



(11) **EP 3 109 486 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**28.12.2016 Patentblatt 2016/52**

(51) Int Cl.:  
**F15B 15/14<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **16175751.3**

(22) Anmeldetag: **22.06.2016**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**MA MD**

(72) Erfinder:  
• **HUFENBACH, Prof. Dr. Werner**  
**01324 Dresden (DE)**  
• **ULBRICHT, Dr. Andreas**  
**01324 Dresden (DE)**

(74) Vertreter: **Kailuweit & Uhlemann Patentanwälte Partnerschaft mbB**  
**Bamberger Straße 49**  
**01187 Dresden (DE)**

(30) Priorität: **23.06.2015 DE 102015211545**

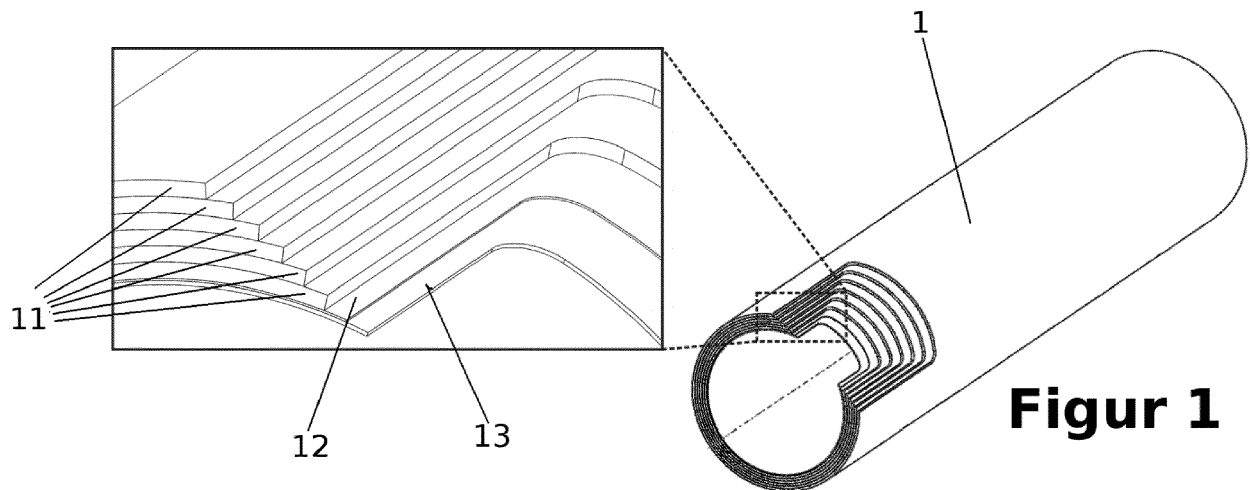
(71) Anmelder: **Innotec Lightweight Engineering & Polymer Technology GmbH**  
**38642 Goslar (DE)**

(54) **ZYLINDERROHR FÜR EINEN HYDRAULIK- ODER PNEUMATIKZYLINDER**

(57) Das erfindungsgemäße Zylinderrohr für einen Hydraulik- oder Pneumatikzylinder hat ein lasttragendes Außenrohr aus faserverstärktem Kunststoff (11) und einen inneren metallischen Liner (13) mit vergleichsweise geringerer Wandstärke. Das Außenrohr (11) und der Liner (13) sind dabei durch eine schubweiche Zwischenschicht (12) verbunden. Der metallische Liner (13) gibt dem Zylinderrohr auf der Innenseite sehr gute tribologische Eigenschaften in Verbindung mit einer sehr guten Standzeit. Zudem hat der Liner (13) durch die sehr geringe Wandstärke ein geringes Gewicht. Der Liner (13)

ist dabei bevorzugt nicht eigenstabil, um Gewicht zu sparen. Vorteilhaft kann die schubweiche Zwischenschicht (12) bei Temperaturschwankungen die unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten von metallischem Liner (13) und dem Außenrohr (11) aus FKV ausgleichen.

Ein weiterer Vorteil der schubweichen Zwischenschicht besteht in deren deutlich höherer Dämpfung. Somit können Schwingungen im Betrieb durch die strukturierte hohe Dämpfung deutlich reduziert werden.



**EP 3 109 486 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Zylinderrohr für einen Hydraulik oder Pneumatikzylinder.

**[0002]** Bei Hydraulik- und Pneumatikzylindern gibt es schon lange Bestrebungen, faserverstärkte Kunststoffe (FKV) einzusetzen, um das Bauteilgewicht zu reduzieren. Nachteil der faserverstärkten Kunststoffe ist, dass sie als Material für die Laufflächen der Zylinder nicht geeignet sind. Zur Lösung dieses Problems gibt es im Stand der Technik verschiedene Ansätze.

**[0003]** Beispielsweise wird in der DE 196 49 133 C1 ein Zylinderrohr für einen Arbeitszylinder vorgeschlagen, der ein metallisches Innenrohr und eine kohlenstofffaserverstärkte Außenstruktur aufweist. Innenrohr und Außenstruktur sind durch wellenförmige Bereiche der Mantelfläche des Innenrohres verbunden. Nachteilig hält sich die Gewichtersparnis aufgrund des massiven metallischen Innenrohres in Grenzen, so dass in Frage steht, ob der fertigungstechnische Aufwand zur Verbindung von Innenrohr und Außenstruktur gerechtfertigt ist.

**[0004]** Die DE 103 13477 B3 hat die Aufgabenstellung, ein Zylinderrohr für einen Arbeitszylinder vorzuschlagen, das bei hoher Steifigkeit und geringem Gewicht über gute Gleiteigenschaften verfügt. Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Innenrohr aus thermoplastischem Kunststoff und ein koaxial dazu angeordnetes Außenrohr aus faserverstärktem thermoplastischem Kunststoff, die durch eine Zwischenschicht verbunden sind. Die Zwischenschicht ist elektrisch leitfähig und dadurch erwärmbar, so dass eine Verschmelzung von Innen- und Außenrohr erreicht werden kann. Nachteilig sind die tribologischen Eigenschaften des Innenrohres aus thermoplastischem Kunststoff für viele Anwendungen nicht ausreichend standfest. Zudem sind der technologische Aufwand und damit die Fertigungskosten sehr hoch.

**[0005]** Die Aufgabenstellung der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Zylinderrohr für einen Hydraulik- oder Pneumatikzylinder vorzuschlagen, das ein geringes Gewicht und sehr gute tribologische Eigenschaften aufweist sowie einfach und kostengünstig herzustellen ist.

**[0006]** Erfindungsgemäß wird diese Aufgabenstellung gelöst durch ein Zylinderrohr nach Anspruch 1 und ein Verfahren zu dessen Herstellung nach Anspruch 9. Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand von Unteransprüchen.

**[0007]** Das erfindungsgemäße Zylinderrohr für einen Hydraulik- oder Pneumatikzylinder hat ein lasttragendes Außenrohr aus faserverstärktem Kunststoff und einen inneren metallischen Liner mit vergleichsweise geringerer Wandstärke. Das Außenrohr und der Liner sind dabei durch eine schubweiche Zwischenschicht verbunden. Der metallische Liner gibt dem Zylinderrohr auf der Innenseite sehr gute tribologische Eigenschaften in Verbindung mit einer sehr guten Standzeit. Zudem hat der Liner durch die sehr geringe Wandstärke ein geringes Gewicht. Der Liner ist dabei bevorzugt nicht eigenstabil, um Gewicht zu sparen. Vorteilhaft kann die schubweiche

Zwischenschicht bei Temperaturschwankungen die unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten von metallischem Liner und dem Außenrohr aus FKV ausgleichen. So hat beispielsweise Stahl einen Wärmeausdehnungskoeffizienten von  $11,3 \times 10^{-6} \times K^{-1}$ , während kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff (CFK) bei einem quasi-isotropen Laminataufbau durch unidirektional kohlenstofffaserverstärkte Einzelschichten einen Koeffizienten von  $2,65 \times 10^{-6} \times K^{-1}$  aufweist. Eine unidirektional verstärkte CFK-Einzelschicht hat in Faserrichtung einen Koeffizienten von  $-0,5 \times 10^{-6} \times K^{-1}$  und senkrecht zur Faserrichtung von  $43,0 \times 10^{-6} \times K^{-1}$ . Erkennbar ist der große Unterschied zwischen den Wärmeausdehnungskoeffizienten, der bei Temperaturschwankungen zu einer erheblichen Längendifferenz von Liner und Außenrohr führt. Dieser würde ohne die schubweiche Zwischenschicht zum Lösen der Verbindung zwischen FKV-Außenrohr und metallischem Liner führen.

**[0008]** Ein weiterer Vorteil der schubweichen Zwischenschicht besteht in deren deutlich höherer Dämpfung. Somit können Schwingungen im Betrieb durch die strukturinhärente hohe Dämpfung deutlich reduziert werden.

**[0009]** Bevorzugt besteht die Zwischenschicht aus Elastomeren, etwa aus Ethylen-Propylen-Dien-Monomer (EPDM). Elastomere weisen extrem hohe Bruchdehnungen von bis zu mehreren 100 % auf und können damit die verschiedenen Wärmedehnungen zwischen dem FKV-Außenrohr und dem inneren metallischen Liner hervorragend überbrücken. Darüber hinaus weisen viele Elastomere im Hinblick auf die Anwendung eine ausreichende thermische Beständigkeit auf. So etwa haben EPDM-Elastomere gewöhnlich einen Dauereinsatztemperaturbereich von  $-40^{\circ}C$  bis  $+90^{\circ}C$ . Darüber hinaus weist EPDM eine sehr gute Alterungsbeständigkeit bei UV- bzw. Ozon-Belastung auf.

**[0010]** Weiterhin bevorzugt besteht die Zwischenschicht aus thermoplastischen Elastomeren (TPE), welche die Verarbeitungsvorteile der Thermoplaste mit den Werkstoffeigenschaften der Elastomere verbinden. Im Unterschied zu reinen Elastomeren können TPE aufgeschmolzen werden und ermöglichen dadurch eine einfache Herstellung der Zwischenschicht.

**[0011]** Aus der Gruppe der TPE eignen sich etwa thermoplastische Elastomere auf Urethanbasis (TPU) oder auf Olefinbasis (TPO). Darüber hinaus eignen sich auch thermoplastische Copolyester (TPC) oder Styrol-Blockpolymeren (TPS) aus der Gruppe der TPE.

**[0012]** Weiterhin besteht das Außenrohr bevorzugt aus mehreren Schichten faserverstärktem Kunststoff. Vorteilhaft können so die strukturmechanischen Eigenschaften des Außenrohrs sehr gut an die zu erwartenden Belastungen angepasst werden.

**[0013]** Weiterhin bevorzugt ist der metallische Liner aus Stahl gefertigt ist. Vorteilhaft ist Stahl kostengünstig verfügbar und hat sehr gute tribologische Eigenschaften.

**[0014]** Weiterhin bevorzugt hat der metallische Innenliner eine Wandstärke zwischen 0,1 mm und 1 mm.

**[0015]** Nicht zuletzt hat die Zwischenschicht eine bevorzugte Wandstärke zwischen 0,1 mm und 0,4 mm.

**[0016]** Die erfindungsgemäße Fertigung des Zylinderrohrs, das aus dem FKV-Außenrohr, dem metallischen Liner und der schubweichen Zwischenschicht besteht, kann wie folgt durchgeführt werden. Zuerst erfolgt die Fertigung des dünnwandigen metallischen Liners mithilfe klassischer Herstellungsverfahren für metallische Rohre, wie etwa im Drückwalzverfahren.

**[0017]** Danach erfolgt die Auftragung der schubweichen Zwischenschicht aus Elastomer bzw. TPE auf die Außenseite des dünnwandigen metallischen Liners, wobei gewöhnlich zunächst ein handelsüblicher dünnflüssiger Haftvermittler (Primer) auf die Außenseite des metallischen Liners appliziert wird. Dieser Haftvermittler dient zur Erzielung einer guten Haftfestigkeit zwischen dem metallischen Liner und der schubweichen Zwischenschicht aus Elastomer bzw. TPE. Der dünnwandige Liner kann während des Auftrags des Primers und der schubweichen Zwischenschicht durch einen Stützkern von innen stabilisiert werden. Dieser Stützkern ist dabei bevorzugt ein Metall- oder Kunststoffzylinder, der z. Bsp. in den zylindrischen Liner eingeschoben werden kann und nach dem Auftragen der Zwischenschicht wieder entfernt wird. Als Stützkern kann aber auch der Wickel- bzw. Flecht kern genutzt werden, der später zur Herstellung des FKV-Außenrohrs genutzt wird.

**[0018]** Insbesondere bei Zwischenschichten aus TPE können verschiedene Verarbeitungsverfahren genutzt werden, um die Zwischenschicht aufzubringen. So etwa kann der metallische Liner mit TPE umspritzt werden. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Verwendung von TPE-Folien, die um den metallischen Liner gewickelt werden und durch kurzzeitige Temperaturerhöhung und anschließende Abkühlung aufgeschmolzen und konsolidiert werden.

**[0019]** Nach der Applikation der schubweichen Zwischenschicht wird der metallische Liner bevorzugt auf einen Wickel- bzw. Flecht kern geschoben, der zur anschließenden Fertigung des FKV-Außenrohrs im Wickel- bzw. Flechtverfahren dient. Dabei wird der metallische Liner mit Zwischenschicht quasi "eingewickelt" bzw. eingeflochten. Das Wickelverfahren erfolgt gewöhnlich mit vorimprägnierten Fasern, sodass keine anschließende Infiltration mit Harz erforderlich ist. Demgegenüber erfolgt das Flechtverfahren im Allgemeinen mit trockenen Fasern, sodass eine anschließende Infiltration in einem geschlossenen Werkzeugsystem erforderlich ist.

**[0020]** Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand von Figuren erläutert, dabei zeigen:

Figur 1 ein erfindungsgemäßes Zylinderrohr mit Darstellung der einzelnen Schichten,

Figur 2 das Zylinderrohr mit Schnittdarstellung dessen Endes mit verschiedenen Temperaturen.

**[0021]** Figur 1 zeigt den Aufbau eines erfindungsge-

mäßen Zylinderrohrs 1. Dieses hat ein Außenrohr bestehend aus mehreren Faserlagen 11, mit verschiedenen Faserorientierungen. Die gesamte Wandstärke des durch die Faserlagen 11 gebildeten Außenrohres beträgt 7 mm.

**[0022]** Innenseitig hat das Zylinderrohr 1 einen metallischen Liner 13 aus Edelstahl mit einer Wandstärke von 0,4 mm. Zwischen den Faserlagen 11 und dem metallischen Liner 13 ist eine Zwischenschicht 12 aus thermoplastischem Polyurethan (TPU) mit einer Schichtdicke von 0,2 mm angeordnet. Der Innendurchmesser des Zylinderrohrs 1  $D_i$  beträgt 85 mm.

**[0023]** Aus dem Zylinderrohr 1 wird ein Leichtbau-Hydraulikaktuator mit einem Kolbenhub von 400 mm und einem Betriebsdruck von 207 bar hergestellt.

**[0024]** Figur 2 zeigt eine Schnittdarstellung in der Schnittebene A-A durch das Zylinderrohr 1, aufweisend einen Innendurchmesser  $D_i$  und einen Außendurchmesser  $D_a$  bei verschiedenen Temperaturen. Auf der linken Seite der Schnittdarstellung sind die Faserlagen 11, die Zwischenschicht 12 und der metallische Liner 13 gleich lang. Die Erhöhung der Temperatur resultiert auf der rechten Seite in einer Verlängerung des metallischen Liners 13 um die Längendifferenz 2. Durch die schubweiche Zwischenschicht 12 kann der Dehnungsunterschied mit der Länge 2 ausgeglichen werden, und Faserlagen 11 und metallischer Liner 13 bleiben trotz unterschiedlicher Länge verbunden.

### 30 Bezugszeichenliste

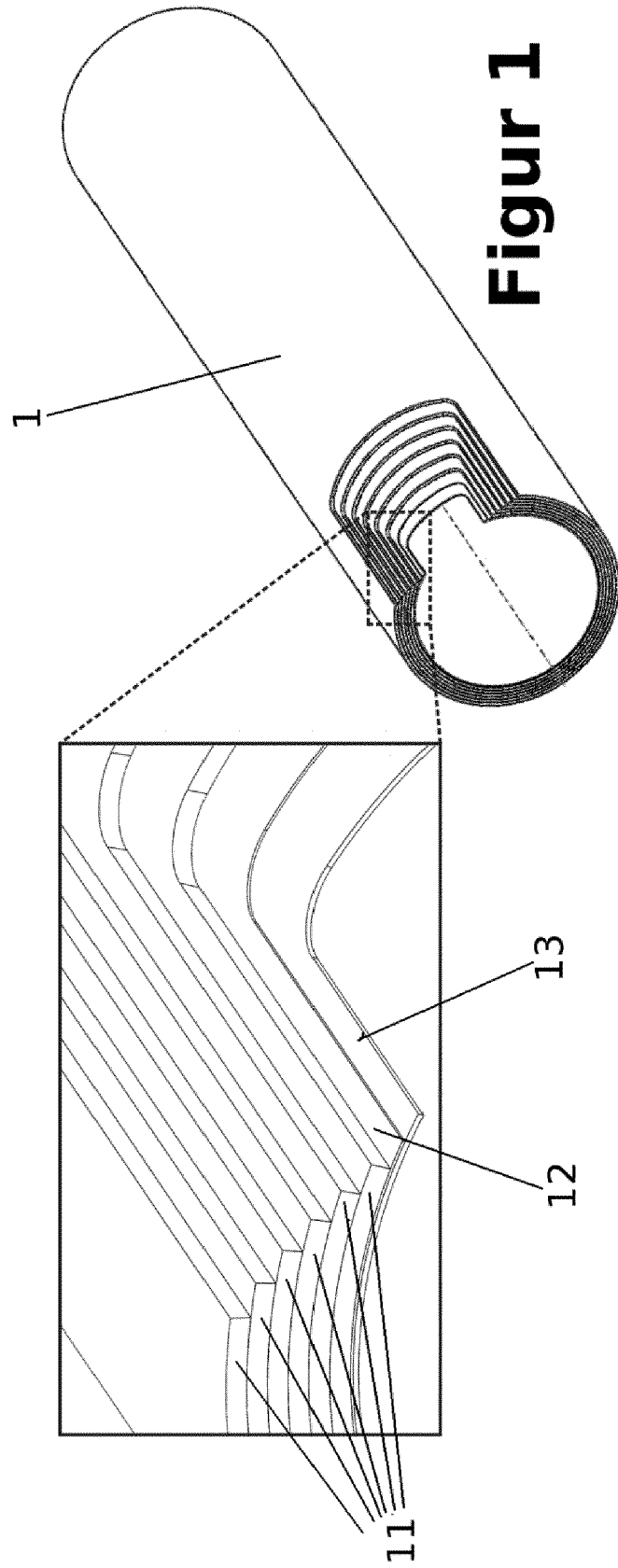
#### [0025]

1	Zylinderrohr
11	Faserlage
12	Zwischenschicht
13	Metallischer Liner
2	Längendifferenz
$D_i$	Innendurchmesser des Zylinderrohrs 1
$D_a$	Außendurchmesser des Zylinderrohrs 1

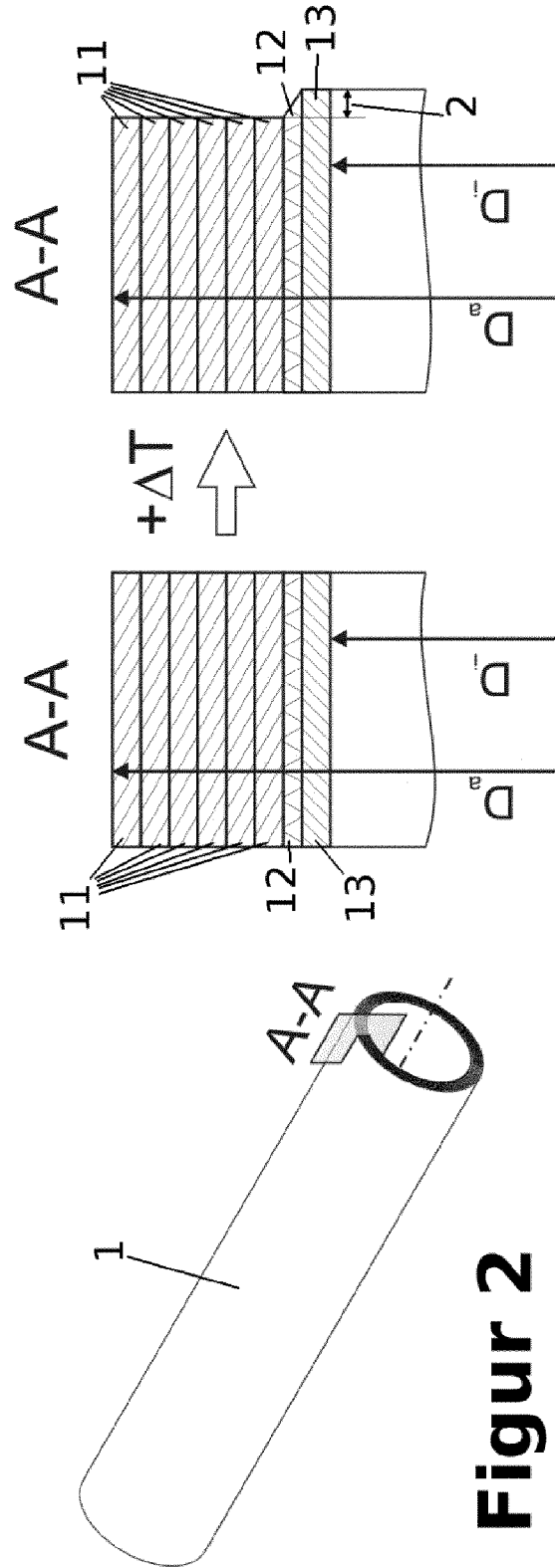
### Patentansprüche

1. Zylinderrohr (1) für einen Hydraulik- oder Pneumatikzylinder aufweisend ein Außenrohr aus faserverstärktem Kunststoff und einen inneren metallischen Liner(13), wobei metallischer Liner (13) und Außenrohr durch eine schubweiche Zwischenschicht (12) verbunden sind.
2. Zylinderrohr (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zwischenschicht (12) aus Elastomer besteht.
3. Zylinderrohr (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zwischenschicht (12) aus einem thermoplastischen Elastomer (TPE) besteht.

4. Zylinderrohr (1) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das thermoplastische Elastomer (TPE) eine Urethanbasis (TPU) oder Olefinbasis (TPO), auch in vernetztem Zustand (TPV), hat oder ein thermoplastisches Copolyester (TPC) oder ein Styrol-Blockpolymer (TPS) ist. 5
5. Zylinderrohr (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Außenrohr mehrere Faserlagen (11) aufweist. 10
6. Zylinderrohr (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der innere metallische Liner (13) aus Stahl gefertigt ist. 15
7. Zylinderrohr (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der innere metallische Liner (13) eine Dicke zwischen 0,1 mm und 1 mm hat. 20
8. Zylinderrohr (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zwischenschicht (12) eine Wandstärke zwischen 0,1 mm und 0,4 mm hat. 25
9. Verfahren zur Herstellung eines Zylinderrohres (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** die folgenden Verfahrensschritte: 30
- a) Bereitstellung eines dünnwandigen metallischen Liners (13),
  - b) Aufbringen der schubweichen Zwischenschicht (12) auf die Außenseite des metallischen Liners (13), 35
  - c) Fertigung des FKV-Außenrohres mittels Wickeln oder Flechten auf die schubweiche Zwischenschicht (12),
  - d) Konsolidierung des Zylinderrohres (1). 40
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor dem Aufbringen der schubweichen Zwischenschicht (1) in Schritt b) ein Haftvermittler auf den metallischen Liner (13) aufgebracht wird. 45
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor dem Aufbringen der schubweichen Zwischenschicht (12) in Schritt b) ein Kern in den metallischen Liner (13) eingebracht wird. 50
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Aufbringen der schubweichen Zwischenschicht (12) in Schritt b) durch Umspritzen des metallischen Liners (13) mit TPE oder durch Umwickeln des metallischen Liners (13) mit TPE-Folien und anschließende Konsolidierung durch kurzzeitiges Erwärmen erfolgt. 55
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kern aus Anspruch 10 als Wickel- oder Flecht kern für die Fertigung des FKV-Außenrohres genutzt wird, oder vor der Durchführung des Schrittes c) ein Wickel- oder Flecht kern in den metallischen Liners (13) eingebracht wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fertigung des FKV-Außenrohres in Schritt c) mittels Wickeln von vorimprägnierten Fasern erfolgt.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fertigung des FKV-Außenrohres in Schritt c) mittels Flechten von trockenen Fasern erfolgt und die anschließende Konsolidierung in Schritt d) durch eine Infiltration in einem geschlossenen Werkzeugsystem erfolgt.



**Figur 1**





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 16 17 5751

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 44 30 502 A1 (LINGK & STURZEBECHER GMBH [DE]; INNOTECH CONSULT GMBH [DE]) 29. Februar 1996 (1996-02-29) * Spalte 3, Zeile 28 - Spalte 4, Zeile 17; Abbildung 1 *	1-15	INV. F15B15/14
A	US 2 879 116 A (FRIEDRICH GOETZE ROLF) 24. März 1959 (1959-03-24) * Spalte 1, Zeilen 27-58; Abbildung 1 *	1-15	
A	US 2010/077918 A1 (HOELZL MARGIT [AT] ET AL) 1. April 2010 (2010-04-01) * Absätze [0008], [0011] - [0014]; Abbildung 1 *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F15B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlussdatum der Recherche <b>8. November 2016</b>	Prüfer <b>Busto, Mario</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 16 17 5751

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

08-11-2016

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4430502 A1	29-02-1996	DE 4430502 A1	29-02-1996
		DK 0701065 T3	31-07-2000
		EP 0701065 A2	13-03-1996
		ES 2145858 T3	16-07-2000
US 2879116 A	24-03-1959	KEINE	
US 2010077918 A1	01-04-2010	AT 479024 T	15-09-2010
		AT 502447 A1	15-03-2007
		EP 1819928 A1	22-08-2007
		US 2010077918 A1	01-04-2010
		WO 2006055997 A1	01-06-2006

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 19649133 C1 [0003]
- DE 10313477 B3 [0004]