

(19)



(11)

**EP 1 854 547 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

**14.11.2007 Patentblatt 2007/46**

(51) Int Cl.:

**B05B 7/16** (2006.01)

**B05B 7/14** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06015704.7**

(22) Anmeldetag: **27.07.2006**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI  
SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

**AL BA HR MK YU**

(30) Priorität: **11.05.2006 DE 102006022282**

(71) Anmelder: **Linde Aktiengesellschaft  
65189 Wiesbaden (DE)**

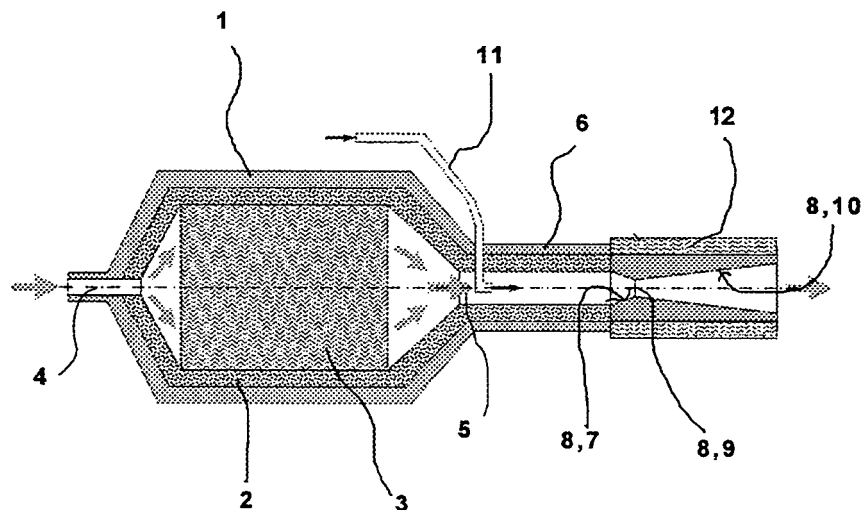
(72) Erfinder:

- **Heinrich, Peter  
82110 Germering (DE)**
- **Kreye, Heinrich, Prof .Dr.  
22175 Hamburg (DE)**
- **Schmidt, Tobias  
59889 Eslohe (DE)**

(54) **Kaltgasspritzpistole**

(57) Eine Kaltgasspritzpistole zum Verspritzen von Partikeln in einem heißen Gasstrom mit einer Mischkammer (6), in der Partikel dem Gas durch eine Partikelzu-

führung (11) zugeführt werden können, weist eine Düse auf, wobei die Düse außen durch ein Kühlmittel gekühlt wird.



**Fig. 2**

**EP 1 854 547 A1**

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Kaltgasspritzpistole, insbesondere eine Kaltgasspritzpistole, die ein Spritzen mit höheren Gastemperaturen ermöglicht.

[0002] Beim Kaltgasspritzen oder dem kinetischen Spritzen werden Partikel von 1  $\mu\text{m}$  bis 250  $\mu\text{m}$  in einem Gasstrom auf Geschwindigkeiten von 200 m/s bis 1600 m/s beschleunigt, ohne dabei an- oder aufzuschmelzen, und auf die zu beschichtende Fläche, das Substrat, gespritzt. Erst beim Aufprall auf das Substrat steigt durch plastische Verformung unter sehr hohen Dehnraten die Temperatur an den kollidierenden Grenzflächen und führt zu Verschweißungen des Partikelwerkstoffs mit dem Substrat sowie untereinander. Dazu muss jedoch eine Mindestaufprallgeschwindigkeit überschritten werden, die so genannte kritische Geschwindigkeit. Der Mechanismus und die Qualität der Verschweißung ist mit dem Explosivschweißen vergleichbar und hängt auch von der Temperatur der Partikel im Moment ihres Aufpralls ab. Man muss daher dafür sorgen, dass die Partikel eine ausreichend hohe Geschwindigkeit und Temperatur beim Aufprall haben. Hierzu werden die Partikel in einer Kaltgasspritzpistole, die eine Mischkammer und eine Düse aufweist, in der Mischkammer einem heißen Trägergas zugemischt, durch dieses erwärmt und beschleunigt sowie über die Düse weiter beschleunigt und mit dem Gasstrom aus der Kaltgasspritzpistole verspritzt. Bei vorgegebener Düsengeometrie ist es deshalb oft erforderlich, mit dem anlagentechnisch möglichen maximalen Gasdruck und möglichst hoher Gastemperatur zu arbeiten.

[0003] Dabei zeigt sich, dass es oberhalb einer von dem Werkstoff der Partikel abhängigen Gastemperatur zu Anlagerungen an der Innenwand der Düse kommt. Beim Spritzen von Aluminium liegt z.B. die maximal mögliche Gastemperatur im Bereich von 150 bis 300 °C. Durch diese Anlagerungen wird die Gasströmung in der Düse gestört und es wird die Funktionsfähigkeit der Kaltgasspritzpistole bis hin zum Verstopfen der Düse beeinträchtigt.

[0004] Bekannt sind solche Spritzpistolen für das thermische Spritzen z.B. aus der US 6,623,796 B1. In dieser ist eine Spritzpistole mit einer Lavalldüse beschrieben, bestehend aus einem Eingangskonus und einem Ausgangskonus, die an einem Düsenhals aneinander stoßen. Der Lavalldüse wird Luft unter hohem Druck über einen Lufterhitzer und eine Mischkammer zugeführt, in der ein Luft-Partikelgemisch zugemischt wird. Die Partikel werden durch die Lavalldüse als Überschalldüse beschleunigt und durch die im Lufterhitzer erhitzte Luft erwärmt, ohne, dass sie schmelzen.

[0005] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine Kaltgasspritzpistole, zur Verfügung zu stellen, die mit Gas unter beliebig hohen Temperaturen und unter hohen Drücken betrieben werden kann und bei der keine Materialanlagerungen des Partikelmaterials in der Düse auftreten.

[0006] Diese Aufgabe wird durch eine Kaltgasspritzpistole mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Kaltgasspritzpistole werden durch die Unteransprüche angegeben.

5 [0007] Kühlt man die Außenseite der Düse durch ein Kühlmittel, so dass die Temperatur der Innenwand der Düse verringert ist, dann lässt sich die Temperatur des Gases z.B. bei Partikeln aus Aluminium um 50 bis 150 °C, mit Wasserkühlung sogar um 300 °C erhöhen, ohne  
10 dass es zu Anlagerungen an der Innenwand der Düse kommt. Durch die höhere Gastemperatur erhalten auch die Partikel eine höhere Temperatur, wodurch ihre Verformungsfähigkeit beim Aufprall auf das Substrat begünstigt wird, d.h. die zum Haften erforderliche kritische Geschwindigkeit verringert wird. Das Phänomen der Anlagerung von Partikeln an der Innenwand der Düse und die dadurch bedingte Begrenzung der maximal nutzbaren Gastemperatur ist bei allen metallischen Werkstoffen als Partikel festzustellen. Eine Düsenkühlung wirkt sich  
15 daher insbesondere bei vielen metallischen Spritzwerkstoffen günstig aus, wie etwa bei Stahl, Titan, Nickel, Kupfer, Zinn und Zink, vor allem ergeben sich erhebliche Vorteile bei Aluminium. Durch die erfindungsgemäße Kaltgasspritzpistole können auch Partikel aus Werkstoffen verspritzt werden, die höhere Gastemperaturen, etwa bis 1000 °C erfordern, um gute Schichteigenschaften durch die Steigerung der Partikelgeschwindigkeit und der Partikeltemperatur zu erreichen.

20 [0008] In vorteilhafter Ausführung ist die Düse eine Lavalldüse, die aus einem konvergierenden Abschnitt, einem Düsenhals und einem divergierenden Abschnitt besteht.

[0009] In einer Lavalldüse kann das Gas im Bereich des Düsenhalses auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt werden. Da die Schallgeschwindigkeit mit der Temperatur steigt, sind durch die höhere Temperatur somit bei einer Lavalldüse die beim Durchströmen erreichbaren Gasgeschwindigkeiten höher und damit auch die Geschwindigkeit der Partikel. Da höhere Geschwindigkeiten möglich sind, können gröbere Partikel mit Partikelgrößen von bis zu 100  $\mu\text{m}$ , ja von bis zu 250  $\mu\text{m}$  auf die zur Haftung erforderliche kritische Geschwindigkeit beschleunigt werden. Auch die Gefahr von Materialanlagerungen an der Innenwand der Lavalldüse verringert sich durch die Kühlung der Düse, was wiederum die Verwendung von gröberen Pulvern unterstützt. Diese gröberen Partikel oder Pulver sind kostengünstiger und lassen sich zudem besser herstellen und gleichmäßiger fördern. Überdies besitzen Schichten, die mit gröberen Partikeln gespritzt und dennoch dicht sind, eine höhere Haftfestigkeit auf dem Substrat und höhere Festigkeit im Hinblick auf die Bindung der Partikel untereinander als Schichten, die mit feineren Partikeln gespritzt wurden.

30 [0010] In günstiger Ausführungsform kann der Bereich des Düsenhalses stärker gekühlt sein und das Kühlmittel die Lavalldüse im Bereich des konvergierenden Abschnitts zuströmend axial bis zu einem Düsenaustritt am divergierenden Abschnitt umströmen.

**[0011]** Eine stärkere Kühlung ist im Bereich des engsten Querschnittes der Düse und in Strömungsrichtung kurz dahinter vorteilhaft, da hier die Partikelbeschleunigung und die Partikeltemperaturen am höchsten sind und draus resultierend die Gefahr von Anlagerungen. Es ist daher vorteilhaft, das kalte Kühlmittel im rückwärtigen, konvergierenden Bereich in einen die Düse umgebenden Kühlraum einströmen und im Bereich des Düsenaustritts am Ende des divergierenden Abschnitts ausströmen zu lassen.

**[0012]** Die Düse kann von dem Kühlmittel umströmte Kühlrippen aufweisen und von dem Kühlmittel radial, axial oder spiralförmig umströmt werden.

**[0013]** Durch entsprechend geformten Kühlrippen kann eine bessere Wärmeabfuhr und gezielte Führung sowie gleichmäßige Verteilung des Kühlmittels erreicht werden.

**[0014]** In günstiger Ausführungsform ist das Kühlmittel ein Gas, insbesondere Druckluft. Alternativ kann das Kühlmittel Wasser sein.

**[0015]** Wenn das heiße Gas zum Beschleunigen der Partikel Druckluft ist, so steht auch oft kalte Druckluft für Kühlzwecke zur Verfügung. Weiter steht Druckluft generell in vielen Werkstätten zur Verfügung und ermöglicht einen einfachen Aufbau, da nach dem Kühlvorgang die Druckluft in die Umgebung abgeblasen werden kann und keine Rückführung des Kühlmittels erfordert. Wasser ist meist auch gut verfügbar und hat eine erheblich stärkere Kühlwirkung als Gase.

**[0016]** Die Düse kann zumindest zum Teil aus gehärtetem Material bestehen, insbesondere Hartmetall oder gehärtetem Stahl.

**[0017]** Vorteilhaft kann als Kühlmittel die Umgebungsluft dienen.

**[0018]** Wenn an der Düse Kühlrippen angebracht sind, ist eine bereits ausreichende Kühlung schon durch die Konvektion der Umgebungsluft zu erreichen. Vor allem in Spritzkabinen besteht durch die Absauganlagen auch eine Luftströmung, die zu einer stärkeren Kühlwirkung der Kühlrippen führt.

**[0019]** Bei Gastemperaturen oberhalb von 600°C für WCCo (Wolfram-Carbid-Kobalt) bzw. 500°C bei gehärtetem Stahl ermöglicht eine Düsenkühlung, dass die Düse aus gehärtetem Material besteht, da ansonsten das Material seine Festigkeit verlieren würde. Bei der erfindungsgemäßen Kaltgasspritzpistole wird dadurch die Beständigkeit gegen Erosion stark verbessert, da die durch das Gas beschleunigten Partikel sehr abrasiv wirken und gehärtete Materialien dem länger stand halten.

**[0020]** Ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Kaltgasspritzpistole wird anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigt

Fig. 1 schematisch im Detailquerschnitt eine Düse einer erfindungsgemäßen Kaltgasspritzpistole und Fig. 2 schematisch im Querschnitt eine erfindungsgemäße Kaltgasspritzpistole.

**[0021]** Die Fig. 1 zeigt schematisch im Detailquerschnitt eine Düse einer erfindungsgemäßen Kaltgasspritzpistole in Form einer Lavaldüse 8. Diese besteht aus einem konvergierenden Abschnitt 7, einem Düsenhals 9 und einem divergierenden Abschnitt 10. Die Lavaldüse 8 ist von einem Kühlmantel 12 umgeben, der von einem Kühlmittel, hier Druckluft, in der durch den Pfeil angedeuteten Richtung durchströmt wird. Dadurch wird der Bereich des konvergierenden Abschnitts 7 und des Düsenhalses 9 von der zunächst noch kalten Druckluft und somit stärker gekühlt. Dabei wird die Lavaldüse 8 von einem Gas mit Partikeln in derselben durch den Pfeil angegebenen Richtung durchströmt.

**[0022]** Fig. 2 zeigt schematisch im Querschnitt eine erfindungsgemäße Kaltgasspritzpistole mit der Lavaldüse 8, einem Druckbehälter 1, der auf seiner Innenseite eine Isolierung 2 aufweist. Im Inneren des Druckbehälters 1 ist ein Heizelement 3 angeordnet, hier in Form eines Filamentheizers, der aus einer Vielzahl von elektrischen Heizdrähten besteht. Das aufzuheizende Gas wird dem Druckbehälter 1 über eine Gaszuleitung 4 zugeführt. In dem vorliegenden Beispiel ist der Druckbehälter 1 ein rotationssymmetrischer Körper. Ein Gasaustritt 5 leitet das aufgeheizte oder weiter aufgeheizte Gas in eine Mischkammer 6, in der ein Partikelrohr 11 Partikel zuführen kann. Dabei ist die Mündung des Partikelrohrs 11 mit dem sich bildenden Gasstrom ausgerichtet.

**[0023]** Das Gas durchströmt den Druckbehälter 1 und die mit diesem linear ausgerichtete Mischkammer 6 und Lavaldüse 8 wie durch die Pfeile angezeigt, wobei es sich gleichmäßig über den Querschnitt des Heizelements 3 verteilt. Durch die innen angebrachte Isolierung 2 wird erreicht, dass nur wenige Wärmeenergie die Wand des Druckbehälters 1 und der Mischkammer 6 erreicht. Da der Druckbehälters 1 und die Mischkammer 6 an die Umgebung zugleich Wärme abgeben, stellt sich beim Druckbehälter 1 und der Mischkammer 6 eine erheblich niedrigere Temperatur ein, als das erhitzte Gas hat. Der Druckbehälter 1 und die Mischkammer 6 können daher relativ dünnwandig und leicht gebaut sein. In der Mischkammer 6 werden dem erhitzten Gas über das Partikelrohr 11 die zu verspritzenden Partikel beigemischt. Dies erfolgt, indem über einen Trägergasstrom die Partikel durch das Partikelrohr befördert werden. Auf der Strecke zwischen Partikelinjektion und engstem Querschnitt der Lavaldüse, dem Düsenhals 9 werden die Partikel aufgeheizt. Anstelle der in Fig. 2 gezeigten langen Mischkammer 6 kann auch eine kurze Mischkammer und ein verlängerte konvergierender Abschnitt 7 verwendet werden, da auch bei einem verlängertem konvergierendem Abschnitt 7 die Strecke zwischen Partikelinjektion und Düsenhals lang genug ist, die Partikel ausreichend zu erwärmen. In dem divergierenden Abschnitt 10 der Lavaldüse 8 wird das expandierende Gas auf Geschwindigkeiten oberhalb der Schallgeschwindigkeit beschleunigt. Die Partikel werden in dieser Überschallströmung stark beschleunigt und erreichen Geschwindigkeiten zwischen 200 und 1500 m/s.

[0024] Durch den von Druckluft durchströmten Kühlmantel 12 bleibt die Oberflächentemperatur des konvergierenden Abschnitts 7, des Düsenhalses 9 und des divergierenden Abschnitts 10 der Lavaldüse 8 in einem niedrigeren Bereich, so dass wesentlich höhere Gastemperaturen verwendet werden können, die sich vorteilhaft auf die Qualität der Beschichtung auswirken. Insbesondere können auch Gastemperaturen oberhalb von 600°C und gegen abrasiven Verschleiß beständigere Materialien für die Lavaldüse 8 verwendet werden.

#### Bezugszeichenliste

#### [0025]

- 1 Druckbehälter
- 2 Isolierung
- 3 Heizelement
- 4 Gaszuleitung
- 5 Gasaustritt
- 6 Mischkammer
- 7 konvergierender Abschnitt
- 8 Lavaldüse
- 9 Düsenhals
- 10 divergierender Abschnitt
- 11 Partikelrohr
- 12 Kühlmantel

#### Patentansprüche

1. Kaltgasspritzpistole zum Verspritzen von Partikeln in einem heißen Gasstrom mit einer Mischkammer (6), in der Partikel dem Gas durch eine Partikelzuführung (11) zugeführt werden können und einer Düse, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Düse außen durch ein Kühlmittel gekühlt wird. 35
2. Kaltgasspritzpistole nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Düse eine Lavaldüse (8) ist, die aus einem konvergierenden Abschnitt (7), einem Düsenhals (9) und einem divergierenden Abschnitt (10) besteht. 40
3. Kaltgasspritzpistole nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bereich des Düsenhalses (9) stärker gekühlt ist. 45
4. Kaltgasspritzpistole nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kühlmittel die Lavaldüse (8) im Bereich des konvergierenden Abschnitts (7) zuströmend bis zu einem Düsenaustritt am divergierenden Abschnitt (10) axial umströmt. 50
5. Kaltgasspritzpistole nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Düse von dem Kühlmittel umströmte Kühlrippen aufweist. 55

6. Kaltgasspritzpistole nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Düse von dem Kühlmittel radial oder spiralförmig umströmt wird. 5
7. Kaltgasspritzpistole nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kühlmittel ein Gas, insbesondere Druckluft ist. 5
8. Kaltgasspritzpistole nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kühlmittel Wasser ist. 10
9. Kaltgasspritzpistole nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Kühlmittel die Umgebungsluft dient. 15
10. Kaltgasspritzpistole nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Düse zumindest zum Teil aus gehärtetem Material besteht, insbesondere Hartmetall oder gehärtetem Stahl. 20

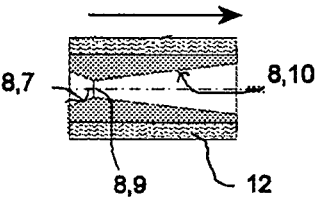


Fig. 1

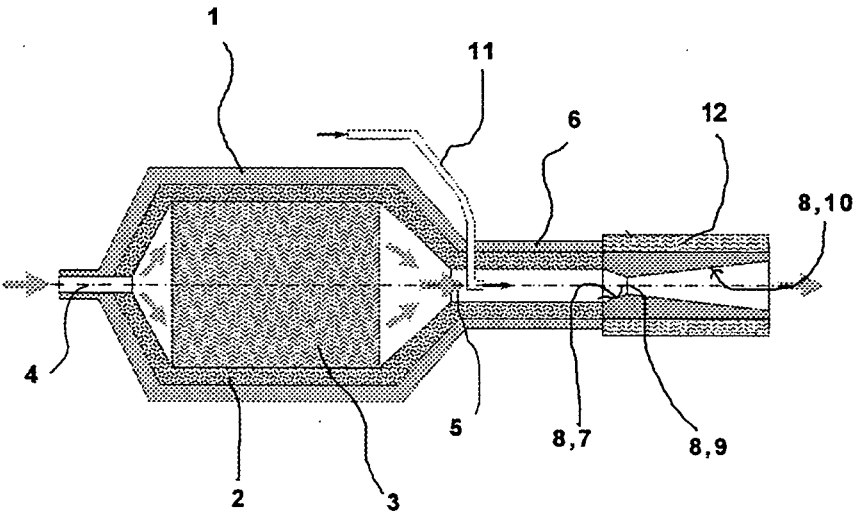


Fig. 2



Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 06 01 5704

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                               | Betrifft Anspruch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)  |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                         | DE 102 07 519 A1 (LINDE AG [DE])<br>11. September 2003 (2003-09-11)<br>* Spalte 3 - Spalte 5; Abbildungen *<br>-----              | 1-4,6,8,<br>10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | INV.<br>B05B7/16<br>B05B7/14        |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                         | US 2001/042508 A1 (KAY ALBERT [US] ET AL)<br>22. November 2001 (2001-11-22)<br>* Absatz [0026]; Ansprüche; Abbildungen *<br>----- | 1,2,7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | B05B                                |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                     |
| Recherchenort<br><b>München</b>                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                   | Abschlußdatum der Recherche<br><b>27. Oktober 2006</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Prüfer<br><b>Thanbichler, Peter</b> |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : nichtschriftliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                                                                   | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>.....<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                     |

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 06 01 5704

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente 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.

27-10-2006

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patendokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|---------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| DE 10207519 A1                                    | 11-09-2003                    | KEINE                             |                               |
| US 2001042508 A1                                  | 22-11-2001                    | 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**

- US 6623796 B1 [0004]