

(19)



(11)

**EP 2 481 497 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**01.08.2012 Patentblatt 2012/31**

(51) Int Cl.:  
**B21H 8/00 (2006.01) B21J 5/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **11190029.6**

(22) Anmeldetag: **22.11.2011**

(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**

(71) Anmelder: **Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft**  
**80809 München (DE)**

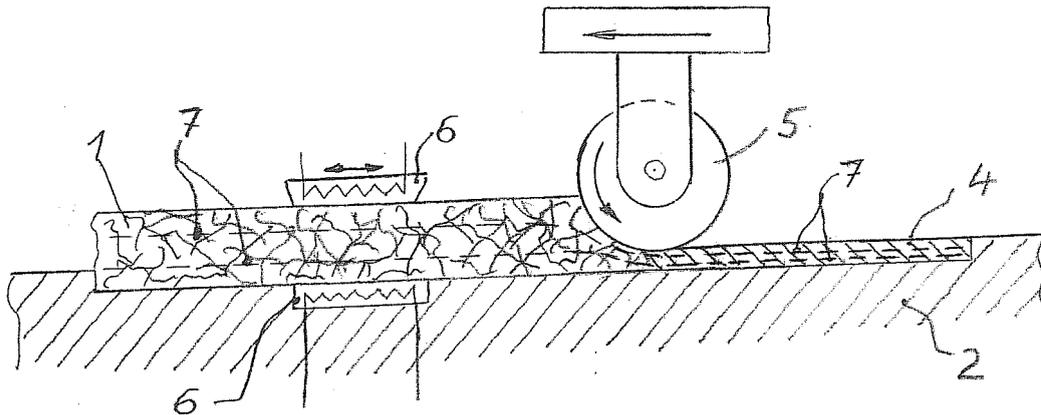
(72) Erfinder:  
• **Donath, Norbert**  
**82343 Poecking (DE)**  
• **Wecker, Anton**  
**85235 Odelzhausen (DE)**  
• **Maaß, Lars**  
**81739 München (DE)**

(30) Priorität: **01.02.2011 DE 102011003415**

(54) **Verfahren zum Herstellen eines metallischen Bauteils**

(57) Vorgestellt wird ein Verfahren zum Herstellen eines metallischen Bauteils, bei dem ein metallisches Faservlies (11) auf den thixotropischen Zustand aufgeheizt und in diesem Zustand unter Druckeinwirkung zu einer kompakten Metallstruktur umgeformt wird, mit dem sich erfindungsgemäß durch die Thixoumformung des Metallfaservlieses problemlos auch ausgedehntere Bautei-

le (8) auf baulich und steuerungsmäßig einfache Weise mit hochwertigen mechanischen Eigenschaften dadurch herstellen lassen dass das Metallfaservlies in den jeweiligen Grenzen des Kontaktbereichs mindestens einer oberflächenseitig über dieses geführten Druckwalze (15) im thixotropen Zustand gehalten und gleichzeitig unter der Wirkung des Walzenandrucks zu einer homogenen Metallstruktur (16) verdichtet wird.



*Fig. 2*

**EP 2 481 497 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Herstellen eines metallischen Bauteils durch Umformen eines auf den thixotropen Zustand erwärmten, metallischen Faservlieses, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 bzw. 2.

**[0002]** Es ist bekannt, dass metallische Werkstoffe in einem engen Temperaturintervall kurz unterhalb der Liquidustemperatur in den thixotropen Zustand gelangen und sich dann mit geringem Energieaufwand zu Bauteilen mit hohen mechanischen Kennwerten umformen lassen. Nach dem in der DE 10 2009 015 418 A1 offenbarten Verfahren der eingangs genannten Art wird als in dieser Hinsicht besonders vorteilhaftes Ausgangsmaterial ein Metallfaservlies verwendet, welches in einem Pressenwerkzeug in den thixotropen Zustand aufgeheizt und zu einem homogen strukturierten Bauteil verpresst wird, wobei sich die mechanischen Eigenschaften noch dadurch deutlich verbessern lassen, dass in das Faservlies eine Armierung eingelegt wird, die dann bei der thixotropen Faservliesumformung im Pressenwerkzeug - anders als bei Verbundbauteilen, die aus einer hochfesten Zwischenschicht und auf diese lediglich aufplattierten Deckschichten bestehen - vollständig mit dem metallischen Vliesmaterial als Matrix durchtränkt wird. Problematisch bei einer solchen thixotropen Faservliesumformung ist jedoch, dass beim Verpressen des Faservlieses Lufteinschlüsse im Thixomaterial verbleiben können, die sich dann im fertigen Bauteil als festigkeits- und steifigkeitsmindernde Lunkerstellen zeigen. Hinzukommt, dass sich die Einstellung einer homogenen Temperaturverteilung bei gleichzeitig engem Temperaturfenster vor allem bei ausgedehnteren Bauteilen äußerst aufwändig und kostenintensiv gestaltet.

**[0003]** Demgegenüber ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren der eingangs genannten Art so auszubilden, dass sich durch eine Thixoumformung eines Metallfaservlieses problemlos auch ausgedehntere Bauteile auf baulich und steuerungsmäßig einfache Weise mit hochwertigen mechanischen Eigenschaften herstellen lassen.

**[0004]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch das im Patentanspruch 1 bzw. 2 gekennzeichnete Herstellungsverfahren gelöst.

**[0005]** Erfindungsgemäß wird aufgrund der beanspruchten Druckwalzenumformung sichergestellt, dass die Lufteinschlüsse beim Verpressen des thixotrop erwärmten Metallfaservlieses gezielt in Rollrichtung der Druckwalze ausgetrieben werden und aus dem dort noch unverpressten und luftdurchlässigen Faservliesmaterial frei entweichen können, so dass eine Blasen- oder Lunkerbildung im fertigen Bauteil wirksam unterbunden wird, mit dem weiteren Effekt, dass die Einhaltung des engen thixotropen Temperaturfensters auf den relativ schmalen Kontaktbereich der Druckwalze beschränkt ist und daher im Umformzeitpunkt nicht homogen über die gesamte Bauteilfläche verteilt sein muss, wodurch sich die pro-

zessbedingt enge Temperatursteuerung erheblich vereinfacht. Darüberhinaus lassen sich mit der Erfindungsvariante nach Anspruch 2 im Wege der Thixoumformung eines Metallfaservlieses sogar metallische Blechbänder in beliebiger Länge auf fertigungstechnisch einfache Weise herstellen.

**[0006]** Eine deutliche Verbesserung der mechanischen Bauteileigenschaften wird in besonders bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung dadurch erzielt, dass in das Metallfaservlies vor der Thixoumformung eine Armierung eingelegt und diese unter der Einwirkung der Druckwalze(n) mit dem metallischen Faservliesmaterial als Matrix durchtränkt wird, wobei die Druckwalzenumformung des Faservlieses ganz wesentlich zu einer blasenfreien, stoff- oder zumindest formschlüssigen Einbindung der Armierung in die Metallmatrix beiträgt. Als Armierung werden je nach Richtung der für das Bauteil vorgesehenen Betriebslasten vorzugsweise uni- oder multidirektional oder auch quasi-isotrop orientierte metallische, aber auch nicht-metallische Verstärkungsfasern verwendet, und zwar mit besonderem Vorteil Carbonfasern, die bezüglich der Thixotemperatur des Vliesmaterial temperaturbeständig sind.

**[0007]** Um die Aufheizzeit des Metallfaservlieses im Kontaktbereich der Druckwalze(n) zu verkürzen, wird das Metallvlies vor dem Druckwalzenkontakt zweckmäßigerweise bis nahe an den Thixozustand vorgewärmt, und im Hinblick auf eine rasche vollvolumetrische Aufheizung wird eine induktive Erwärmung des Metallvlieses bevorzugt.

**[0008]** Die Fertigungsqualität der Bauteile lässt sich dadurch weiter verbessern, dass das Metallvlies vor der thixotropen Druckwalzenumformung vorverdichtet und im Anschluss an diese durch eine Drucknachspeisung nachkalibriert wird.

**[0009]** Bei Verwendung eines Faservlieses, welches, wie bevorzugt, als Hauptbestandteil Aluminium enthält, zeigt sich ein weiterer Vorteil des beanspruchten Verfahrens. Anders nämlich als bei einem massiven Aluminiumblech, welches unter Umgebungsluft auf der Außenseite bekanntlich eine dünne Oxidhaut bildet, die sich nur aufwändig entfernen lässt und dann bei einer thixotropen Blechumformung die Gefügestruktur des Aluminiumteils signifikant verschlechtert, wird bei der Thixoumformung eines Aluminium-Faservlieses die Oxidschicht bei der Verdichtung der Aluminiumfasern aufgebrochen, so dass die Gefügestruktur im fertigen Aluminiumteil von der Oxidbildung des Ausgangsmaterials weitgehend unbeeinträchtigt bleibt.

**[0010]** Die Erfindung wird nunmehr an Hand mehrerer Ausführungsbeispiele in Verbindung mit den Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen in stark schematisierter Darstellung:

**Fig. 1** die Herstellung eines durchgehend materialreinen Bauteils aus einem Metallfaservlies mittels einer thixotropen Druckwalzenumformung nach der Erfindung;

**Fig. 2** eine der Fig. 1 entsprechend Darstellung einer thixotropen Druckwalzenumformung eines Metallfaservlieses mit eingelegter Armierung; und

**Fig. 3** die Herstellung eines armierten Endlos-Blechbandes nach der Erfindung.

**[0011]** Gemäß Fig. 1 wird ein Metallfaservlies 1 aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung auf ein Umformbett 2 aufgelegt und dabei örtlich durch eine zusätzliche Vliesauflage 3 gedoppelt, um so eine Aluminiumteil 4 mit einer sich ändernden Wandstärke zu erzeugen. Mittels einer beheizten und in Pfeilrichtung über das Faservlies 1 gerollten Druckwalze 5 wird das Faservlies 1 im Kontaktbereich der Druckwalze 5 in den thixotropen Zustand erwärmt und so zusammengepresst, auf dem Fasermaterial ein homogenes Aluminiumteil 4 entsteht, wobei die Lufteinschlüsse im Faservlies 1 unter der Wirkung der Druckwalze 5 in deren Laufrichtung nach vorne ausgequetscht werden und aus dem dort noch luftdurchlässigen Faservlies 1 frei entweichen können.

**[0012]** Um den für den Thixozustand erforderlichen Wärmeeintrag der Druckwalze 5 zu reduzieren, wird das Fasermaterial in Laufrichtung vor der Druckwalze 5 durch eine zwischen Umformbett 2 und Vliesoberseite wirksame Induktionsheizung 6 bis nahe an die Thixotemperatur vorgewärmt.

**[0013]** Die Ausführungsform nach Fig. 2, wo die dem ersten Ausführungsbeispiel entsprechenden Komponenten durch das gleiche Bezugszeichen gekennzeichnet sind, unterscheidet sich von diesem hauptsächlich dadurch, dass in das Metallfaservlies 1 eine - in diesem Fall mehrlagige - Armierung 7 eingelegt ist, welche aus einem metallischen Fadengeflecht oder einem dicht perforierten Lochblech, aber auch aus nicht-metallischen, uni- oder multidirektional bis hin zu quasi-isotrop orientierten Verstärkungsfasern, etwa aus Carbon bestehen kann. Bei der Thixoumformung des Metallvlieses wird die Armierung 7 mit dem thixotropen Vliesmaterial durchtränkt, so dass das Bauteil 4 eine homogene Metallstruktur mit einer in diese zumindest form- und bei einer metallischen Armierung 7 je nach Vlies- und Armierungsmaterial auch stoffschlüssig eingebundenen Armierung 7 aufweist, durch welche die Materialeigenschaften gegenüber einem reinen Einstoff-Bauteil deutlich verbessert werden.

**[0014]** Gemäß Fig. 3 werden zur Herstellung eines armierten Blechbandes 8 mehrere Schichten, bestehend aus einer oberen und einer unteren, metallischen Faservlies-schicht 9.1, 9.2 und einer dazwischen liegenden Armierung 10, etwa eines Carbonfasergeleges, jeweils von einer Vorratsrolle 11.1, 11.2 bzw. 12 abgezogen und zwischen zwei Vorpresswalzen 13 zusammengeführt und zu einem dichteren Materialverbund vorverdichtet. Im nächsten Schritt durchläuft der vorverdichtete, aber noch flexible Materialverbund 9, 10 eine Heizeinrichtung 14, an der er auf ein Temperaturniveau noch unterhalb

des thixotropen Zustandes der Metallfasern der Faservlies-schichten 9 vorgeheizt wird. Der so vorgeheizte, aber noch inhomogene Materialverbund 9, 10 wird anschließend im Walzenspalt zweier Druckwalzen 15.1, 15.2 auf den thixotropen Zustand erwärmt und gleichzeitig werden die Faservlies-schichten 9 in diesem Zustand durch den Walzenandruck zu einem Endlos-Blechband 8 mit einer homogenen Metallstruktur 16 und in diese als Matrix eingebetteten Armierung 10 verpresst.

**[0015]** Durch die injizierte Scherrate des Druckwalzenpaars 15 wird das thixotrope Faservliesmaterial gleichförmig zum Fließen gebracht, so dass selbst feinste Strukturen der Armierungsfasern 10 von diesem umschlossen und dabei Hohlräume gefüllt werden. Hierbei bildet sich ein Formschluss und je nach Beschaffenheit des Armierungsmaterials entsteht auch ein lokaler Stoffschluss. Anschließend erfolgt noch an einem Walzenpaar 17 eine Nachkalibrierung, um eine Erstarrungsporosität zu unterbinden. Mit dieser Erfindungsvariante ist es möglich, Blechbänder 16 beliebiger Länge anzufertigen und dabei die eingelegte Armierung 10 absolut lagestabil in das metallische Vliesmaterial einzubetten. Erreicht wird dies durch die charakteristische Eigenschaft, dass das Faservlies 9 im thixotropen Zustand eine stark reduzierte Viskosität aufweist und auch die Druckbeaufschlagung im Walzenspalt des Druckwalzenpaars 15 keine unkontrollierte Positionsverschiebung der Armierung 10 verursacht.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines metallischen Bauteils, bei dem ein metallisches Faservlies auf den thixotropischen Zustand aufgeheizt und in diesem Zustand unter Druckeinwirkung zu einer kompakten Metallstruktur umgeformt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Metallfaservlies in den jeweiligen Grenzen des Kontaktbereichs mindestens einer oberflächenseitig über dieses geführten Druckwalze im thixotropen Zustand gehalten und gleichzeitig unter der Wirkung des Walzenandrucks zu einer homogenen Metallstruktur verdichtet wird.
2. Verfahren zur Herstellung eines fortlaufenden Blechbandes, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Endlos-Metallfaservlies im Walzenspalt zweier Druckwalzen im thixotrop erwärmten Zustand zu einem homogen strukturierten Blechband umgeformt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** in das Metallfaservlies vor der Thixoumformung eine Armierung eingelegt und diese im Wirkungsbereich der Druckwalze(n) mit dem metallischen FaserVliesmaterial als Matrix durchtränkt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Armierung aus uni- oder multidirektional verlaufenden Verstärkungs-, vorzugsweise Carbonfasern besteht. 5
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Metallfaservlies vor dem Druckwalzendurchlauf bis nahe an den thixotropen Zustand vorgewärmt wird. 10
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Metallfaservlies induktiv erwärmt wird. 15
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Metallfaservlies im Anschluss an die thixotrope Druckwalzenumformung durch eine Drucknachspeisung nachkalibriert wird. 20
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Metallfaservlies vor der Thixoumformung verdichtet wird. 25
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Metallfaservlies als Hauptbestandteil Aluminium enthält. 30

35

40

45

50

55

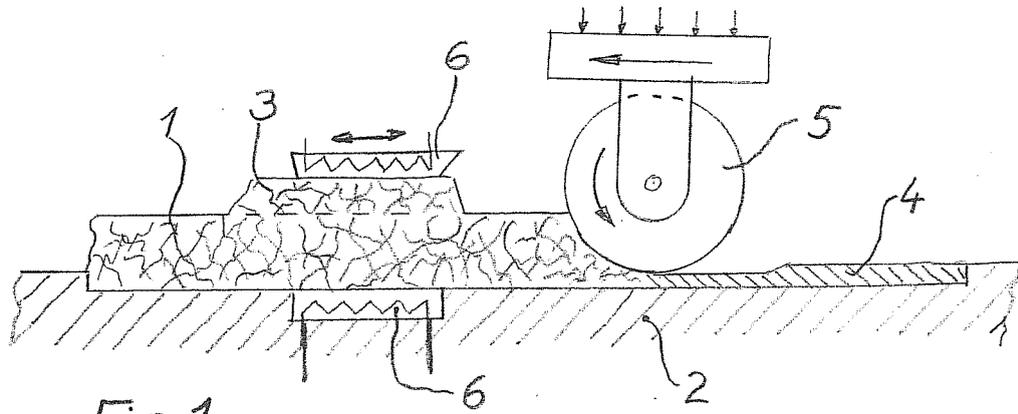


Fig. 1

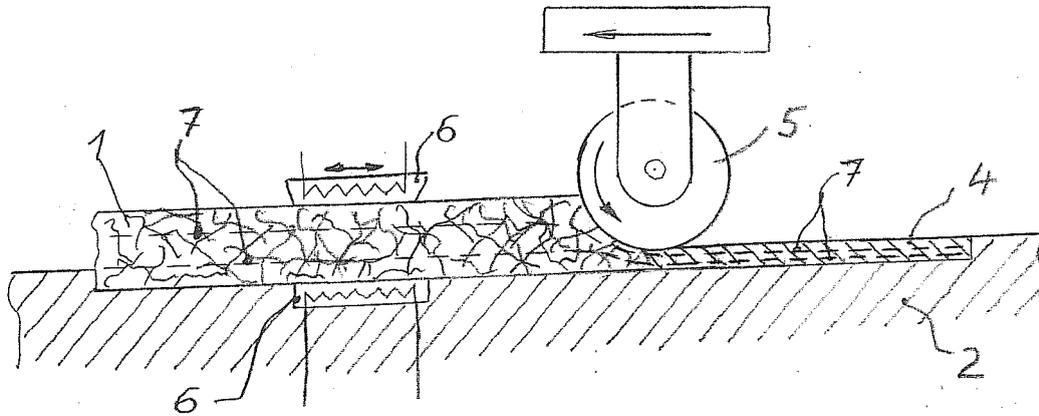


Fig. 2

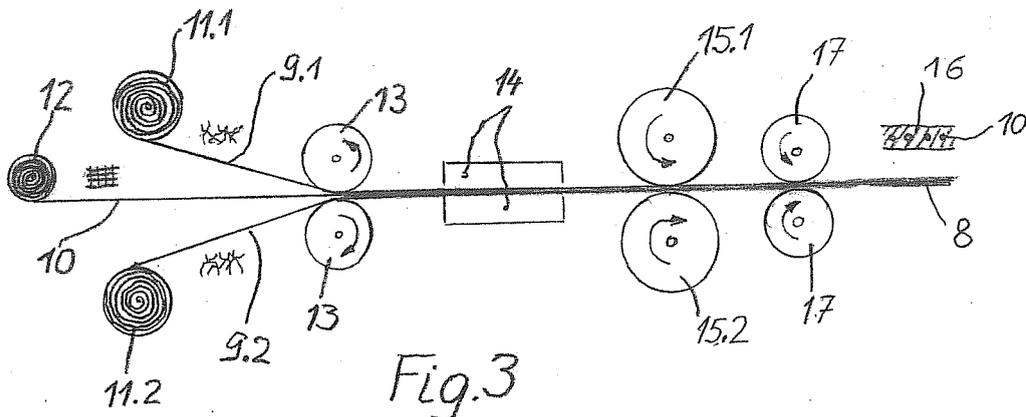
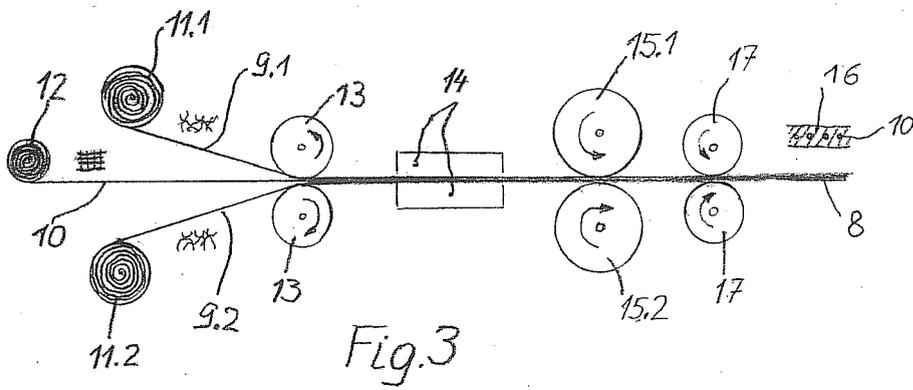


Fig. 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 11 19 0029

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A, D	DE 10 2009 015418 A1 (BAYERISCHE MOTORENWERKE AG [DE]) 30. September 2010 (2010-09-30) * das ganze Dokument *	1-9	INV. B21H8/00 B21J5/00
A	KIUCHI M ET AL: "MASHY-STATE EXTRUSION, ROLLING AND FORGING", PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PROCESSING OF SEMI-SOLID ALLOYS AND COMPOSITES, XX, XX, 1. Juni 1994 (1994-06-01), Seiten 245-257, XP002066438, * Seite 245 * * Seite 248 - Seite 249 * * Seite 254 - Seite 256 *	1-9	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B21H B21J
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 11. Mai 2012	Prüfer Ritter, Florian
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 : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, 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	

1  
EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

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

EP 11 19 0029

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.

11-05-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102009015418 A1	30-09-2010	KEINE	
-----			

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 102009015418 A1 [0002]