnitt, bei dem die randseitige Doppellagenstruktur des Strukturbauteils abgeschnitten wird. Im Unterschied zur obigen ersten Ausführungsvariante bleibt daher die Kernschicht auch nach dem Zuschneidevorgang vollständig umhüllt von den beiden Decklagen.

**[0021]** Die vorstehend erläuterten und/oder in den Unteransprüchen wiedergegebenen vorteilhaften Aus- und/oder Weiterbildungen der Erfindung können – außer zum Beispiel in den Fällen eindeutiger Abhängigkeiten oder unvereinbarer Alternativen – einzeln oder aber auch in beliebiger Kombination miteinander zur Anwendung kommen.

**[0022]** Die Erfindung und ihre vorteilhaften Aus- und Weiterbildungen sowie deren Vorteile sind nachfolgend anhand von Zeichnungen näher erläutert.

**[0023]** Es zeigen:

**[0024]** Fig. 1 in einer Teilschnittansicht ein fertiggestelltes Strukturbauteil mit Sandwichaufbau;

**[0025]** Fig. 2 und Fig. 3 jeweils Ansichten, die die Herstellung des Strukturbauteils veranschaulichen;

**[0026]** Fig. 4 in einer Ansicht entsprechend der Fig. 1 ein Strukturbauteil gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel;

**[0027]** Fig. 5 und Fig. 6 jeweils Ansichten entsprechend der Fig. 2 und Fig. 3; sowie

**[0028]** Fig. 7 eine Ansicht, anhand der ein nicht von der Erfindung umfasstes Herstellungsverfahren veranschaulicht ist.

**[0029]** Für ein einfaches Verständnis der Erfindung wird zunächst anhand der Fig. 7 ein nicht von der Erfindung umfasstes Verfahren zur Herstellung eines Strukturbauteils mit Sandwichaufbau beschrieben. Demzufolge ist in der Fig. 7 ein aus zwei Werkzeugteilen 1, 3 gebildetes Injektionswerkzeug in ei-

nem geschlossenen Zustand gezeigt, in dem die Formflächen 5, 7 der Werkzeugteile 1, 3 eine Werkzeugkavität 9 definieren. In der Werkzeugkavität 9 ist ein später beschriebener Vorformling 10 eingelegt.

**[0030]** Zur Abdichtung der Werkzeugkavität 9 ist außerhalb davon ein umlaufendes Dichtelement 11 angeordnet, mittels der ein schmaler Trennspace 12 zwischen den beiden Werkzeugteilen 1, 3 abgedichtet ist. Der schmale Trennspace 12 mündet an einer Verbindungsfuge 13 in die Werkzeugkavität 9. Die beiden Werkzeugformflächen 5, 7 gehen an der Verbindungsfuge 13 ineinander über.

**[0031]** In der oberen Formfläche 5 des oberen Werkzeugteils 1 mündet ein Angusskanal 15 in die Werkzeugkavität 9, der mit einem (nicht gezeigten) Einspeisesystem zur Injektion einer flüssigen Matrixmaterial-Ausgangskomponente verbunden ist.

**[0032]** Der Vorformling 10 ist in der Fig. 1 mehrschichtig aufgebaut, und zwar mit einer mittleren Kernschicht 17 sowie beidseitig davon angeordneten oberen und unteren flächigen Decklagen-Faserhalbzeugen 19, 21. Diese bilden nach erfolgtem Injektionsprozess die oberen und unteren Decklagen 29, 30 des fertiggestellten Struktur-Bauteils (vgl. Fig. 1 oder Fig. 4). Das obere, d. h. erste Decklagen-Faserhalbzeug 19 ist der werkzeugseitigen Angusskanal-Mündung 23 zugewandt angeordnet und überdeckt diese in einer Injektionsrichtung I. Das untere, d. h. zweite Decklagen-Faserhalbzeug 21 ist dagegen auf der von der Angusskanal-Mündung 23 abgewandten Seite der Kernschicht 17 angeordnet. Um eine einwandfreie Infiltration des zweiten Decklagen-Halbzeuges 21 zu gewährleisten, sind in der mittleren Kernschicht 17 als Fließhilfe 25 Bohrungen bereitgestellt. Beim Injektionsprozess wird die flüssige Ausgangskomponente des Matrixmaterials durch den Angusskanal 15 in die Werkzeugkavität 9 eingespeist. Dabei staut sich die flüssige Ausgangskomponente am Mündungsbereich 23 vor dem ersten Decklagen-Faserhalbzeug 19 unter Aufbau sehr hoher Injektionsdrücke, die zu einem Kollabieren der mittleren Kernschicht führen können. Zudem ist das in den Bohrungen 25 befindliche Matrixmaterial nicht mit Verstärkungsfasern durchsetzt und daher nach erfolgter Aushärtung einer Materialschwindung unterworfen, wodurch sich in diesem Bereich gegebenenfalls eine reduzierte Bauteilfestigkeit ergibt.

**[0033]** Nachfolgend ist anhand der Fig. 1 bis Fig. 3 ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung des in der Fig. 1 gezeigten Strukturbauteils 27 beschrieben: So weist das fertiggestellte flächige Strukturbauteil 27 einen Sandwichaufbau mit der bereits erwähnten mittleren Kernschicht 17, etwa ein Schaumkörper, und den beidseitig angeordneten Decklagen 29, 30 auf. Die beiden Decklagen 29, 30 sind jeweils aus einem faserverstärkten Kunststoff

hergestellt, bei dem die bereits erwähnten Decklagen-Faserhalbzeuge **19, 21** in einem Matrixmaterial **24** (in der **Fig. 1** gepunktet angedeutet) eingebettet sind. Zudem überdecken die beiden Decklagen **29, 30** die mittlere Kernschicht **17** oben und unten vollständig, mit Ausnahme einer randseitigen Zuschnittkante **31**, an der die mittlere Kernschicht **17** freigelegt ist.

**[0034]** Für die Herstellung des Strukturbauteils **27** wird zunächst gemäß der **Fig. 2** der Vorformling **10** in die Werkzeugkavität **9** eingelegt. Der Vorformling ist aus den beiden noch trockenen, das heißt noch nicht mit dem Matrixmaterial **24** durchtränkten Decklagen-Faserhalbzeugen **19, 21** sowie der mittleren Kernschicht **17** aufgebaut.

**[0035]** In der **Fig. 2** ist die Kernschicht **17** zweiteilig ausgeführt, und zwar mit einem ersten Kernschichtteil **33** und einem zweiten Kernschichtteil **35**. Die beiden einander zugewandten Ränder **37** der Kernschichtteile **33, 35** sind unter Bildung des Fließkanals **25** über ein Spaltmaß  $s$  voneinander beabstandet. Der Fließkanal **25** läuft, entgegen der Injektionsrichtung  $I$  betrachtet, mit dem ersten Decklagen-Halbzeug **19** in einem spitzen Winkel  $\alpha$  (**Fig. 2**) zusammen. In der **Fig. 2** ist das untere, d. h. zweite Decklagen-Faserhalbzeug **21** mit einem Fließhilfeabschnitt **37** verlängert. Dieser ist mit einem ersten Segment **39** durch den schräggestellten Fließkanal **25** geführt. Daran anschließend ist ein zweites Segment **41** des Fließhilfeabschnittes **37** in flächiger Anlage mit dem oberen, ersten Decklagen-Faserhalbzeug **19** gebracht, und zwar unter Bildung einer Doppellagenstruktur **43**, die unmittelbar vor dem Mündungsbereich **23** des Angusskanals **15** positioniert ist.

**[0036]** In der **Fig. 2** sind die beiden Kernschichtteile **33, 35** mit unterschiedlicher Dichte/Druckfestigkeit gefertigt. So ist das erste Kernschichtteil **33** mit einer vergleichsweise hohen Dichte/Druckfestigkeit ausgelegt, um ein Kollabieren unter Injektionsdruckbeaufschlagung zu vermeiden. Demgegenüber ist das zweite Kernschichtteil **35** mit einer reduzierten Druckfestigkeit ausgeführt. Entsprechend ist auch die Schaumdichte des zweiten Kernschichtteils **35** reduziert, was im Hinblick auf das Bauteilgewicht günstig ist.

**[0037]** Nach der Aushärtung wird in einem Schneidschritt  $S$  (in der **Fig. 3** und **Fig. 1** durch strichpunktierter Linie angedeutet) der nicht mehr erforderliche Randbereich **45** vom hergestellten Strukturbauteil **27** weggeschnitten, und zwar unter Bildung der bereits erwähnten Zuschnittkante **31** (**Fig. 1**). Der Randbereich **45** weist in der **Fig. 3** das erste Kernschichtteil **33** sowie den Fließhilfeabschnitt **37** und die Doppellagenstruktur **43** auf.

**[0038]** In der **Fig. 4** ist ein Strukturbauteil **27** gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel gezeigt. Im Unterschied zur **Fig. 1** laufen in der **Fig. 4** die beiden Decklagen **29, 30** an der Zuschnittkante **31** zusammen, wodurch die mittlere Kernschicht **17** auch an der Zuschnittkante **31** von den beiden Decklagen **29, 30** überdeckt ist.

**[0039]** Zur Herstellung des in der **Fig. 4** gezeigten Strukturbauteils **27** wird in der **Fig. 5** der Fließkanal **25** nicht mehr zwischen zwei Kernschichtteilen gebildet, sondern zwischen einem Kernschichttrand **37** und einer Formfläche **7** des unteren Werkzeugteils **3** bereitgestellt, die über ein Spaltmaß  $s$  voneinander beabstandet sind. Die Werkzeug-Formfläche **7** geht in eine im Randbereich der Werkzeugkavität **9** angeordnete Werkzeug-Anlagefläche **49** über. Zur Durchführung des Injektionsprozesses ist die Werkzeug-Anlagefläche **49** des unteren Werkzeugteils **3** unter Zwischenlage der Doppellagenstruktur **43** gegen das obere Werkzeugteil **1** gedrückt. Am Außenrand der Doppellagenstruktur **43** ist beidseitig der Doppellagenstruktur **43** ein Dichtelement **53** vorgesehen, das in Dichtanlage gegen die einander zugewandten Werkzeugflächen der beiden Werkzeugteile **1, 3** ist. Das Dichtelement **53** ist plastisch oder elastisch deformierbar, so dass nach dem Einlegen des Vorformlings **10** in die Werkzeugkavität **9** ein Spaltinjektionsverfahren erfolgen kann, bei dem in einem ersten Schritt das obere Werkzeugteil **1** unvollständig (**Fig. 5**) geschlossen wird. Auf diese Weise verbleibt zwischen der oberen Werkzeugfläche **5** und dem Vorformling **10** ein freier Spalt **57**. In einem folgenden Prozessschritt wird dann die flüssige Ausgangskomponente des Matrixmaterials in den freien Spalt **57** injiziert und dort bei reduziertem Fließwiderstand flächig verteilt. Anschließend wird in einem dritten Prozessschritt (nicht gezeigt) die Werkzeugkavität **9** bis auf eine, der endgültigen Bauteilhöhe entsprechende Kavitätshöhe geschlossen, wodurch die beiden Decklagen-Faserhalbzeuge **19, 21** mit dem Matrixmaterial durchtränkt werden.

**[0040]** Nach der Aushärtung erfolgt gemäß der **Fig. 6** ein Schneidschritt, bei dem der Randbereich **45** des Strukturbauteils **27** abgeschnitten wird. Im Unterschied zur **Fig. 3** wird jedoch lediglich die Doppellagenstruktur **43** größtenteils abgetrennt, wodurch sich im Vergleich zum ersten Ausführungsbeispiel ein erheblich verbesserter Materialnutzungsgrad ergibt.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Strukturbauteils (**27**) im RTM-Verfahren mit einem Sandwichaufbau aus einer mittleren Kernschicht (**17**) und beidseitig angeordneten Decklagen (**29, 30**) aus einem faserverstärkten Kunststoff, bei dem ein Vorformling (**10**) aus der mittleren Kernschicht (**17**) und aus beidseitig angeordneten Decklagen-Faserhalbzeugen (**19,**

**21**) in eine Werkzeugkavität (**9**) eines Injektionswerkzeugs (**1, 3**) eingelegt wird und anschließend in einem Injektionsprozess unter Wärme und Injektionsdruck mit einer flüssigen Ausgangskomponente eines Matrixmaterials (**24**) umgossen wird, wobei ein erstes Decklagen-Faserhalbzeug (**19**) einer werkzeugseitigen Angusskanal-Mündung (**23**) zugewandt ist und diese in der Injektionsrichtung (I) überdeckt und ein zweites Decklagen-Faserhalbzeug (**21**) auf der von der Angusskanal-Mündung (**23**) abgewandten Seite der Kernschicht (**17**) angeordnet ist, die einen Fließkanal (**25**) begrenzt, durch den im Injektionsprozess die flüssige Matrixmaterial-Ausgangskomponente zum zweiten Decklagen-Faserhalbzeug (**21**) fließt, wobei zur Steigerung des Fließverhaltens das zweite Decklagen-Faserhalbzeug (**21**) mit einem Fließhilfeabschnitt (**37**) verlängert ist, der durch den Fließkanal (**25**) bis in Anlage mit dem ersten Decklagen-Faserhalbzeug (**19**) geführt ist, wobei der Fließhilfeabschnitt (**37**) des zweiten Decklagen-Faserhalbzeugs (**21**) und das erste Decklagen-Faserhalbzeug (**19**) im Bereich der Angusskanal-Mündung (**23**) eine Doppellagenstruktur (**43**) bilden, die die Kernschicht (**17**) vor einem Kollabieren unter der Injektionsdruckbeaufschlagung schützt und wobei der Fließhilfeabschnitt (**37**) ein materialidentischer sowie einstückiger Bestandteil des zweiten Decklagen-Faserhalbzeugs (**21**) ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Doppellagenstruktur (**43**) der Fließhilfeabschnitt (**37**) und das erste Decklagen-Faserhalbzeug (**19**) in flächiger Anlage sind, und dass insbesondere der Fließhilfeabschnitt (**37**) des zweiten Decklagen-Faserhalbzeugs (**21**) auf der von der Angusskanal-Mündung (**23**) zu- oder abgewandten Seite des ersten Decklagen-Faserhalbzeugs (**19**) angeordnet ist.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Fließhilfeabschnitt (**37**) des zweiten Decklagen-Faserhalbzeugs (**21**) in ein durch den Fließkanal (**25**) geführtes erstes Segment (**39**) und in ein zweites Segment (**41**) unterteilt ist, das in Anlage mit dem ersten Decklagen-Faserhalbzeug (**19**) ist, und dass insbesondere das erste Segment (**39**) und das erste Decklagen-Faserhalbzeug (**19**), entgegen der Injektionsrichtung (I) betrachtet in einem spitzen Winkel ( $\alpha$ ) zusammenlaufen.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Realisierung des Fließkanals (**25**) die Kernschicht (**17**) zweiteilig mit einem ersten Kernschichtteil (**33**) und einem zweiten Kernschichtteil (**35**) ausgebildet ist, und dass insbesondere die beiden zugewandten Ränder (**36**) der Kernschichtteile (**33, 35**) unter Bildung des Fließkanals (**25**) über ein Spaltmaß (s) voneinander beabstandet sind.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Kernschichtteil (**33**) zusammen mit zumindest dem ersten Decklagen-Faserhalbzeug (**19**) die Angusskanal-Mündung (**23**), in der Injektionsrichtung (I) betrachtet, überdeckt, und dass insbesondere das erste Kernschichtteil (**33**) eine im Vergleich zum zweiten Kernschichtteil (**35**) größere Festigkeit aufweist, um ein Kollabieren unter Injektionsdruckbeaufschlagung zu vermeiden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Realisierung des Fließkanals (**25**) ein Kernschichttrand (**36**) unter Bildung des Fließkanals (**25**) über ein Spaltmaß (s) von einer die Werkzeugkavität (**9**) begrenzenden Werkzeug-Formfläche (**7**) beabstandet ist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Werkzeug-Formfläche (**7**) in eine außerhalb der Werkzeugkavität (**9**) angeordnete Werkzeug-Anlagefläche (**49**) übergeht, und dass im Injektionsprozess ein gegenüberliegendes Werkzeugteil (**1**) unter Zwischenlage zumindest des ersten Decklagen-Faserhalbzeugs (**19**), insbesondere unter Zwischenlage der Doppellagenstruktur (**43**), gegen die Werkzeug-Anlagefläche (**49**) drückt.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

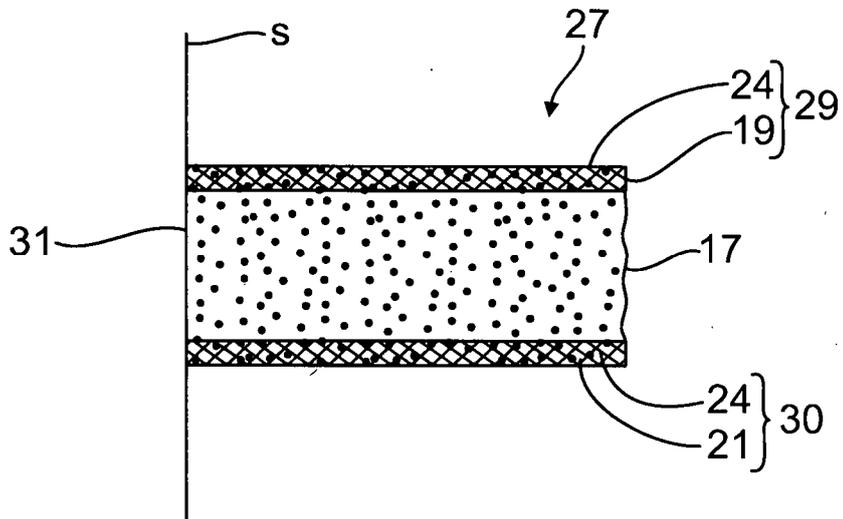
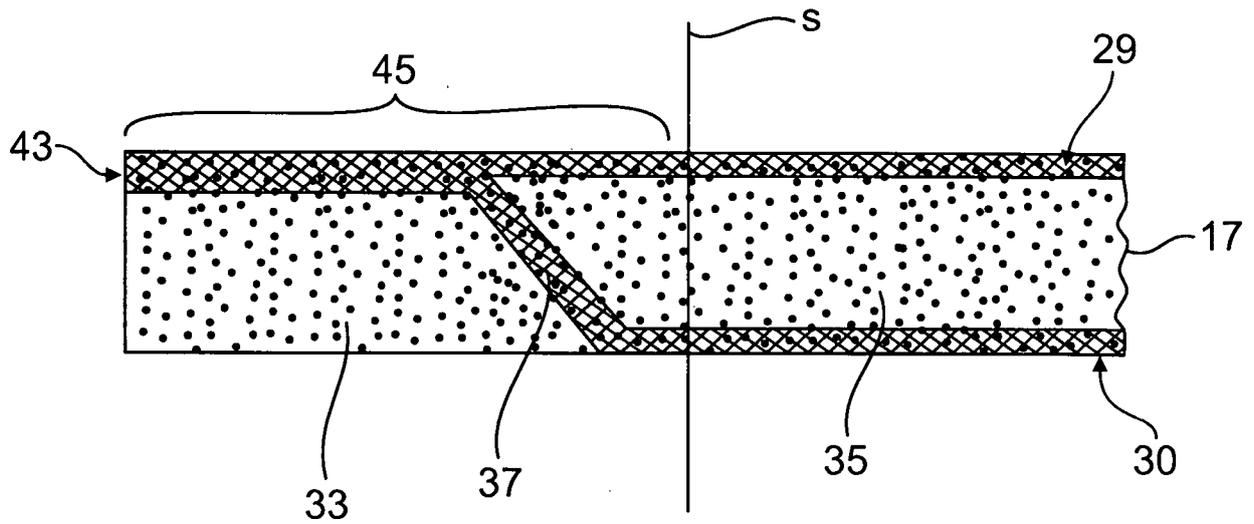


Fig. 3



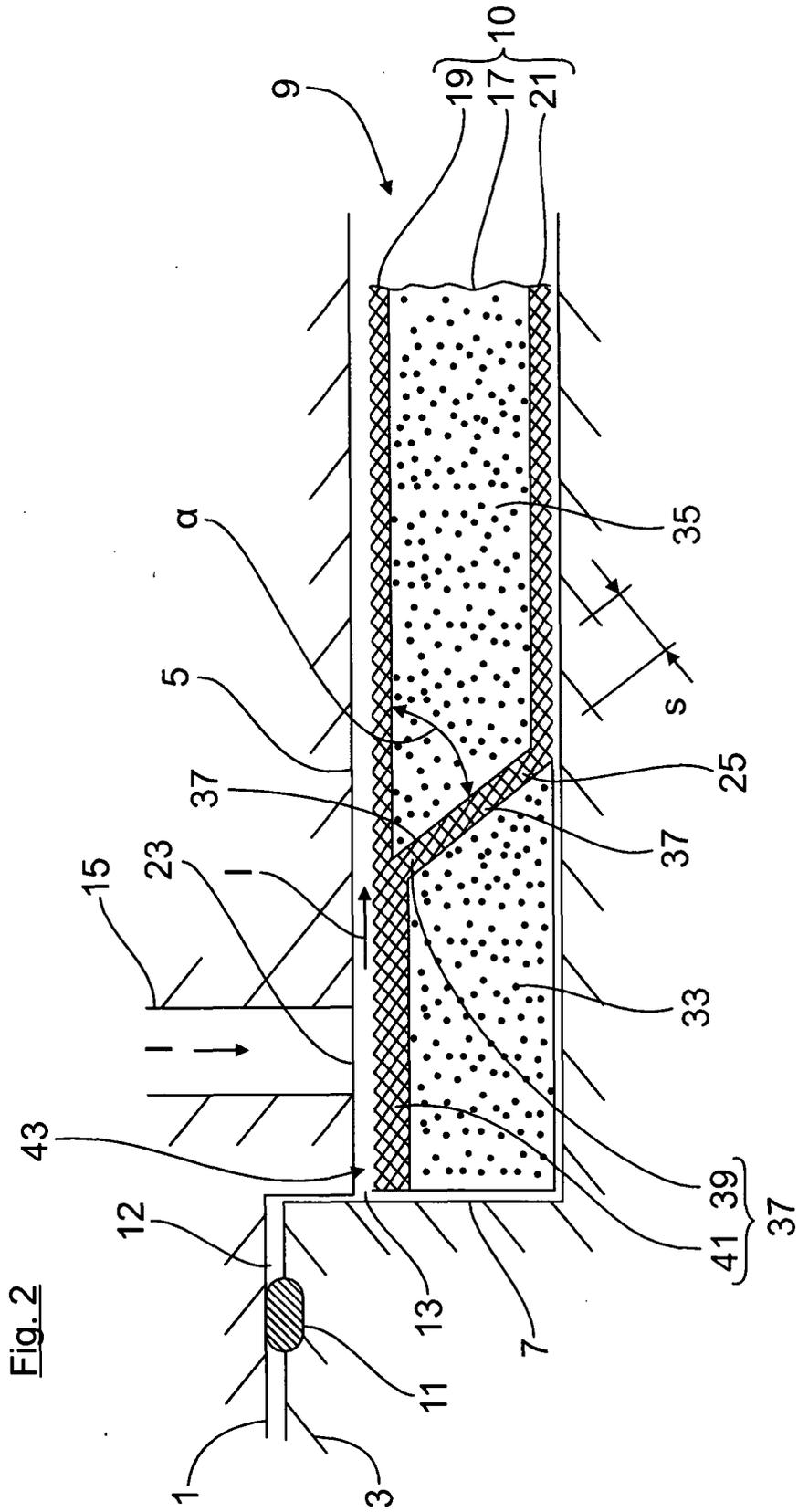


Fig. 4

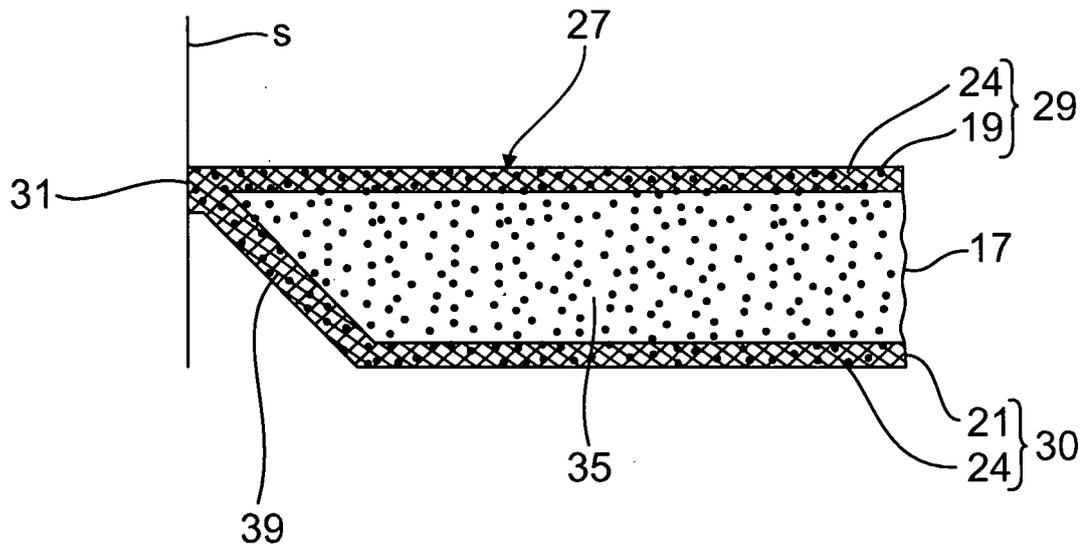
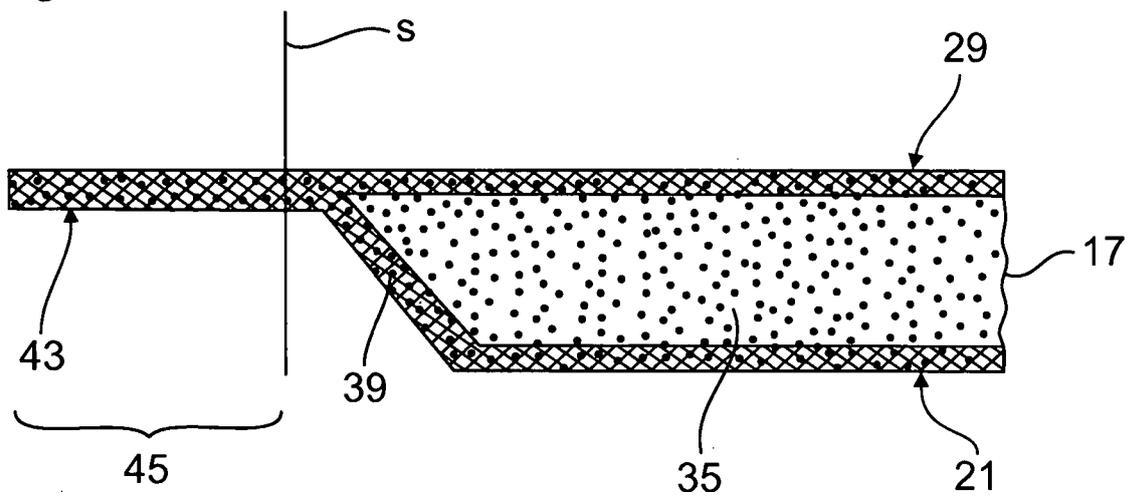


Fig. 6





Stand der Technik

Fig. 7

