

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>7</sup> :  B21D 53/84		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 00/51759</b>
			(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 8. September 2000 (08.09.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/00536		(81) Bestimmungsstaaten: BR, CN, CZ, HU, JP, KR, MX, SK, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(22) Internationales Anmeldedatum: 23. Februar 2000 (23.02.00)			
(30) Prioritätsdaten: 199 09 184.6 3. März 1999 (03.03.99) DE 199 32 810.2 9. Juli 1999 (09.07.99) DE 100 05 690.3 9. Februar 2000 (09.02.00) DE			
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SE SÄCHSISCHE ELEKTRONENSTRAHL GMBH [DE/DE]; Otto-Schmerbach-Strasse 21a, D-09117 Chemnitz (DE).			
(72) Erfinder; und			
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): FURCHHEIM, Bodo [DE/DE]; Otto-Thörner-Strasse 53, D-09127 Chemnitz (DE). LE THIEN, Hoang [DE/DE]; Weststrasse 70, D-09212 Limbach-Oberfrohna (DE).			
(74) Gemeinsamer Vertreter: SE SÄCHSISCHE ELEKTRONENSTRAHL GMBH; Otto-Schmerbach-Strasse 21a, D-09117 Chemnitz (DE).			
(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A CAMSHAFT AND CAMSHAFT PRODUCED ACCORDING TO SAID METHOD			
(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER NOCKENWELLE UND DANACH HERGESTELLTE NOCKENWELLE			
(57) Abstract			
<p>The aim of the invention is to produce cam shafts. To this end, the plasticising method known per se is combined with the internal high pressure deformation method in such a way that bearing elements, drive elements and control elements are produced at the ends by plasticising. Prefabricated supporting rings and chain wheels or gear wheels are mounted in a positive or non-positive fit by internal high pressure deformation. The inventive method can be mainly used for camshafts but also for producing shafts with cam plates etc.</p>			
(57) Zusammenfassung			
<p>Zur Herstellung von Nockenwellen wird gemäß der Anmeldung das bekannte Knetverfahren mit dem IHU - Verfahren derart kombiniert, dass durch kneten an den Enden Lager-, Antriebs- und Steuerelemente geschaffen werden. Im folgenden werden durch Innenhochdruck - Umformen vorgefertigte Tragringe und Ketten- oder Zahnräder kraft- und formschlüssig aufgebracht. Neben den Hauptanwendungsbereich der Nockenwellen, kann das erfundungsgemäße Verfahren auch zur Herstellung von Wellen mit Kurvenscheiben usw. angewendet werden.</p>			

#### ***LEDIGLICH ZUR INFORMATION***

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

<b>AL</b>	Albanien	<b>ES</b>	Spanien	<b>LS</b>	Lesotho	<b>SI</b>	Slowenien
<b>AM</b>	Armenien	<b>FI</b>	Finnland	<b>LT</b>	Litauen	<b>SK</b>	Slowakei
<b>AT</b>	Österreich	<b>FR</b>	Frankreich	<b>LU</b>	Luxemburg	<b>SN</b>	Senegal
<b>AU</b>	Australien	<b>GA</b>	Gabun	<b>LV</b>	Lettland	<b>SZ</b>	Swasiland
<b>AZ</b>	Aserbaidschan	<b>GB</b>	Vereinigtes Königreich	<b>MC</b>	Monaco	<b>TD</b>	Tschad
<b>BA</b>	Bosnien-Herzegowina	<b>GE</b>	Georgien	<b>MD</b>	Republik Moldau	<b>TG</b>	Togo
<b>BB</b>	Barbados	<b>GH</b>	Ghana	<b>MG</b>	Madagaskar	<b>TJ</b>	Tadschikistan
<b>BE</b>	Belgien	<b>GN</b>	Guinea	<b>MK</b>	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	<b>TM</b>	Turkmenistan
<b>BF</b>	Burkina Faso	<b>GR</b>	Griechenland	<b>ML</b>	Mali	<b>TR</b>	Türkei
<b>BG</b>	Bulgarien	<b>HU</b>	Ungarn	<b>MN</b>	Mongolei	<b>TT</b>	Trinidad und Tobago
<b>BJ</b>	Benin	<b>IE</b>	Irland	<b>MR</b>	Mauritanien	<b>UA</b>	Ukraine
<b>BR</b>	Brasilien	<b>IL</b>	Israel	<b>MW</b>	Malawi	<b>UG</b>	Uganda
<b>BY</b>	Belarus	<b>IS</b>	Island	<b>MX</b>	Mexiko	<b>US</b>	Vereinigte Staaten von Amerika
<b>CA</b>	Kanada	<b>IT</b>	Italien	<b>NE</b>	Niger	<b>UZ</b>	Usbekistan
<b>CF</b>	Zentralafrikanische Republik	<b>JP</b>	Japan	<b>NL</b>	Niederlande	<b>VN</b>	Vietnam
<b>CG</b>	Kongo	<b>KE</b>	Kenia	<b>NO</b>	Norwegen	<b>YU</b>	Jugoslawien
<b>CH</b>	Schweiz	<b>KG</b>	Kirgisistan	<b>NZ</b>	Neuseeland	<b>ZW</b>	Zimbabwe
<b>CI</b>	Côte d'Ivoire	<b>KP</b>	Demokratische Volksrepublik Korea	<b>PL</b>	Polen		
<b>CM</b>	Kamerun			<b>PT</b>	Portugal		
<b>CN</b>	China	<b>KR</b>	Republik Korea	<b>RO</b>	Rumänien		
<b>CU</b>	Kuba	<b>KZ</b>	Kasachstan	<b>RU</b>	Russische Föderation		
<b>CZ</b>	Tschechische Republik	<b>LC</b>	St. Lucia	<b>SD</b>	Sudan		
<b>DE</b>	Deutschland	<b>LI</b>	Liechtenstein	<b>SE</b>	Schweden		
<b>DK</b>	Dänemark	<b>LK</b>	Sri Lanka	<b>SG</b>	Singapur		
<b>EE</b>	Estland	<b>LR</b>	Liberia				

## **Verfahren zur Herstellung einer Nockenwelle und danach hergestellte Nockenwelle**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Nockenwellen und eine nach diesem Verfahren hergestellte Nockenwelle. Vorzugsweise handelt es sich um Nockenwellen für Motoren für Kraftfahrzeuge, jedoch ist das Verfahren auch geeignet, um ähnliche Erzeugnisse, wie z.B. auf einer Welle angeordnete Kurvenscheiben herzustellen. Das sind Elemente, die eine Rotationsbewegung in Hubbewegung umsetzen, indem die Hubelemente auf rotierenden Scheiben mit unterschiedlicher Krümmung laufen und entgegen der Drehrichtung bewegt werden.

Es sind Nockenwellen bekannt, die aus einem Stück hergestellt, d.h. geschmiedet oder gegossen sind. Die Laufflächen der Nocken, die dem Verschleiß unterliegen, sind nach einer mechanischen spanenden Bearbeitung durch Laserstrahlen, Elektronenstrahlen oder WIG umgeschmolzen oder z.B. induktiv oder einem thermisch / chemischen Prozeß gehärtet. Danach erfolgt die weitere mechanische Behandlung, z.B. das Schleifen der Lager und der Nockenformen. Diese Nockenwellen haben den Nachteil, dass ihr Gewicht und die damit zu bewegende Masse sehr hoch ist. Die hohe Masse der Nockenwelle wirkt sich nachteilig auf den Kraftstoffverbrauch aus. Ein weiterer Nachteil ist der hohe mechanische Aufwand bei der Bearbeitung des Rohlings.

Es ist weiterhin bekannt, Nockenwellen aus Einzelteilen herzustellen. Die einzelnen Nocken werden auf die Welle gebracht und mit ihr vorzugsweise durch Schweißen verbunden, aufgepreßt oder aufgeschrumpft. Hierbei ist der Mangel des hohen Gewichts der massiven Kurvenscheiben aus einem Stück zwar beseitigt, denn die Welle kann eine Hohlwelle sein, jedoch ist der Aufwand der Herstellung noch sehr hoch.

In einer weiteren Ausführungsform des Verfahrens ist es auch bekannt, die einzelnen Nocken auf der Hohlwelle derart zu befestigen, indem die Hohlwelle nach dem Aufschieben der Nocken durch Einwirken von Druck aufgeweitet wird. Als Druckmedien werden bevorzugt Flüssigkeiten verwendet. Der Druck wird mittels Kolben oder Stempel erzeugt ( DE 34 09 541 ; 35 21 206). Dieses Verfahren hat aber den Nachteil, dass die Herstellung der Einzelteile, insbesondere das Fügen, technologisch kompliziert ist und die Innenkontur der Nocken einschränkt.

Es ist weiterhin bekannt, Nockenwellen derart herzustellen, dass ein langer Hohlkörper, d.h. eine Hohlwelle durch Innenhochdruck - Umformverfahren (IHU-Verfahren genannt) Ausformungen als Nocken wirkend einzeln oder nacheinander oder gleichzeitig erzeugt werden.

Entsprechend zweiteilige oder vierteilige Werkzeuge gewährleisten durch das Nachschieben der Hohlwelle in axialer Richtung, dass die Nocken in ihrer Lage definiert entstehen und eine einstückige Ausformung erfolgt (WO 97/46341 ).

Die nach diesem Verfahren hergestellte Nockenwelle ist jedoch mit dem Mangel behaftet, dass zwar die Herstellungskosten gegenüber den geschmiedeten oder zusammengesetzten Nockenwellen geringer sind, aber die Verschleißfestigkeit der Nockenfläche ist unzureichend. Es ist nicht möglich, mit einem Material, welches die Verschleißfestigkeit gewährleistet, das IHU - Verfahren auszuüben. Außerdem ist es nicht möglich bei geringem Abstand der Nocken auf der Welle, wie es in der Regel bei Kfz-Motoren erforderlich ist, eine ebene Lauffläche der Nocken zu erzeugen, denn an den Stellen des höchsten Umformgrades wird zwangsläufig das Material geschwächt, was die Festigkeit negativ beeinflusst.

Wird ein Material für die Hohlwelle verwendet, welches zur Verringerung dieser Mängel beiträgt, so lässt dieses zwar eine gute Verformung zu, aber die Härte bzw. Verschleißfestigkeit ist selbst durch einen nachfolgenden Härteprozeß nicht erreichbar. Gerade die Härte und Verschleißfestigkeit der Nocken ist aber Grundvoraussetzung für eine hohe Lebensdauer der Nockenwellen im Kfz-Motor. Es ist auch sehr schwer, wenn überhaupt möglich, im gesamten Bereich der Nockenwelle, d.h. der Welle selbst und speziell den Flanken und Spitzen des Nockens die notwendigen Materialdicken zu erreichen.

Es ist weiterhin bekannt, die Nockenbahn bildende Rohrabschnitte mit einer exzentrischen Profilierung herzustellen und diese unter Anwendung eines Pressitzverbundes zu verstärken. Die Herstellung des Nockens erfolgt durch Explosivumformung eines Rohres. Die einzelnen Nocken werden entsprechend zueinander versetzt auf der Nockenwelle befestigt (DD 243 223). Diese derzeit hergestellten Nockenwellen erfordern einen hohen Herstellungsaufwand und haben ein hohes Gewicht. Der plastische Umformprozeß ist nicht zeitabhängig steuerbar.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung von Nockenwellen zu schaffen, mit welchem durch Anwendung des bekannten Innenhochdruck - Umformverfahrens Nockenwellen herstellbar sind, die fest sind, geringe Durchbiegung aufweisen, hohe Torsionsfestigkeit besitzen und eine hohe Biegesteifigkeit in den Belastungsflächen auf der Nockenflanke und -spitze besitzen. Das Herstellungsverfahren soll einfach sein. Ein Aufbringen einer zusätzlichen Schicht, d.h. Verschleißschutzschicht in einem weiteren Prozeßschritt soll entfallen, ebenso wie aufwendige mechanische Nacharbeiten. Der Materialeinsatz soll gering sein. Die Anzahl der erforderlichen Einzelteile für die gesamte Nockenwelle soll gegenüber bekannten Fertigungsverfahren für Nockenwellen reduziert sein.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe nach den Merkmalen des Anspruches 1 und 8 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Ansprüchen 2 bis 7 und 9 bis 17 beschrieben.

Das Wesen der Erfindung besteht darin, dass in einem getrennten Verfahren entsprechend harte und verschleißfeste Tragringe mit geringer Wanddicke und der endgültigen Form des Nockens hergestellt werden, diese Tragringe durch Innenhochdruck – Umformen (IHU genannt) in ein IHU - Werkzeug eingelegt und durch das IHU - Werkzeug und in das Rohr eingeleitete axiale Kräfte in Verbindung mit über

ein Druckmedium erzeugte Innenkräfte eine ein – oder zweistufige Umformung des Rohres zur Nockenwelle erfolgt.

Mit Beendigung des Umformprozesses erfolgt die kraft – und formschlüssige Verbindung des Nockens mit dem Tragring. An den Enden der Nockenwelle sind an sich bekannte Lagerelemente angeordnet, die in an sich bekannter Weise befestigt werden.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird in einer Verfahrensstufe, die dem vorgenannten Verfahren vorangestellt ist, ein Rohr aus einem Werkstoff, der die erforderlichen Eigenschaften für die Verformung und mechanischen Anforderungen erfüllt, durch das bekannte Kneten, auch Rollkneten genannt, oder das Anstauchen, derart verformt, dass das Rohr ganz oder teilweise oder nur die Nockenwellenenden plastisch umgeformt, also z.B. abgestreckt und / oder angedickt werden. An den Enden werden so Formelemente für Antriebs – und Steuerelemente, z.B. der Sitz für Zahnräder geschaffen. In der folgenden o.g. Verfahrensstufe wird durch das IHU - Verfahren das Rohr in dem Bereich, indem die Nocken angeordnet sind, aufgeweitet, wobei vorher in das IHU – Werkzeug die Tragringe entsprechend der Positionen der Nocken eingelegt werden.

Bei Nocken, die sehr spitz verlaufen tritt, wenn die Tragringe eine gleiche Wanddicke haben der Nachteil auf, dass das Rohr einem hohen Umformgrad unterliegt und unter Umständen ein mehrstufiger Umformprozeß erforderlich ist. Damit steigen die Herstellungskosten bei sinkender Produktivität. Weiterhin existieren außerhalb der Nockenwelle im Zylinderkopf Störkonturen zwischen bzw. neben den Nocken. Durch sie wird der zur Verfügung stehende Bauraum begrenzt und der IHU – Prozeß erschwert. Diese Einschränkung ist, wenn überhaupt, nur durch einen komplizierten, mehrstufigen IHU – Prozeß zu beseitigen. Das wiederum erfordert hohe Herstellungskosten. Daher besteht eine vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens, bzw. der danach hergestellten Welle darin, dass die Tragringe, die ein einem getrennten Verfahren hergestellt werden, außen der funktionsbedingten Kontur entsprechen und im Innern einen etwas größeren Durchmesser als das Rohr aufweisen. Die Wandstärke des Tragringes ist nicht gleichmäßig dick, sondern weist im Bereich der Nockenspitze eine größere Dicke auf. Das bedeutet, der Tragring hat als Nocken eine variable Dicke und die Innenkontur ist kein Kreis.

Das erfindungsgemäße Verfahren besteht im Wesentlichen darin, dass zwei oder mehrere bekannte moderne Fertigungsverfahren miteinander kombiniert werden.

Es ist vorteilhaft, mindestens eine Rille radial in den Tragring einzubringen, um das seitliche Verschieben des Tragringes zu verhindern, indem bei der Druckeinwirkung sich diese Rille mit Material der Welle ausfüllt.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens besteht darin, dass Antriebs – und / oder Steuerelemente auch durch das IHU – Verfahren auf der Welle befestigt werden. Ebenso können Lagerflächen auch durch Aufweiten des Rohres durch das IHU – Verfahren erzeugt werden. Besonders die infolge des plastischen Verformungsprozesses entstehende Kaltverfestigung des Rohrmaterials ist vorteilhaft.

Die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte Nockenwelle ist durch die hohlen Nocken und sehr dünnwandigen Tragringe im Gewicht sehr leicht und besitzt eine hohe Steifigkeit. Es besteht der Vorteil, dass die Tragringe nicht oder nur wenig mechanisch nachzuarbeiten sind. Ihre Härte ist entsprechend den Anforderungen bereits gegeben, was das sonst übliche nachträgliche Härteln, z.B. das Induktionshärten oder Umschmelzhärten in einem Vakuumprozeß erspart.

Durch die weitere Ausgestaltung des Verfahrens tritt ein zusätzlicher Vorteil ein, indem das Rundkneten oder Stauchen in Verbindung mit dem IHU – Verfahren im Gegensatz zu allen bekannten Herstellungsverfahren einen sehr geringen Fertigungsaufwand und damit auch geringe Kosten erfordert. Diese werden vor allem dadurch noch vermindert, dass die Anzahl der getrennt zu fertigenden und anschließend zu fügenden Einzelteile sehr gering ist. Durch die Fertigung gemäß der Erfindung entfallen Fehlerquellen, die durch das bisherige Fügen von Endstücken auftreten konnten. Ein wesentlicher Vorteil des Verfahrens besteht auch darin, dass durch den Knetprozeß Funktionselemente herstellbar sind, die in ihrer Geometrie, Maßhaltigkeit und Oberflächengüte und eine sehr geringe mechanische Nacharbeit erfordern. Es bedarf oft nur eines Schleifprozesses zur Fertigstellung.

Die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte Nockenwelle besteht aus einer geringen Zahl von Einzelteilen. Mit Beendigung des Umformprozesses sind die Nockenringe kraft – und formschlüssig mit der Welle verbunden.

Es ist auch vorteilhaft, den Tragring an der dem Rohr zugewandten Seite ein – oder beidseitig mit Fasen zu versehen. Dadurch wird auch das seitliche Verschieben auf der Welle verhindert.

Eine vorteilhafte Ausführung der Tragringe besteht darin, dass der Tragring gegenüber dem Stand der Technik aus Kunststoffen oder Sinterwerkstoffen besteht. Diese Materialien bieten den Vorteil der einfachen Fertigung bei niedrigen Herstellkosten.

Des Weiteren können Keramikwerkstoffe zum Einsatz kommen. Sie haben den Vorteil bei höchsten Verschleißfestigkeiten und geringstem Gewicht damit die leichteste Nockenwelle herzustellen.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Nockenwelle besteht darin, dass das Rohr aus Aluminium oder Titan besteht. Dadurch wird die Nockenwelle sehr leicht.

An zwei Ausführungsbeispielen wird die Erfindung beschrieben. Die zugehörigen Zeichnungen zeigen in

- Fig.1: einen Längsschnitt durch eine fertige Nockenwelle,
- Fig.2: einen Querschnitt durch einen Nocken auf der Welle,
- Fig.3: einen Ausschnitt als Längsschnitt durch einen Nocken auf der Welle.
- Fig.4: eine Nockenwelle mit durch Rundkneten / Stauchen verformten Enden
- Fig.5: eine Nockenwelle mit Tragringen variabler Dicke im Schnitt

Die Fig. 1 bis 3 zeigen die Herstellung einer Nockenwelle nach dem IHU – Verfahren.

An einem dünnwandigen Rohr 1 aus einem gut verformbaren Material wird durch IHU-Verformung in einer Preßform die Nockenwelle konturennah hergestellt, d.h. die Stellen, wo eine Nocke 2 ihren Sitz hat wird entsprechend den Abmessungen der Nocke 2 und ihre Lage ausgeformt. Die Welle mit ihrem Nocken 2 ist ein einziger Hohlkörper. In einem bekannten Prozeß werden unabhängig Tragringe 3, wie aus Fig.2 und 3 ersichtlich hergestellt. Dazu z.B. wird ein Rohr aus verschleißfestem Material so profiliert, dass die endgültige Form des Tragringes 3 (Nockens) gegeben ist und gehärtet. Das zur Nockenwelle umzuformende vorgefertigte Rohr 1 wird durch die Tragringe 3 geschoben und gemeinsam mit ihnen in das geöffnete Umformwerkzeug eingelegt. Alle Einzelteile sind auf diese Weise lagefixiert. Das Umformwerkzeug wird axial geschlossen und radial kann die Krafteinleitung zur Umformung einsetzen. Die Krafteinleitung beginnt mit einer definierten axialen Kraft auf das Rohr 1 und /oder das Werkzeug, unterstützt von einem definierten Innendruck im Rohr 1. Nach dem vollständigen Schließen des Werkzeuges axial und radial erfolgt mit einem reinen IHU-Prozeß das form- und kraftschlüssige Verbinden von Rohr 1 und Tragring 3. Auf das Ende des Rohres 1 sind Lager – oder Antriebselemente 5 in bekannter Weise aufgebracht. Es ist auch möglich, diese durch den IHU – Prozeß auf dem Rohr 1 zu befestigen.

Es ist auch möglich im Innern des Tragringes 3 radial eine Rille 4 einzubringen, wodurch der Halt auf dem Nocken 2 verbessert wird, indem diese Rille 4 sich mit dem Material des Rohres 1 ausfüllt. Möglich ist es auch, den Tragring 3 am Innendurchmesser mit Phasen zu versehen, die sich beim abschließenden IHU - Prozeß mit Material füllen.

An einem weiteren Beispiel wird die Herstellung einer Nockenwelle durch das IHU – Verfahren in Kombination mit dem Knetverfahren gemäß Fig. 4 beschrieben.

Das Rohr 1 aus einem gut verformbaren Material wird an seinen Enden durch Rundkneten oder Stauchen verdickend verformt. Auf einer Seite wird dadurch sein Innendurchmesser  $D_I$  verringert und sein Außendurchmesser  $D_A$  hergestellt, so dass eine die Nockenwelle verstärkende Zone 6 entsteht. Am äußersten Ende entsteht ein Funktionselement 7, dessen Sitz durch Schleifen auf sein Endmaß gebracht wird. Am anderen Ende wird ebenfalls durch Kneten oder Stauchen, zugleich mit dem Kneten des bereits beschriebenen Endes ebenfalls der Innendurchmesser  $D_I$  verringert und ein weiteres Funktionselement 7 (Lagersitz, Steuernocken usw) geschaffen. Im folgenden Verfahrensschnitt wird auch der Bund 8 mit angestaucht, der zum Anflanschen anderer Aggregate erforderlich ist.

Nach der ersten Verfahrensstufe werden die in einem getrennten Verfahren hergestellten Tragringe 3, die der Form der Nocken entsprechen und das Kettenrad (nicht gekennzeichnet) kraft – und formschlüssig durch IHU – Verfahren angebracht. Dazu werden die Tragringe 3 und das Kettenrad in das IHU – Werkzeug eingelegt.

In Fig. 5 ist eine Ausführungsform der Nockenwelle gezeigt, bei der der Tragring 3 eine unterschiedliche Dicke besitzt.

Das Rohr 1 aus einem gut verformbaren Material hat einen Außendurchmesser  $d_a$ . Der Tragring 3 aus Sintermetall hat außen die funktionsbedingte Form und ist innen kein Kreis. Sein Innendurchmesser  $D_i$  ist etwas größer als der Außendurchmesser  $d_a$  des Rohres 1. Die Dicke des Tragringes 3 ist nicht konstant. Die Höhe  $A$ , die entstehen würde wenn man von einer konstanten Tragringdicke ausgeht, ist größer als die Höhe  $A'$  der maximalen Verformung des Rohres 1, und somit ist der Radius  $R_i$  im Bereich der Verformung des Rohres 1 größer gegenüber  $R_i$  bei angenommener gleichen Dicke  $c$  des Tragringes 3. In diesem Bereich ist die Dicke  $c'$  des Tragringes 3 größer und verläuft in die konstante Dicke  $c$ .

Wenn auch der Tragring 3 in dieser Form in seiner Herstellung geringfügig teurer ist, so überwiegen die verringerten Kosten für den IHU – Prozeß, der einstufig möglich wird.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Nockenwelle aus einem Rohr, welches durch Einwirkung axialer Kräfte und eines Mediums unter hohem Innendruck verformt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die in einem getrennten Verfahren hergestellten, der Nockenkontur, der erforderlichen Härte, Festigkeit und Verschleißfestigkeit entsprechenden Tragringe in ein Innenhochdruck - Umformwerkzeug gemeinsam mit dem umzuformenden Rohr einlegt werden, und dass durch Einwirkung von Axialkräften und eines Mediums unter Innenhochdruck durch Aufweiten des Rohres die Tragringe kraft - und formschlüssig befestigt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem ersten Verfahrensschritt vor dem Innenhochdruck - Umformen Bereiche, vorzugsweise Enden des Rohres, die außerhalb des Bereiches sind, in denen die Nocken ihren Sitz haben derart geknetet und / oder gestaucht werden, dass diese aufgedickt und / oder abgestreckt werden und dabei andere Funktionselemente gebildet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen den Nockenwellenenden in dem ersten Verfahrensschritt vor dem Innenhochdruck - Umformen Lagerflächen und die späteren Bereiche in denen die Nocken ihren Sitz haben durch Rundkneten erzeugt werden, indem der Durchmesser in diesem Bereich auf ein gewünschtes Maß reduziert wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen Nocken Lagerflächen durch Innenhochdruck - Umformen durch Aufweiten des Rohres erzeugt werden.
5. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Tragringe vor dem Einlegen in das Innenhochdruck - Umformwerkzeug in bekannter Weise gehärtet werden.
6. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein in einem getrennten Verfahren hergestelltes Zahn - oder Kettenrad in das Innenhochdruck - Umformwerkzeug eingelegt wird und durch das Innenhochdruck - Umformen kraft - und / oder formschlüssig verbunden wird.
7. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass nach dem Herstellen der verdickten oder verjüngten Enden der Nockenwelle durch Rundkneten in einem diesem Verfahrensschritt integrierten zusätzlichen Verfahrensschritt eine Innenverzahnung und / oder ein Gewinde hergestellt wird.
8. Nockenwelle, hergestellt nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Nockenwelle aus einem Rohr (1) durch ein Innenhochdruck - Umformverfahren derart hergestellt ist, dass die Welle konturennah alle Nocken (2) in Form und Stellung in einem Stück aufweist, dass auf den ausgeformten Nocken (2) ein nach der Nockenkontur geformter Tragring (3) aus hartem, verschleißfesten Material kraft

- und formschlüssig aufgebracht ist, das an den Enden in bekannter Weise Lagerelemente und / oder Antriebs – und / oder Steuerelemente (5) angebracht sind.
9. Nockenwelle nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Tragringe (3) gleiche Wanddicke besitzen.
  10. Nockenwelle nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dicke der Tragringe (3) variable ist, wobei im Bereich der Nockenspitze die Dicke größer ist.
  11. Nockenwelle nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Tragring (3) aus Sintermetall, Kunststoff oder Keramik besteht.
  12. Nockenwelle nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Rohr (1) aus Aluminium, Magnesium oder Titan oder dessen Legierungen besteht.
  13. Nockenwelle nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Enden des Rohres (1) durch Kneten derart verformt sind, daß durch Aufweiten oder Verjüngen der ursprünglichen Durchmesser ( $D_i$  ;  $d_a$ ) des Rohres (1) Lagerflächen, Antriebs – und / oder Steuerelemente und Innen – und / oder Außengewinde erzeugt sind.
  14. Nockenwelle nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Antriebs – und Steuerelemente, vorzugsweise Ketten – oder Zahnräder, durch Innenhochdruck – Umformverfahren aufgebracht sind.
  15. Nockenwelle nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem Tragring (3) und Antriebs – und Steuerelemente mindestens eine radial verlaufende Rille (4) angebracht ist.
  16. Nockenwelle nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dem Rohr (1) zugewandte Seite des Tragringes (3) und die Antriebselemente ein – oder beidseitig auf der dem Rohr (1) zugewandten Seite Fasen aufweist.
  17. Nockenwelle nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Tragring (3) vor dem Aufbringen auf den ausgeformten Nocken gehärtet ist.

1/2

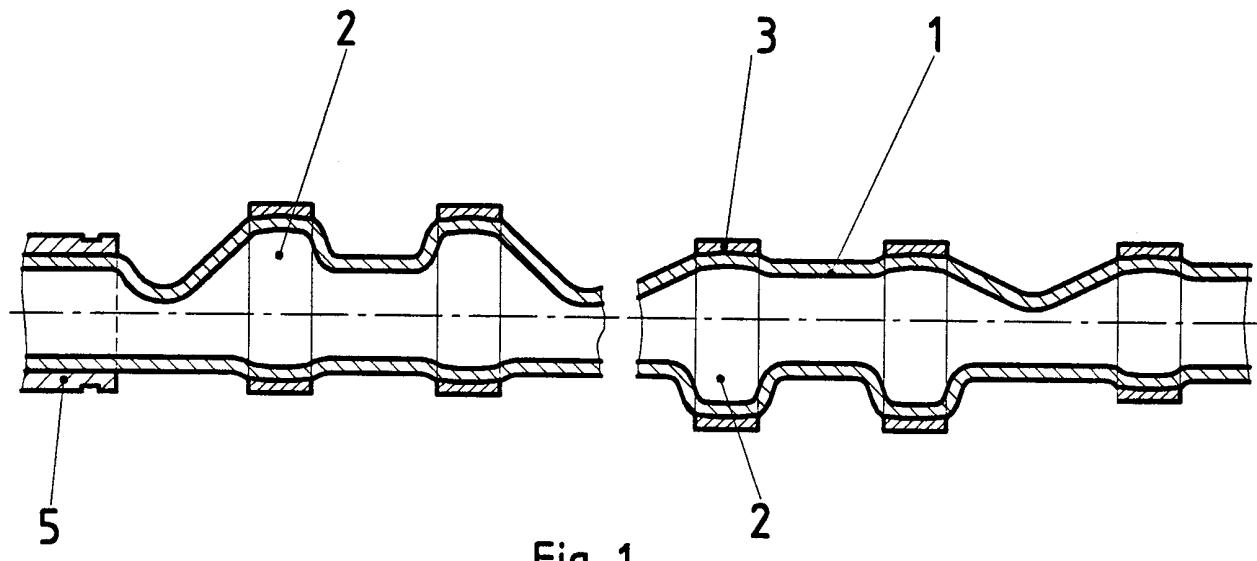


Fig. 1

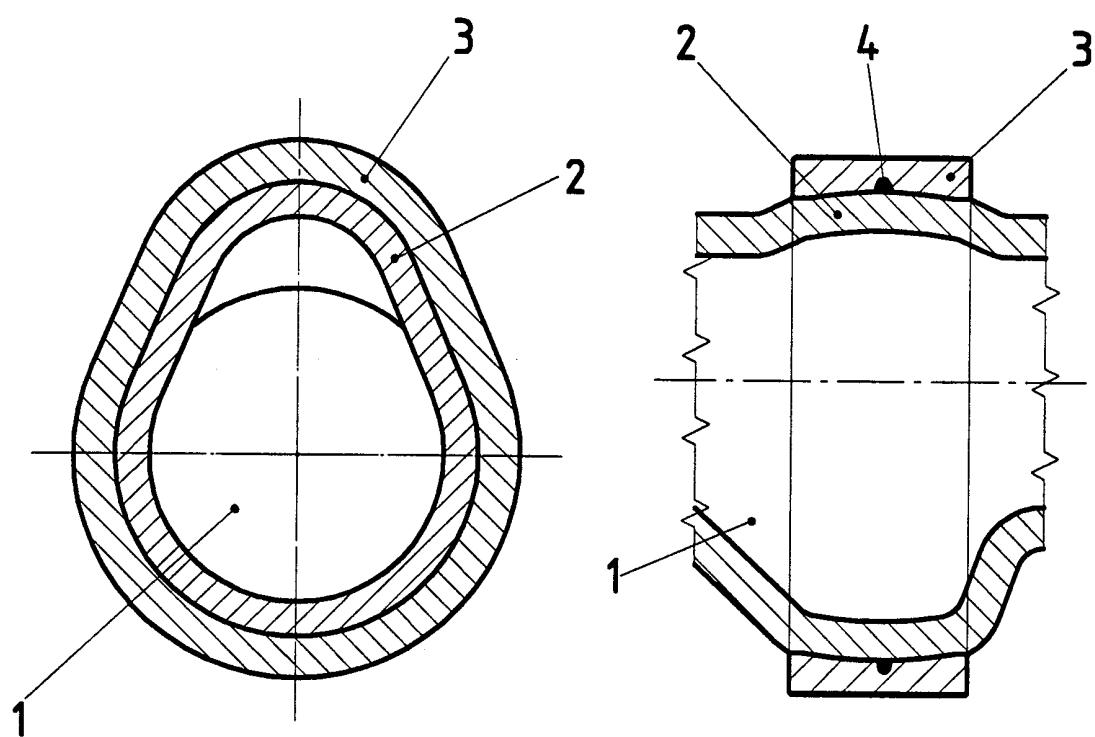


Fig. 2

Fig. 3

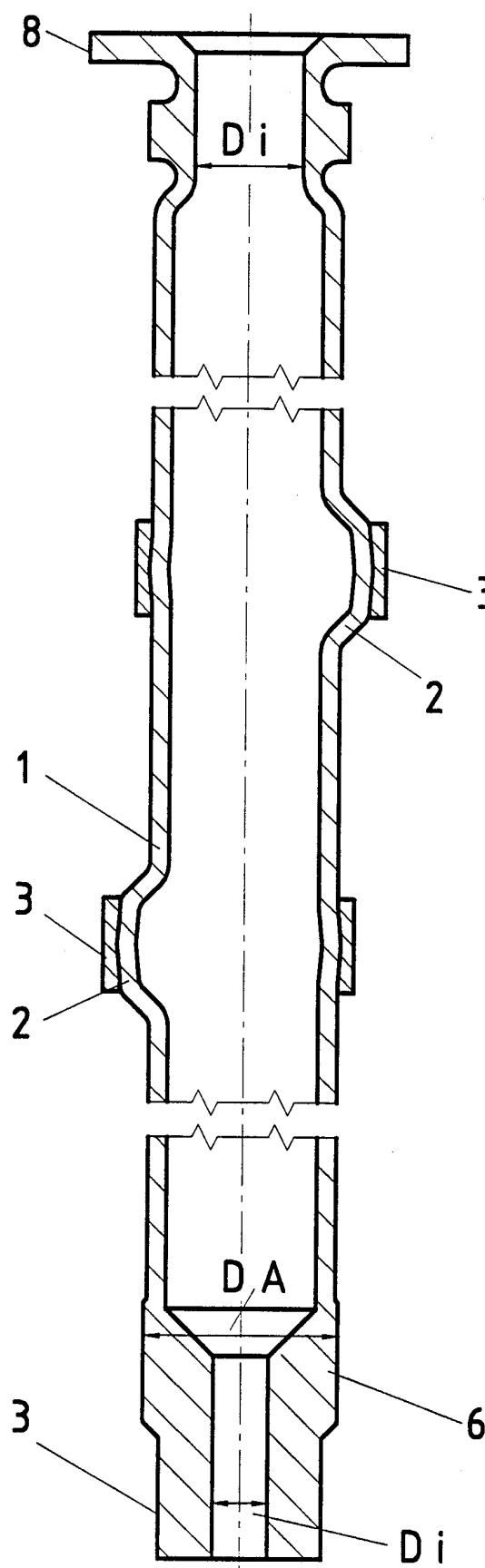


Fig. 4

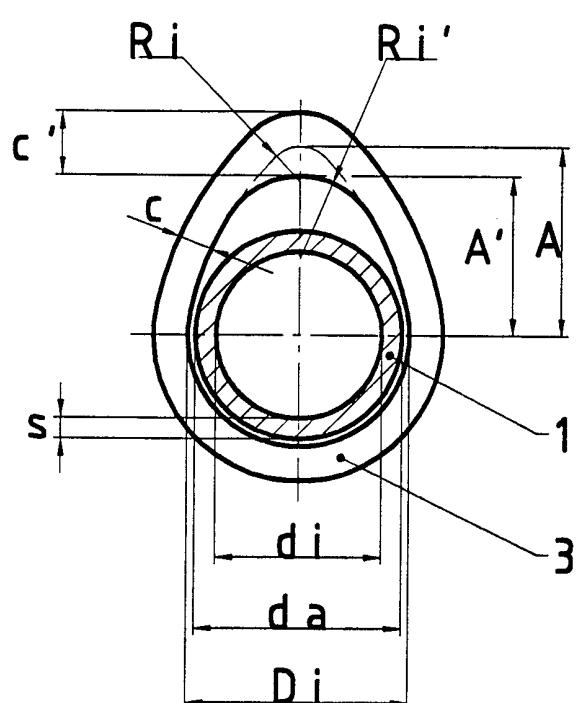


Fig. 5

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 00/00536

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 B21D53/84

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 B21D F16H F01L B23P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 259 268 A (EBBINGHAUS ALFRED ET AL) 9 November 1993 (1993-11-09) the whole document ---	1, 4, 8, 10-12
A	US 4 660 269 A (SUZUKI HIDEO) 28 April 1987 (1987-04-28) figures ---	6, 14
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 007, no. 269 (M-259), 30 November 1983 (1983-11-30) -& JP 58 148028 A (MASANOBU NAKAMURA), 3 September 1983 (1983-09-03) abstract ---	9
A	DE 196 17 593 A (HAERLE HANS A DIPLOM ING) 29 January 1998 (1998-01-29) the whole document ---	13
		-/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority, claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 August 2000

Date of mailing of the international search report

17/08/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ris, M

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International Application No

PCT/DE 00/00536

**C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 39 41 718 A (BALCKE DUERR AG) 20 June 1991 (1991-06-20) -----	

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/00536

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)			Publication date
US 5259268	A 09-11-1993	DE 3704092	C	26-05-1988	
		AT 55812	T	15-09-1990	
		BR 8805119	A	15-08-1989	
		DE 3860464	D	27-09-1990	
		WO 8806248	A	25-08-1988	
		EP 0278292	A	17-08-1988	
		JP 1502685	T	14-09-1989	
		JP 2685561	B	03-12-1997	
US 4660269	A 28-04-1987	JP 1643365	C	28-02-1992	
		JP 3007451	B	01-02-1991	
		JP 61266132	A	25-11-1986	
		DE 3616901	A	27-11-1986	
JP 58148028	A 03-09-1983	DE 3303629	A	15-09-1983	
DE 19617593	A 29-01-1998	NONE			
DE 3941718	A 20-06-1991	NONE			

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/00536

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 B21D53/84

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
IPK 7 B21D F16H F01L B23P

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 259 268 A (EBBINGHAUS ALFRED ET AL) 9. November 1993 (1993-11-09) das ganze Dokument ---	1,4,8, 10-12
A	US 4 660 269 A (SUZUKI HIDEO) 28. April 1987 (1987-04-28) Abbildungen ---	6,14
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 007, no. 269 (M-259), 30. November 1983 (1983-11-30) -& JP 58 148028 A (MASANOBU NAKAMURA), 3. September 1983 (1983-09-03) Zusammenfassung ---	9
A	DE 196 17 593 A (HAERLE HANS A DIPL ING) 29. Januar 1998 (1998-01-29) das ganze Dokument ---	13
		-/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
8. August 2000	17/08/2000
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Ris, M

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/00536

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie <sup>o</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 39 41 718 A (BALCKE DUERR AG) 20. Juni 1991 (1991-06-20) -----	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Int. nationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/00536

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie			Datum der Veröffentlichung
US 5259268	A 09-11-1993	DE 3704092	C	26-05-1988	
		AT 55812	T	15-09-1990	
		BR 8805119	A	15-08-1989	
		DE 3860464	D	27-09-1990	
		WO 8806248	A	25-08-1988	
		EP 0278292	A	17-08-1988	
		JP 1502685	T	14-09-1989	
		JP 2685561	B	03-12-1997	
US 4660269	A 28-04-1987	JP 1643365	C	28-02-1992	
		JP 3007451	B	01-02-1991	
		JP 61266132	A	25-11-1986	
		DE 3616901	A	27-11-1986	
JP 58148028	A 03-09-1983	DE 3303629	A	15-09-1983	
DE 19617593	A 29-01-1998	KEINE			
DE 3941718	A 20-06-1991	KEINE			