

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

**EP 1 252 946 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**12.04.2006 Patentblatt 2006/15**

(51) Int Cl.:  
**B21K 1/12** (2006.01) **B21K 21/12** (2006.01)  
**B21K 1/10** (2006.01) **B21K 1/06** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **02002515.1**

(22) Anmeldetag: **02.02.2002**

### (54) Verfahren zum Herstellen von rotationssymmetrischen Bauteilen

Method for producing rotationally symmetric parts

Procédé pour la production des pièces à symétrie de rotation

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR**

(30) Priorität: **25.04.2001 DE 10120392**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**30.10.2002 Patentblatt 2002/44**

(73) Patentinhaber: **Muhr und Bender KG  
57439 Attendorn (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Ginsberg, Jochen, Dr.-Ing.  
5708 Siegen (DE)**

• **Muhr, Thomas, Dr.-Ing.  
57439 Attendorn (DE)**

(74) Vertreter: **Gesthuysen, von Rohr & Eggert  
Patentanwälte  
Postfach 10 13 54  
45013 Essen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**DE-A- 1 804 673 DE-A- 3 142 480**  
**US-A- 2 133 091 US-A- 2 256 065**  
**US-A- 4 380 480**

**EP 1 252 946 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von rotationssymmetrischen Bauteilen aus einem Rohr gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 (siehe z.B. DE-A-1 804 673).

**[0002]** Rotationssymmetrische Bauteile, die über ihre Gesamtlänge unterschiedliche Außendurchmesser und unterschiedliche Wandstärken aufweisen, werden insbesondere bei Kraftfahrzeugen als Antriebswellen, Nockenwellen, Zwischenwellen oder Getriebewellen eingesetzt. Unter dem generell immer stärkere Beachtung findenden Gesichtspunkt der "Gewichtsreduzierung" werden seit einiger Zeit anstelle von aus Vollstäben hergestellten Wellen aus Rohren hergestellte Wellen, sogenannte Hohlwellen verwendet. Es gibt grundsätzlich zwei unterschiedliche Typen von Rohren, die sich auch in ihrem Herstellungsverfahren unterscheiden. Rohre, insbesondere Stahlrohre werden hergestellt entweder in nahtloser Ausführung, d. h. aus dem vollen Werkstoff ohne Längsnaht, oder in geschweißter Ausführung, d. h. aus gebogenem Blech oder Bandstahl mit Längsnaht. Für rotierende Bauteile werden meist geschweißte Rohre verwendet, da bei nahtlosen Rohren die erforderlichen Konzentrität nicht immer ausreichend sicher gewährleistet werden kann. Darüber hinaus ist die Herstellung nahtloser Rohre in der Regel teurer als die Herstellung geschweißter Rohre.

**[0003]** Um nun die zuvor genannten rotationssymmetrischen Bauteile mit unterschiedlichen Außendurchmessern und Wandstärken herzustellen, gibt es - zumindest theoretisch - die Möglichkeit, mehrere Rohre mit unterschiedlichen, jeweils konstantem Außendurchmesser und konstanter Wandstärke zu einem Gesamtrohr mit dem gewünschten Außendurchmesser- und Wandstärkenverlauf zu verbinden. Derartige, aus mehreren Einzelrohren zusammengesetzte Rohre genügen jedoch in der Regel nicht den hohen mechanischen Anforderungen, denen Wellen im Betrieb ausgesetzt sind.

**[0004]** Im Stand der Technik werden daher, insbesondere im Kraftfahrzeugbereich, ausschließlich Monoblockwellen eingesetzt, d.h. solche Wellen, die aus einem einzigen Stück, im vorliegenden Fall aus einem einzigen Rohr, gefertigt sind. Die Welle wird dabei meist mit Hilfe des sogenannten Rundknetverfahrens bei Raumtemperatur aus dem Rohr hergestellt. In der Regel ist es gewünscht, daß die Welle in ihrem Mittenbereich eine möglichst geringe Wandstärke und in einem oder beiden Endbereichen einen geringeren Außendurchmesser und eine deutlich größere Wandstärke aufweist.

**[0005]** Nun ist jedoch die im Endbereich durch das Rundknetverfahren erreichbare Wandstärke nicht beliebig vergrößerbar, sondern hängt zum einen von dem Außendurchmesser und der Wandstärke des ursprünglichen Rohres, zum anderen von dem Außendurchmesser des Endbereichs der Welle ab (Materialerhaltung bzw. Volumenkonstanz). Soll der Endbereich eine besonders große Wandstärke aufweisen, so ist es erforderlich, daß

auch das Ausgangsmaterial, d.h. das ursprüngliche Rohr, eine ausreichend große Wandstärke oder einen entsprechend großen Außendurchmesser aufweist. Dies kann dann dazu führen, daß die Wandstärke und/oder der Außendurchmesser des ursprünglichen Rohres größer sein muß als die hinterher gewünschte Wandstärke bzw. der Außendurchmesser der fertigen Welle im Mittenbereich. Bei dem Rohr müssen dann nicht nur die Endbereiche mittels Rundkneten bearbeitet werden, sondern es muß zusätzlich auch noch der Mittenbereich durch Abstrecken sowohl in seinem Außendurchmesser als auch in seiner Wandstärke verringert werden.

**[0006]** Ein weiteres Problem ergibt sich häufig dadurch, daß geschweißte Rohre nicht mit beliebiger Wandstärke bzw. mit einem beliebigen Verhältnis von Wandstärke zu Außendurchmesser hergestellt werden können. Dabei beträgt das maximale Verhältnis von Wandstärke zu Außendurchmesser etwa 1/7. Soll das Rohr eine noch größere Wandstärke oder bei gleichbleibender Wandstärke einen geringeren Außendurchmesser aufweisen, so ist dies nicht mehr durch einfaches Biegen des Blechs oder Bandstahls und anschließendem Schweißen des Rohres möglich. In einem solchen Fall muß zunächst ein Rohr mit einem größeren Außendurchmesser und einer kleineren Wandstärke hergestellt, d.h. gebogen und geschweißt werden, das dann anschließend einem oder mehreren Ziehprozessen unterzogen werden muß, wodurch der Außendurchmesser verringert und gleichzeitig die Wandstärke des Rohres vergrößert wird. Sind mehrere Ziehprozesse zur Erreichung des gewünschten Rohres erforderlich, so ist zwischen den einzelnen Ziehprozessen in der Regel eine Wärmebehandlung des Rohres erforderlich. Durch die zusätzlichen Bearbeitungsschritte bei der Herstellung des Rohres ergibt sich für sogenannte "gezogene" Rohre ein deutlich höherer Preis als für nur einfach geschweißte Rohre, wobei der Mehrpreis für "gezogene" Rohr bis zu ca. 30 % beträgt.

**[0007]** Im Stand der Technik erfordert das Herstellen eines eingangs beschriebenen rotationssymmetrischen Bauteiles aus einem Rohr somit folgende Schritte:

Herstellung eines geschweißten Rohres mit einem Außendurchmesser  $D_1$  und einer Wandstärke  $d_1$ ,

Herstellen eines Rohres mit einem Außendurchmesser  $D_2 < D_1$  und einer Wandstärke  $d_2 > d_1$  durch einen oder mehrere Ziehprozesse,

Abstrecken eines Bereichs, vorzugsweise des Mittenbereichs, des Rohres, so daß das Rohr in diesem Bereich einen Außendurchmesser  $D_M \leq D_2$  und eine Wandstärke  $d_M < d_2$  aufweist und

Bearbeiten mindestens eines Bereiches, vorzugsweise eines Endbereiches, des Rohres mittels Rundkneten bei Raumtemperatur, so daß in diesem Bereich das Rohr einen Außendurchmesser  $D_R <$

$D_2$  und eine Wandstärke  $d_R > d_2$  aufweist.

**[0008]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Herstellen eines eingangs beschriebenen rotationssymmetrischen Bauteiles aus einem Rohr anzugeben, welches möglichst einfach und damit kostengünstig durchgeführt werden kann.

**[0009]** Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß zunächst und im wesentlichen durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst.

**[0010]** Erfindungsgemäß wird als Rohr ein geschweißtes, nicht nachgezogenes Rohr verwendet. Dadurch können - wie weiter oben ausgeführt - die Herstellungskosten für das Ausgangsmaterial d.h. das Rohr deutlich reduziert werden. Das erfindungsgemäße Verfahren läßt sich dadurch vorteilhafterweise weitergestalten, daß das axiale Stauchen und das radiale Schmieden des erwärmten Bereiches des Rohres in einer Aufspannung erfolgen. Muß das Rohr bei den einzelnen Bearbeitungsschritten nicht von einer Maschine auf die andere umgespannt werden, so ergeben sich kürzere Herstellungszeiten für das rotationssymmetrische Bauteil, was sich ebenfalls günstig auf die Herstellungskosten auswirkt.

**[0011]** Im einzelnen gibt es nun eine Vielzahl von Möglichkeiten, das erfindungsgemäße Verfahren auszugestalten und weiterzubilden. Dazu wird verwiesen auf die dem Patentanspruch 1 nachgeordneten Patentansprüche, andererseits auf die Beschreibung eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit der Zeichnung. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine Welle, dargestellt in verschiedenen Fertigungsstufen bei einem aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren, und

Fig. 2 eine Welle, dargestellt in verschiedenen Fertigungsstufen bei einer bevorzugten Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

**[0012]** Fig. 1 zeigt schematisch die Fertigungsfolge bei der Herstellung einer Welle 1 mit einem über die Gesamtlänge  $L_1$  variierenden Außendurchmesser  $D$  und einer variierenden Wandstärke  $d$  gemäß einem aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren, ausgehend von einem Rohr 2. Von den insgesamt dargestellten vier Fertigungsschritten betreffen die beiden ersten Fertigungsschritte (Fig. 1a und 1b) die Herstellung des Rohres 2, während die beiden letzten Fertigungsschritte (Fig. 1c und 1d) die Herstellung der Welle 1 aus dem Rohr 2 betreffen.

**[0013]** Fig. 1a zeigt ein einfach geschweißtes Rohr 2 mit einem Außendurchmesser  $D_1$  und einer Wandstärke  $d_1$ . Die Wandstärke  $d_1$  entspricht dabei der Dicke des Bleches oder des Bandstahls, aus dem das Rohr 2 gebogen worden ist. Fig. 1b zeigt das Rohr 2', nachdem es durch eine Ziehöse oder einen Ziehtring gezogen worden ist. Durch das Ziehen des Rohres 2 weist dieses einen Außendurchmesser  $D_2 < D_1$  und eine Wandstärke

$d_2 > d_1$  auf. Dieses Rohr 2' ist so dimensioniert, daß daraus eine Welle 1 mit einem Endbereich 3 mit dem gewünschten Außendurchmesser  $D_E$  und der gewünschten Wandstärke  $d_E$  durch Rundkneten hergestellt werden kann. Gleichzeitig weist das Rohr 2' jedoch einen Außendurchmesser  $D_2$  und eine Wandstärke  $d_2$  auf, die jeweils größer sind als der Außendurchmesser  $D_M$  und die Wandstärke  $d_M$  des Mittenbereichs 4 der Welle 1. Somit ist es bei der Herstellung der Welle 1 aus dem Rohr 2' zunächst erforderlich, den Mittenbereich 4 abzustrecken, um den gewünschten Außendurchmesser  $D_M$  und die gewünschte Wandstärke  $d_M$  zu erreichen. Hierfür wird in das Rohr 2' ein - hier nicht dargestellter - Dorn mit einem entsprechenden Außendurchmesser eingeschoben und anschließend das Rohr 2' in seinem Mittenbereich 4 von außen hämmernd bearbeitet (vgl. Fig. 1c). Als letztes wird bei der Welle 1 der Endbereich 3 mit Hilfe des Rundknetverfahrens bearbeitet, so daß der Endbereich 3 den gewünschten - in Fig. 1d dargestellten - Außendurchmesser- und Wandstärkenverlauf aufweist.

**[0014]** Die Herstellung einer Welle 1 gemäß dem zuvor beschriebenen bekannten Verfahren ist dadurch besonders aufwendig und damit kostenintensiv, daß zunächst das Rohr 2' in mehreren Verfahrensschritten hergestellt werden muß, nämlich außer dem eigentlichen Biegen und Schweißen zusätzlich einem oder mehreren Ziehvorgängen und damit verbunden zusätzlich einem oder mehreren Wärmebehandlungen unterzogen werden muß. Anschließend muß zur Herstellung der Welle 1 aus dem Rohr 2' sowohl der Mittenbereich 4 als auch der Endbereich 3 bearbeitet werden, nämlich der Mittenbereich 4 mittels Abstrecken und der Endbereich 3 mittels Rundkneten verformt werden. Das Rundknetverfahren bei Raumtemperatur hat darüber hinaus den Nachteil, daß aufgrund der Kaltverfestigung nur relativ geringe Umformungsgrade erreichbar sind.

**[0015]** Das in Fig. 1 dargestellte Rohr 2 bzw. die dargestellte Welle 1 weist in den einzelnen Fertigungsschritten beispielsweise folgende Außendurchmesser  $D$  und Wandstärken  $d$  auf:

$$\begin{array}{ll} D_1 = 60 \text{ mm}, & d_1 = 4,0 \text{ mm} \\ D_2 = 50 \text{ mm}, & d_2 = 4,5 \text{ mm} \\ D_M = 40 \text{ mm}, & d_M = 3,5 \text{ mm} \\ D_E = 26 \text{ mm}, & d_E = 8,0 \text{ mm} \end{array}$$

**[0016]** Die Fig. 2 zeigt demgegenüber eine Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung einer Welle 1 anhand von drei Fertigungsschritten. Der erste Fertigungsschritt (Fig. 2a) entspricht dem ersten Fertigungsschritt (Fig. 1a) bei dem aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren, er zeigt nämlich ein einfach geschweißtes Rohr 2 mit einem Außendurchmesser  $D_1$  und einer Wandstärke  $d_1$ . Die Wandstärke  $d_1$  des Rohres 2 entspricht der Wandstärke  $d_M$  des Mittenbereichs 4 der fertigen Welle 1. Darüber hinaus entspricht

auch der Außendurchmesser  $D_1$  des Rohres 2 dem Außendurchmesser  $D_M$  des Mittenbereichs 4 der Welle 1, so daß der Mittenbereich 4 des Rohres 2 bzw. der Welle 1 nicht bearbeitet werden muß.

**[0017]** Erfindungsgemäß wird als Rohr 2 ein einfach geschweißtes, nicht nachgezogenes Rohr 2 verwendet. Dadurch kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ein Bearbeitungsschritt bei der Herstellung des Rohres 2, nämlich das Ziehen des Rohres 2 eingespart werden.

**[0018]** Fig. 2b zeigt, daß das im Endbereich 3 partiell erwärmte Rohr 2 axial gestaucht wird, so daß das Rohr 2 eine Gesamtlänge  $L_2 < L_1$  aufweist. Das axiale Stauchen des Rohres 2 führt zu einer Wandstärkenverdikung im Endbereich 3. Zusätzlich zum axialen Stauchen wird der erwärmte Bereich des Rohres 2, d.h. der Endbereich 3, durch radiales Schmieden mit einem Schmiedewerkzeug 5 bearbeitet, wodurch der gewünschte Außendurchmesser  $D_E$  erreicht wird. Eine mehrstufige Außendurchmesser- und Wandstärkenveränderung im Endbereich 3 wird durch mehrere radiale Schmiedevorgänge erreicht. In einem ersten Zwischenschritt weist der Endbereich 3 einen Außendurchmesser  $D_2 < D_1$  auf.

**[0019]** Zur Erzielung des gewünschten Innendurchmesserverlaufs im Endbereich 3 wird während des axialen Stauchens und des radialen Schmiedens des erwärmten Bereichs ein Dorn in das Rohr 2 eingeführt. Durch die Wahl des Außendurchmessers des Dorns wird dann auch die gewünschte Wandstärke  $d_E$  der Welle 1 festgelegt. Dadurch, daß das Rohr 2 partiell erwärmt wird, treten keine bzw. deutlich verringerte Kaltverfestigungsprozesse auf, wodurch ein größerer Umformungsgrad möglich ist.

**[0020]** Das in Fig. 2 dargestellte Rohr 2 bzw. die dargestellte Welle 1 weist in den einzelnen Fertigungsschritten beispielsweise folgende Außendurchmesser  $D$  und Wandstärken  $d$  auf:

$$\begin{array}{ll} D_1 = D_M = 40 \text{ mm}, & d_1 = d_M = 3,5 \text{ mm} \\ D_2 = 30 \text{ mm}, & d_2 = 7,0 \text{ mm} \\ D_E = 26 \text{ mm}, & d_E = 8,0 \text{ mm} \end{array}$$

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines rotationssymmetrischen Bauteils aus einem Rohr (2), insbesondere einer hohlen Monoblockwelle, wobei das Rohr (2) anfangs einen konstanten Anfangs-Außendurchmesser, eine konstante Anfangs-Wandstärke und eine Gesamtlänge ( $L_1$ ) aufweist und wobei das rotationssymmetrische Bauteil eine Gesamtlänge ( $L_2$ ) und zumindest über einen Bereich seiner Gesamtlänge ( $L_2$ ) einen vom Anfangs-Außendurchmesser abweichenden kleineren End-Außendurchmesser und/oder eine von der Anfangs-Wandstärke abweichende größere End-Wandstärke aufweist, mit folgenden Verfahrensschritten:

Verwendung eines Rohres (2) mit einer Wandstärke, die der kleinsten Wandstärke des fertigen Bauteils entspricht, partielle Erwärmung mindestens eines Bereichs des Rohres (2), axiales Stauchen des erwärmten Bereichs des Rohres (2) und radiales Schmieden des erwärmten Bereichs des Rohres (2),

wobei das axiale Stauchen und das radiale Schmieden des erwärmten Bereichs des Rohres (2) in einem Arbeitsschritt erfolgen, die Gesamtlänge ( $L_2$ ) des rotationssymmetrischen Bauteils kleiner als die Gesamtlänge ( $L_1$ ) des Rohres (2) ist und die Längenreduktion des rotationssymmetrischen Bauteils von der Gesamtlänge ( $L_1$ ) des Rohres (2) auf die Gesamtlänge ( $L_2$ ) des rotationssymmetrischen Bauteils durch das axiale Stauchen bewirkt wird

**dadurch gekennzeichnet,**

**daß** als Rohr (2) ein geschweißtes, nicht nachgezogenes Rohr (2) verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** das axiale Stauchen und das radiale Schmieden des erwärmten Bereichs des Rohres (2) in einer Aufspannung erfolgen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** während des axialen Stauchens und/oder während des radialen Schmiedens des erwärmten Bereichs des Rohres (2) ein Dorn zumindest in einem Teil des erwärmten Bereichs eingeführt ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Rohr (2) einen Außendurchmesser aufweist, der dem größten Außendurchmesser des fertigen Bauteils entspricht

## Claims

1. Method for producing a rotationally symmetrical component from a tube (2), in particular a hollow monobloc shaft, the tube (2) having at the beginning a constant initial outer diameter, a constant initial wall thickness and an overall length ( $L_1$ ), and the rotationally symmetrical component having an overall length ( $L_2$ ) and, at least over a region of its overall length ( $L_2$ ), a final outer diameter that differs from, is smaller than the initial outer diameter and/or a final wall thickness that differs from, is greater than the initial wall thickness, with the following method steps :

use of a tube (2) with a wall thickness which corresponds to the smallest wall thickness of the finished component,  
 partial heating, at least of a region of the tube (2),  
 axial upsetting of the heated region of the tube (2) and  
 radial forging of the heated region of the tube (2),  
 the axial upsetting and the radial forging of the heated region of the tube (2) taking place in one working step,  
 the overall length (L2) of the rotationally symmetrical component being less than the overall length (L1) of the tube (2)  
 and the length reduction of the rotationally symmetrical component from the overall length (L1) of the tube (2) to the overall length (L2) of the rotationally symmetrical component being brought about by the axial upsetting,

#### characterized

in that a welded, not redrawn tube (2) is used.

2. Method according to Claim. 1, **characterized in that** the axial upsetting and the radial forging of the heated region of the tube (2) take place, at one setting.
3. Method according to Claim 1 or 2, **characterized in that**, during the axial upsetting and/or during the radial forging of the heated region of the tube (2) a mandrel is inserted at least into part of the heated region.
4. Method according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the tube (2) has an outer diameter which corresponds to the greatest outer diameter of the finished component.

#### Revendications

1. Procédé pour la production d'une pièce à symétrie de révolution à partir d'un tube (2), en particulier d'un arbre monobloc creux, dans lequel le tube (2) présente initialement un diamètre extérieur initial constant, une épaisseur de paroi initiale constante et une longueur totale (L1) et dans lequel la pièce à symétrie de révolution présente une longueur totale (L2) et, sur une zone de sa longueur totale (L2), un diamètre extérieur final plus petit différent du diamètre extérieur initial et/ou une épaisseur de paroi finale plus forte différente de l'épaisseur de paroi initiale, comportant les étapes suivantes:
  - utilisation d'un tube (2) ayant une épaisseur de paroi qui correspond à la plus petite épaisseur de paroi de la pièce terminée,
  - chauffage partiel d'au moins une zone du tube (2)

- refoulement axial de la zone chauffée du tube (2) et
- forgeage radial de la zone chauffée du tube (2),

dans lequel le refoulement axial et le forgeage radial de la zone chauffée du tube (2) sont effectués en une seule opération, la longueur totale (L2) de la pièce à symétrie de révolution est plus petite que la longueur totale (L1) du tube (2), et la réduction de longueur de la pièce à symétrie de révolution de la longueur totale (L1) du tube (2) à la longueur totale (L2) de la pièce à symétrie de révolution est exécutée par le refoulement axial,

#### caractérisé en ce que

on utilise pour le tube (2) un tube soudé, non réétiré

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le refoulement axial et le forgeage radial de la zone chauffée du tube (2) sont effectués en un seul serrage.
3. Procédé selon la revendication ou 2, **caractérisé en ce que** l'on introduit un mandrin au moins dans une partie de la zone chauffée, pendant le refoulement axial et/ou pendant le forgeage radial de la zone chauffée du tube (2)
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le tube (2) présente un diamètre extérieur, qui correspond au plus grand diamètre extérieur de la pièce terminée.

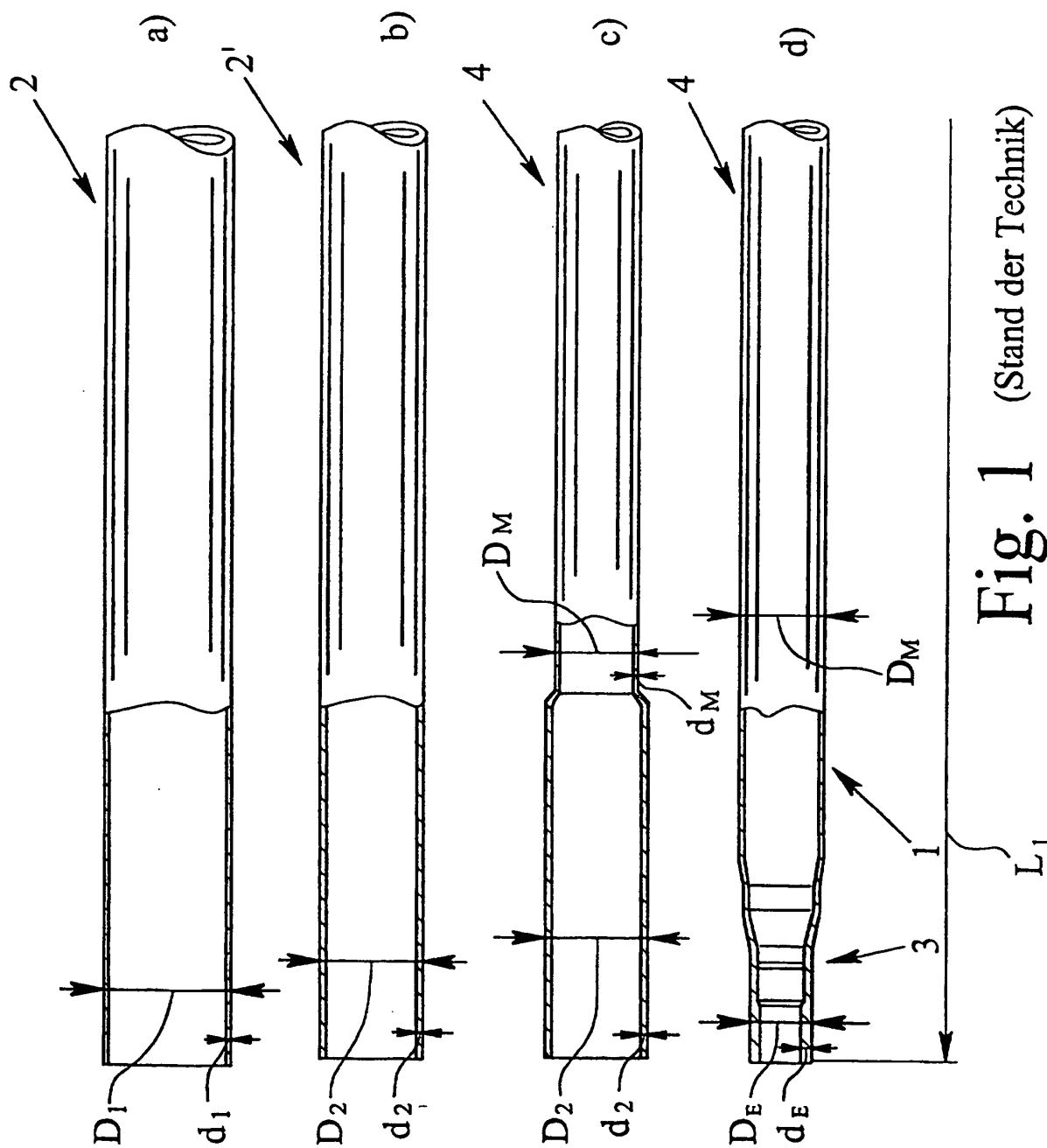


Fig. 1 (Stand der Technik)

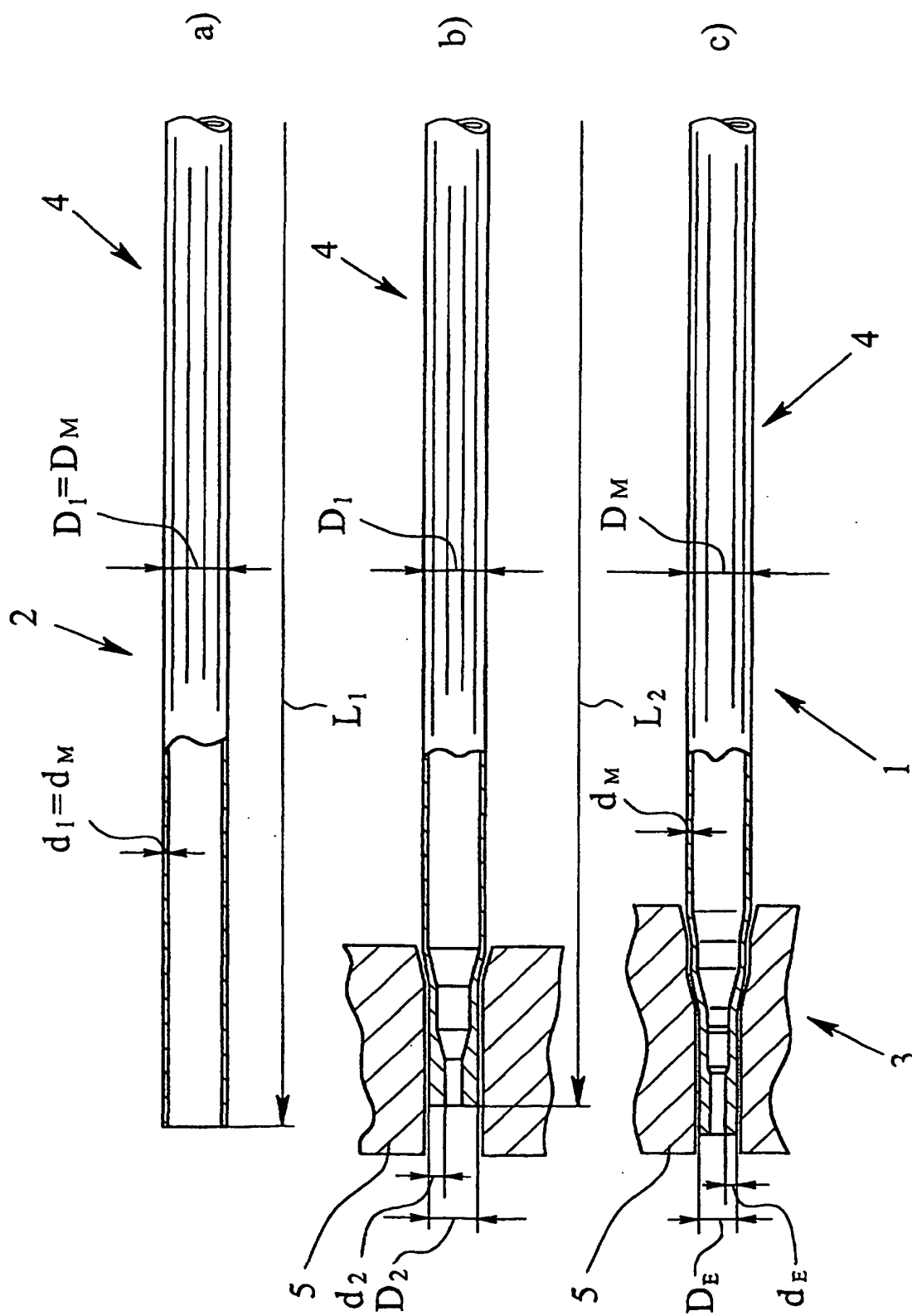


Fig. 2