

(19)



(11)

EP 2 803 827 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
19.11.2014 Patentblatt 2014/47

(51) Int Cl.:
F01L 3/14 (2006.01) **B21K 1/22** (2006.01)
B23P 15/00 (2006.01) **F01L 3/20** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14152509.7**

(22) Anmeldetag: **24.01.2014**

(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

(30) Priorität: **28.02.2013 DE 102013203443**

(71) Anmelder: **Mahle International GmbH
 70376 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:
 • **Kroos, Peter
 71277 Rutesheim (DE)**
 • **Luven, Christoph
 70376 Stuttgart (DE)**
 • **Schacherer, Roland
 78187 Geisingen (DE)**

(74) Vertreter: **BRP Renaud & Partner mbB
 Rechtsanwälte Patentanwälte
 Steuerberater
 Königstraße 28
 70173 Stuttgart (DE)**

(54) **Metallisches Hohlventil**

(57) Die Erfindung betrifft ein metallisches Hohlventil (1) einer Brennkraftmaschine, mit einem rohrförmigen Schaft (2) mit einem Hohlraum (5) und einem daran angebundenen Ventilkopf (3). Erfindungswesentlich ist dabei,

- dass der Schaft (2) einen Außendurchmesser $5,0 \text{ mm} < d_a < 6,0 \text{ mm}$ und einen Innendurchmesser $3,0 \text{ mm} < d_i < 4,6 \text{ mm}$ aufweist,
- dass im Ventilkopf (3) ein Hohlraum (4) vorgesehen ist,
- dass eine den Hohlraum (4) umgebende Wand eine Dicke $1,0 \text{ mm} < b_{1,2} < 2,0 \text{ mm}$ aufweist.

Hierdurch kann ein besonders gut kühlbares Hohlventil (1) hergestellt werden, mittels welchem die Klopfgrenze angehoben werden kann.

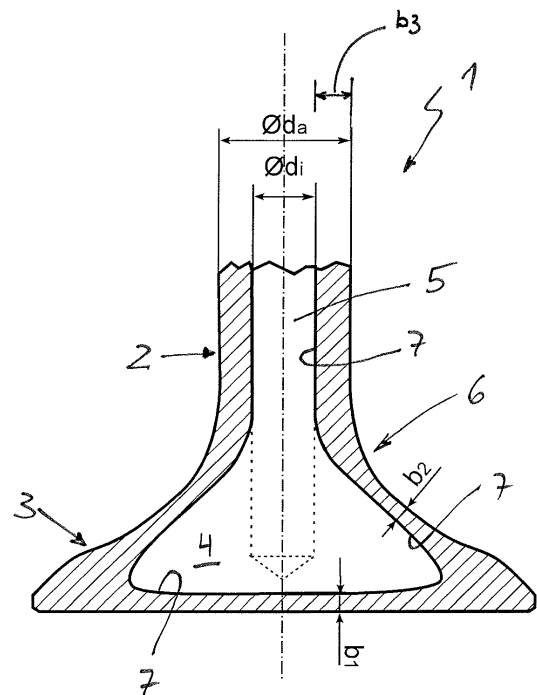


Fig. 1

EP 2 803 827 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein metallisches Hohlventil einer Brennkraftmaschine mit einem rohrförmigen Schaft und einem daran angebundenen Ventilteller gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Die zunehmenden thermischen Belastungen in Verbrennungsmotoren, insbesondere in PKW-Motoren, erfordern es zunehmend, auch Bestandteile derselben, wie beispielsweise die Gaswechselventile, kurz auch Ventile genannt, zu kühlen. Hierfür werden sogenannten Hohlventile mit einem innenliegenden Kühlmedium verwendet.

[0003] Aus der EP 2 541 000 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung von metallischen Hohlventilen bekannt, bei welchem mittels entsprechender Stempel das Ventil sukzessive verformt, insbesondere dessen Schaft verjüngt wird.

[0004] Aus der DE 10 2010 051 871 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung von metallischen Hohlventilen für den Gasaustausch einer Brennkraftmaschine bekannt, wobei die Hohlräume der das Ventil bildenden Hohlteile miteinander verbunden sind und wobei diese Hohlräume wenigstens teilweise durch elektrochemische Metallabtragung hergestellt sind. Hierzu wird zunächst der Ventilschaft der Länge nach durchgebohrt, wobei anschließend der Hohlraum im Ventilkopf als Erweiterungsbohrung quer zur Längsachse des Ventilschafts erzeugt wird. Mittels des beschriebenen Verfahrens soll insbesondere die Herstellung von Hohlventilen vereinfacht und zugleich deren Qualität verbessert werden können.

[0005] Aus der DE 10 2012 209 187 A1 ist wiederum ein Verfahren zum Herstellen eines metallischen Hohlventils einer Brennkraftmaschine bekannt, bei dem in einen als Schmiedebirne ausgebildeten Rohling eine Bohrung eingebracht wird. Ein späterer Ventilkopf wird anschließend durch elektrochemisches Abtragen zumindest teilweise ausgehöhlt, wobei anschließend der derart hergestellte Hohlraum mittels eines Stützfluides befüllt und das Hohlventil geschlossen wird. Hierdurch kann das Hohlventil vergleichsweise kostengünstig hergestellt werden.

[0006] Aus der DE 10 2011 077 198 A1 ist wiederum ein Verfahren zum Herstellen eines metallischen Hohlventils einer Brennkraftmaschine mit einem in einen Ventilschaft übergehenden Ventilkopf bekannt, bei welchem in den Ventilkopf eine Bohrung eingebracht wird und dieser anschließend durch elektrochemisches Abtragen zumindest teilweise ausgehöhlt wird. Auch hierdurch soll prinzipiell die Herstellung derartiger metallischer Hohlventile verbessert werden.

[0007] Generell gilt für metallische Hohlventile, dass diese leichter sind als Vollventile und bei Füllung mit einem Kühlmedium, wie beispielsweise Natrium, eine verbesserte Wärmeabfuhr bieten. Bei Ottomotoren führt ein Hohlventil, das eine besonders gute Wärmeableitung bietet, zu einer Verschiebung der Klopfgrenze und damit zu einem besonders vorteilhaften Betrieb. Das Klopfen

bezeichnet das unkontrollierte Zünden des Benzin-Luft-Gemisches aufgrund zu hoher Temperatur und Druck. Dies führt zu Schlägen in der Brennkraftmaschine mit hohen mechanischen und thermischen Belastungen, welche schlussendlich die Lebensdauer und den Wirkungsgrad negativ beeinträchtigen. Kann die Klopfgrenze jedoch angehoben werden, wird eine höhere Verdichtung im Zylinder möglich, die zu einer deutlichen Effizienzsteigerung im Verbrennungsprozess und damit zu einer höheren Leistung bei geringerem Kraftstoffverbrauch führt.

[0008] Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich daher mit dem Problem, für ein metallisches Hohlventil der gattungsgemäßen Art eine verbesserte Ausführungsform anzugeben, die eine erhöhte Klopfgrenze ermöglicht.

[0009] Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch den Gegenstand des unabhängigen Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0010] Die vorliegende Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, die Klopfgrenze in einer Brennkraftmaschine anzuheben, indem die in dieser Brennkraftmaschine eingesetzten Ventile (Gaswechselventile) als sehr dünnwandige Hohlventile ausgebildet werden und dadurch besonders effektiv zu kühlen sind. Das erfindungsgemäße metallische Hohlventil weist hierzu in bekannter Weise einen rohrförmigen Schaft sowie einen daran angebundenen Ventilkopf auf. Der Schaft besitzt erfindungsgemäß einen Außendurchmesser zwischen 5,0 und 6,0 mm sowie einen Innendurchmesser zwischen 3,0 und 4,6 mm, wodurch eine Wandstärke des Schaftes im Vergleich zu herkömmlichen Hohlventilen deutlich reduziert werden kann. Im Ventilkopf ist zusätzlich ein Hohlraum vorgesehen, wobei die diesen umgebenden Wände eine Dicke zwischen 1,0 und maximal 2,0 mm aufweist und dadurch ebenfalls eine hohe Wärmeübertragung und eine exzellente Kühlung des Hohlventils ermöglicht. Durch die vergleichsweise filigrane Ausbildung des erfindungsgemäßen Hohlventils kann insbesondere eine effektive Kühlung an der planen und dem Brennraum zugewandten Ventilkopfunterseite erreicht werden, welche dazu beiträgt, die Klopfgrenze zu verschieben, das heißt anzuheben, und dadurch die mechanischen und thermischen Belastungen der Brennkraftmaschine, hervorgerufen durch das Klopfen, zu senken. In dem erfindungsgemäßen filigranen Ventil kann darüber hinaus eine höhere Verdichtung im Zylinder erzielt werden, die zu einer deutlichen Effizienzsteigerung im Verbrennungsprozess und damit zu einer höheren Leistung bei gleichzeitig geringerem Kraftstoffverbrauch führt.

[0011] Zweckmäßig beträgt eine Oberflächenrauheit R_z einer Innenwand des Hohlraums $> 10 \mu\text{m}$, insbesondere $R_z > 16 \mu\text{m}$. Durch die vergleichsweise große Oberflächenrauheit an der Innenwand des Hohlraums im Ventilkopf steht eine vergrößerte Wärmeübertragungsfläche zur Verfügung, die einen Wärmetausch positiv beein-

flusst und damit auch die Kühlung der erfindungsgemäßen Hohlventile. In gleicher Weise kann selbstverständlich auch die Oberflächenrauheit einer Innenwand im Schaft des Hohlventils gestaltet sein.

[0012] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der erfindungsgemäßen Lösung ist das Hohlventil aus X45CrSi9-3, aus X50CrMnNiNbN21-9, aus NiCr20TiAl, oder aus NCF 3015 (Ni 30%, Cr 15%) Stahl hergestellt. Derartige hochlegierte Stähle erlauben erst die filigrane Ausbildung des erfindungsgemäßen Hohlventils und weisen darüber hinaus einen vergleichsweise hohen Verschleißwiderstand auf. Derartige hochlegierte Stähle besitzen darüber hinaus üblicherweise eine hohe Korrosionsbeständigkeit und insbesondere auch eine hohe Beständigkeit gegen aggressive Chemikalien, wie beispielsweise Öle oder Verbrennungsabgase, sodass sie besonders geeignet für den Einsatz bei derartigen metallischen Hohlventilen in Brennkraftmaschinen sind.

[0013] Zweckmäßig ist der Hohlraum im Ventilkopf durch elektrochemisches Abtragen hergestellt, wobei der Hohlraum im Wesentlichen rund, ellipsoidisch oder kegelförmig ausgebildet ist. Das elektrochemische Abtragen bietet dabei die Möglichkeit, ohne großen mechanischen Aufwand und ohne Einsatz komplizierter Werkzeuge einen möglichst großen Hohlraum im Ventilkopf zu schaffen. Das elektrochemische Abtragen stellt dabei einen äußerst genau kontrollierbaren Prozess dar, sodass die erfindungsgemäßen metallischen Hohlventile mit gleichbleibend hoher Qualität hergestellt werden können. Der Schaft kann dabei ebenfalls durch elektrochemisches Abtragen erweitert werden, wobei dieser üblicherweise zunächst gebohrt wird.

[0014] Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus der Zeichnung und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnung.

[0015] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0016] Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

[0017] Die einzige Figur 1 zeigt einen Querschnitt durch ein erfindungsgemäßes metallisches Hohlventil.

[0018] Entsprechend der Figur 1, weist ein erfindungsgemäßes metallisches Hohlventil 1 einer im Übrigen nicht gezeigten Brennkraftmaschine einen rohrförmigen Schaft 2 sowie einen daran angebundenen Ventilkopf 3 auf. Der Schaft 2 und der Ventilkopf 3 sind dabei üblicherweise einstückig ausgebildet. Um nun eine möglichst effiziente Kühlung des metallischen Hohlventils 1 erreichen zu können, ist dieses filigran, das heißt mit vergleichsweise dünnen Wandstärken b_1 , b_2 und b_3 ausgestattet, wobei die Wandstärke b_1 im Bereich eines einem nicht gezeigten Brennraum zugewandten Ventilkopfbo-

dens ist, wogegen die Wandstärke b_2 im Bereich einer Ventilkhele 6 gemessen wird. Die Wandstärke b_3 bezieht sich auf die Dicke der Wand im Bereich des Schafts 2. Durch die dünnen Wandstärken b_1 , b_2 und b_3 wird jedoch nicht nur eine verbesserte Kühlung des metallischen Hohlventils 1 erreicht, sondern auch eine Erhöhung der Klopfgrenze der Brennkraftmaschine, wodurch ein unkontrolliertes Zünden eines Benzin-Luft-Gemisches mit den damit verbundenen hohen mechanischen und thermischen Belastungen vermieden, zumindest aber stark reduziert werden kann. Die dünnen Wandstärken bewirken dabei die Erhöhung der Klopfgrenze. Um dies zu erreichen, weist das erfindungsgemäße metallische Hohlventil 1 im Bereich seines Schaftes 2 einen Außendurchmesser d_a auf, der zwischen 5 und 6 mm liegt. Ein Innendurchmesser d_i liegt im Bereich des Schaftes 2 zwischen 3,0 und 4,6 mm, sodass die Wandstärke b_3 zwischen circa 0,7 und 1,5 mm liegt. Selbstverständlich kann die Wandstärke b_3 toleranzbedingt auch zwischen ca. 0,5 und 1,5 mm liegen, wobei vorzugsweise der Innendurchmesser d_i bei 4,6 mm liegt, sofern der Außendurchmesser d_a bei 6 mm liegt. Im Ventilkopf 3 ist dabei ein Hohlraum 4 vorgesehen, der zusammen mit einem im Schaft 2 angeordneten Hohlraum 5 einen Aufnahme-
raum für ein Kühlmittel, beispielsweise Natrium, bildet. Eine den Hohlraum 4 umgebende Wand weist dabei im Bereich des Ventilkopfbodens eine Dicke b_1 zwischen 1 und 2 mm auf, ebenso wie im Bereich einer Ventilkhele 6, sodass auch in diesem Bereich die Dicke b_2 der Wand circa 1 bis 2 mm beträgt.

[0019] Um die Wärmeübertragung zwischen dem im Hohlraum 4 und 5 angeordneten Kühlmittel und dem metallischen Hohlventil 1 weiter verbessern zu können, kann vorgesehen sein, dass eine Oberflächenrauheit R_z einer Innenwand 7 des Hohlraums 4 bzw. des Hohlraums 5 größer als 10 μm , insbesondere größer als 16 μm ist. Durch die erhöhte Oberflächenrauheit R_z wird die für den Wärmetausch zur Verfügung stehende Fläche vergrößert und dadurch die Wärmeübertragung verbessert.

[0020] Generell kann das Hohlventil 1 aus einem hochlegierten Stahl, wie beispielsweise X45CrSi9-3, aus X50CrMnNiNbN21-9, aus NiCr20TiAl oder aus NCF3015 Stahl hergestellt sein. Derartige hochlegierte Stähle ermöglichen die filigrane Ausbildung des erfindungsgemäßen metallischen Hohlventils 1 und sind darüber hinaus beständig gegen aggressive chemische Medien, wie beispielsweise Öle oder Verbrennungsabgase. Zudem besitzen sie einen hohen Verschleiß- und Korrosionswiderstand und besitzen dadurch eine hohe Lebensdauer.

[0021] Der Hohlraum 5 im Schaft 2 wird üblicherweise gebohrt, wogegen der Hohlraum 4 im Ventilkopf 3 mittels elektrochemischen Abtragens hergestellt wird. Der Hohlraum 4 kann beispielsweise rund, kegelförmig oder aber auch ellipsoidisch ausgebildet sein. Ein derartiges elektrochemisches Abtragen ermöglicht eine einerseits einfache und andererseits höchst genaue Herstellung des Hohlraums 4 und damit auch diesen umgebenden Wän-

de.

[0022] Mit dem erfindungsgemäßen metallischen Hohlventil 1 lässt sich dieses deutlich besser kühlen und dadurch indirekt die Klopfgrenze der Brennkraftmaschine anheben, was nicht nur die Lebensdauer der Brennkraftmaschine erhöht, sondern auch zu einer höheren Leistung bei gleichzeitig geringerem Kraftstoffverbrauch führt. Durch die filigrane Ausführung wird zudem Gewicht eingespart, was sich positiv auf einen Kraftstoffverbrauch der Brennkraftmaschine auswirkt.

(7) des Hohlraums (4,5) größer als 10 μm , insbesondere größer als 16 μm , ist.

Patentansprüche

1. Metallisches Hohlventil (1) einer Brennkraftmaschine, mit einem rohrförmigen Schaft (2) mit einem Hohlraum (5) und einem daran angeordneten Ventilkopf (3),
dadurch gekennzeichnet,
 - **dass** der Schaft (2) einen Außendurchmesser $5,0 \text{ mm} < d_a < 6,0 \text{ mm}$ und einen Innendurchmesser $3,0 \text{ mm} < d_i < 4,6 \text{ mm}$ aufweist,
 - **dass** im Ventilkopf (3) ein Hohlraum (4) vorgesehen ist,
 - **dass** eine den Hohlraum (4) umgebende Wand eine Dicke $1,0 \text{ mm} < b_{1,2} < 2,0 \text{ mm}$ aufweist.
2. Hohlventil nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine den Hohlraum (5) umgebende Wand eine Dicke $0,7 \text{ mm} < b_3 < 1,5 \text{ mm}$ aufweist.
3. Hohlventil nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Hohlventil (1) aus X45CrSi9-3, aus X50CrMnNiNbN21-9, aus NiCr20TiAl oder aus NCF 3015 Stahl hergestellt ist.
4. Hohlventil nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Hohlraum (4) im Ventilkopf (3) zumindest teilweise durch elektrochemisches Abtragen hergestellt ist.
5. Hohlventil nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Hohlraum (4) im Wesentlichen rund, ellipsoidisch oder kegelförmig ausgebildet ist.
6. Hohlventil nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Hohlraum (5) im Schaft (2) gebohrt ist.
7. Hohlventil nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Oberflächenrauheit R_z einer Innenwand

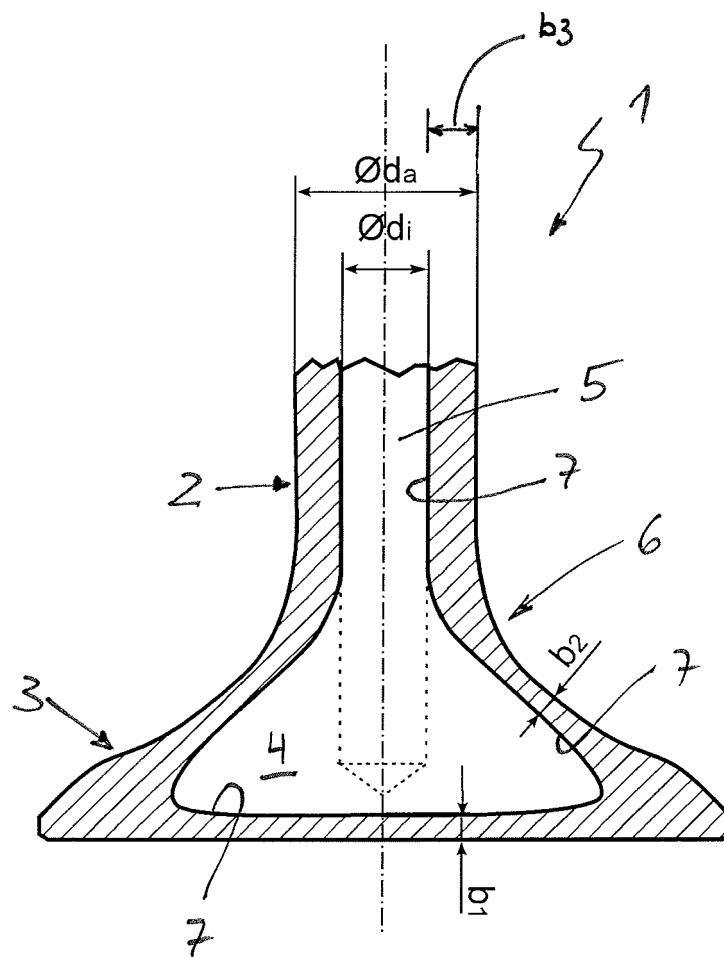


Fig. 1



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 14 15 2509

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 2 357 326 A1 (NITTAN VALVA [JP]) 17. August 2011 (2011-08-17)	1	INV. F01L3/14
A	* Absatz [0032]; Abbildungen *	2-7	B21K1/22 B23P15/00 F01L3/20
A	EP 0 619 419 A1 (EATON CORP [US]) 12. Oktober 1994 (1994-10-12) * Seite 4, Zeile 15 - Zeile 20; Abbildungen *	1-7	
A	EP 0 911 493 A2 (EATON CORP [US]) 28. April 1999 (1999-04-28) * das ganze Dokument *	1-7	
A	DE 198 04 053 A1 (MWP MAHLE J WIZEMANN PLEUCO GM [DE]) 5. August 1999 (1999-08-05) * das ganze Dokument *	1-7	
A	US 2 627 259 A (WOOD JOHN G ET AL) 3. Februar 1953 (1953-02-03) * das ganze Dokument *	1-7	
A	US 3 378 904 A (GISELA PRASSE ET AL) 23. April 1968 (1968-04-23) * das ganze Dokument *	1-7	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B21K B23P F01L
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 7. Oktober 2014	Prüfer Paulson, Bo
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	

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

EP 14 15 2509

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.

07-10-2014

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2357326	A1	17-08-2011	EP 2357326 A1	17-08-2011
			JP 5148609 B2	20-02-2013
			KR 20100062970 A	10-06-2010
			US 2011186000 A1	04-08-2011
			WO 2010041337 A1	15-04-2010

EP 0619419	A1	12-10-1994	CN 1094123 A	26-10-1994
			DE 69403843 D1	24-07-1997
			DE 69403843 T2	29-01-1998
			EP 0619419 A1	12-10-1994
			JP 3736863 B2	18-01-2006
			JP H06299816 A	25-10-1994
			US 5413073 A	09-05-1995
			US 5619796 A	15-04-1997

EP 0911493	A2	28-04-1999	EP 0911493 A2	28-04-1999
			JP H11210429 A	03-08-1999

DE 19804053	A1	05-08-1999	AR 018055 A1	31-10-2001
			BR 9908554 A	30-10-2001
			DE 19804053 A1	05-08-1999
			EP 1053388 A1	22-11-2000
			EP 1359292 A1	05-11-2003
			JP 4282900 B2	24-06-2009
			JP 2002502928 A	29-01-2002
			US 6354258 B1	12-03-2002
			WO 9940295 A1	12-08-1999

US 2627259	A	03-02-1953	KEINE	

US 3378904	A	23-04-1968	DE 1213457 B	31-03-1966
			GB 1091847 A	22-11-1967
			SE 315619 B	06-10-1969
			US 3378904 A	23-04-1968

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

- EP 2541000 A1 [0003]
- DE 102010051871 A1 [0004]
- DE 102012209187 A1 [0005]
- DE 102011077198 A1 [0006]