



PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

<p>(51) Internationale Patentklassifikation 5 : C25D 7/10, 5/50, 6/10 F16C 33/12</p>	<p align="center">A1</p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 91/11545 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 8. August 1991 (08.08.91)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE91/00079 (22) Internationales Anmeldedatum: 26. Januar 1991 (26.01.91) (30) Prioritätsdaten: P 40 03 225.6 3. Februar 1990 (03.02.90) DE (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): GLYCO AG [DE/DE]; Stielstraße 11, D-6200 Wiesbaden.(DE). (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US) : KÜBERT, Michael [DE/ DE]; Im Quellborn 80, D-6501 Klein-Winternheim (DE). MÜLLER, Klaus [DE/DE]; Odenwaldblick 45, D-6200 Wiesbaden-Naurod (DE).</p>		<p>(81) Bestimmungsstaaten: BR, JP, KR, RO, SU, US. Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p>
<p>(54) Title: HIGHLY WEAR-RESISTANT SLIDING LAYER WITH IMPROVED SLIDING PROPERTIES AND PROCESS FOR PRODUCING IT</p>		
<p>(54) Bezeichnung: HOCHVERSCHLEISSFESTE GLEITSCHICHT MIT VERBESSERTEN GLEITEIGENSCHAFTEN UND HERSTELLUNGSVERFAHREN HIERZU</p>		
<p>(57) Abstract</p>		
<p>Highly wear-resistant sliding bearings with good sliding properties are difficult to manufacture by electrochemical deposition of the sliding alloy, because the corresponding electrolyte solutions are unstable. Conventional sliding alloys are also too hard for a run-in period and wear too rapidly when used in accordance with specifications. The new sliding layer is simple to manufacture and has an extremely favorable run-in period. The soft constituent of the sliding layer is present in a concentration which decreases along a concentration gradient perpendicular to the effective surface of the sliding layer as the distance from the effective surface increases. The sliding layer is particularly suitable for use as a lead-tin-copper alloy in a multilayered bearing.</p>		
<p>(57) Zusammenfassung</p>		
<p>Hochverschleißfeste Gleitlager mit guten Gleiteigenschaften lassen sich mittels elektrochemischer Abscheidung der Gleitlagerung nur schwer herstellen, da die entsprechenden Elektrolytlösungen instabil sind. Die bisher verwendeten Gleitlegierungen sind außerdem für die Einlaufphase zu hart ausgelegt, um beim bestimmungsgemäßen Gebrauch nicht zu schnell zu verschleifen. Die neue Gleitschicht soll einfach herstellbar sein und sich besonders in der Einlaufzeit günstig auswirken. In der erfindungsgemäßen Gleitschicht liegt die weiche Komponente in einem Konzentrationsgradienten senkrecht zur wirksamen Oberfläche der Gleitschicht in mit dem Abstand von der wirksamen Oberfläche abnehmender Konzentration vor. Die Gleitschicht ist besonders als Blei-Zinn-Kupfer-Legierung zur Verwendung in einem Mehrschichtlager geeignet.</p>		

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

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

AT	Österreich	ES	Spanien	ML	Mali
AU	Australien	FI	Finnland	MN	Mongolei
BB	Barbados	FR	Frankreich	MR	Mauritanien
BE	Belgien	GA	Gabon	MW	Malawi
BF	Burkina Faso	GB	Vereinigtes Königreich	NL	Niederlande
BG	Bulgarien	GN	Guinea	NO	Norwegen
BJ	Benin	GR	Griechenland	PL	Polen
BR	Brasilien	HU	Ungarn	RO	Rumänien
CA	Kanada	IT	Italien	SD	Sudan
CF	Zentrale Afrikanische Republik	JP	Japan	SE	Schweden
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SN	Senegal
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SU	Soviet Union
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	TD	Tschad
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	TG	Togo
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	US	Vereinigte Staaten von Amerika
DE	Deutschland	MC	Monaco		
DK	Dänemark	MG	Madagaskar		

Hochverschleißfeste Gleitschicht mit verbesserten
Gleiteigenschaften und Herstellungsverfahren hierzu

Die Erfindung betrifft eine Gleitschicht aus einer Legierung mit mindestens einer weichen Komponente, insbesondere in einem Mehrschichtgleitlager, und ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Gleitschicht.

Wesentliche Anforderungen an ein modernes Gleitlager sind hohe thermo-mechanische Belastbarkeit und gute Gleiteigenschaften. Das erstgenannte Merkmal verlangt einen Werkstoff hoher Wärmebeständigkeit und Festigkeit, während für gute Gleiteigenschaften im Bereich von Gleitgeschwindigkeiten ab ca. 15 m/s und darüber weiche Werkstoffe einzusetzen sind. Diese Forderungen werden insbesondere von Mehrschichtlagern, die eine weiche Gleitschicht und eine hochfeste Lagermetallschicht aus Bronze- oder Aluminiumwerkstoffen haben, erfüllt. Die Gleitschicht, die besonders gute Gleiteigenschaften besitzt, besteht je nach Ausführung meist aus Blei mit 8-20 Gew.-% Zinn und 2-6 Gew.-% Kupfer, wobei vereinzelt auch bis zu 10 Gew.-% Kupfer und weitere Metalle eingesetzt werden können. Auch andere Gleitschichten sind bekannt, wie z.B. SnSb7- oder PbIn6-Legierungen.

Ein solches Gleitlager wird in der DE-PS 27 22 144 beschrieben. Die Gleitschicht der hier beschriebenen Lager ist auf Bleibasis mit 10-20 Gew.-% Zinn- und bis zu 10 Gew.-% Kupfer. Es wurde festgestellt, daß sich mit höherem Kupfer- und Zinngehalt die Dauerbelastbarkeit des Gleitlagers erhöhen läßt.

- 2 -

Es hat sich jedoch gezeigt, daß diese Gleitschicht nur schwer durch elektro-chemische Abscheidung herstellbar ist, da hoch Sn-haltige Elektrolytlösungen sehr instabil sind, und daß mit einer Erhöhung der Dauerbelastbarkeit auch ein Anstieg der Härte erfolgt, so daß ein erhöhter Abrieb an der Welle eintreten kann. Es ist daher wünschenswert, den Zinngehalt in einer Gleitschicht zu erhöhen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Gleitschicht, insbesondere für Mehrschichtgleitlager, zur Verfügung zu stellen, die einerseits hoch verschleißfest ist und andererseits verbesserte Gleiteigenschaften aufweisen soll. Die verbesserten Gleiteigenschaften sollen möglichst über die gesamte Lebensdauer der Gleitschicht vorliegen und sich vor allem in der Einlaufzeit des Gleitlagers besonders günstig auswirken. Außerdem soll die neue Gleitschicht einfach und mit herkömmlichen Methoden, wie z.B. durch elektro-chemische Abscheidung herstellbar sein. Aufgabe der Erfindung ist auch ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Gleitschicht.

Diese Aufgabe wird hinsichtlich der Gleitschicht dadurch gelöst, daß eine der weichen Komponenten in der Gleitschicht in einem Konzentrationsgradienten senkrecht zur wirksamen Oberfläche der Gleitschicht, und zwar mit dem Abstand von der Oberfläche abnehmenden Konzentration, vorliegt.

In Bezug auf das Verfahren wird die Aufgabe gelöst, in dem man auf eine Seite einer Basis-Gleitschicht eine weitere Schicht aus der weichen Komponente aufbringt und diese weitere Schicht aus der weichen

- 3 -

Komponente durch eine Temperaturbehandlung zumindest teilweise, vorzugsweise überwiegend oder vollständig in die Basis-Gleitschicht eindiffundiert, so daß man eine Gleitschicht mit einem Konzentrationsgradienten der weichen Komponente erhält, mit von der Gleitflächenseite zur gegenüberliegenden Seite der Gleitschicht hin abfallender Konzentration.

Als weiche Komponente kommen legierbare Stoffe zum Einsatz, die gute Gleiteigenschaften haben, wie z.B. Zinn, Antimon, ferner auch Blei, Indium, Thallium etc..

Es ist bekannt, daß in modernen Gleitlagern, insbesondere Mehrschichtlagern, die Gleitschicht, die besonders gute Gleiteigenschaften besitzt, vorzugsweise nur bis zu 20 μ m dick sein soll, da mit zunehmender Schichtdicke die relative dynamische Belastbarkeit (Ermüdungsfestigkeit) der Gleitschicht abnimmt. Eine typische Gleitschicht dieser bekannten Art ist eine Bleilegierung mit etwa 8-12% Zinn und 2-6% Kupfer. Die Mikrohärtigkeit einer solchen Schicht von HV 12-20 (bei 20°C) ist extrem weich, infolge der geringen Schichtdicke vermag die Gleitschicht jedoch sehr hohe spezifische Wechsellasten aufzunehmen.

Erfindungsgemäß erhält nun eine Gleitschicht einen zur wirksamen Oberfläche der Gleitschicht hin zunehmenden Konzentrationsgradienten einer weichen Komponente, die die gute Gleiteigenschaft hat, in obigem Fall Zinn. Der Konzentrationsgradient kann so gewählt sein, daß der Zinngehalt über die gesamte Schichtdicke von normalerweise 10 bis 25 μ m zur wirksamen Oberfläche (Gleitfläche) hin kontinuierlich zunimmt und dabei im Mittel der

- 4 -

gesamten Schicht ca. 12-16 Gew.-% beträgt. Durch diesen Konzentrationsgradienten wird erreicht, daß die Gleitschicht an der Gleitfläche eine geringere Mikrohärtigkeit, dafür aber noch bessere Gleiteigenschaften aufweist, so daß die Lagereigenschaften gegenüber einer Gleitschicht ohne Konzentrationsgradient nochmals verbessert sind, ohne dabei eine zu niedrige Ermüdungsfestigkeit zu erhalten. Dies wird dadurch erreicht, daß der extrem weiche Schichtdickenbereich der Gleitschicht besonders dünn ist.

Auch insgesamt dickere Gleitschichten mit Konzentrationsgradienten sind möglich. Je nach Dicke der Gleitschicht braucht der Konzentrationsgradient nicht durch die ganze Schicht zu gehen. Wesentlich bei Gleitlageranwendungen ist nur, daß die weiche Gleitschicht verhältnismäßig dünn ist.

Es hat sich gezeigt, daß das Einlaufverhalten von Motoren durch den Konzentrationsgradienten der weichen Komponente in der Gleitschicht verbessert wird. Außerdem hat es sich als besonders günstig erwiesen, daß der erfindungsgemäße Konzentrationsgradient der die Gleiteigenschaften bestimmenden weichen Komponente noch während der Einlaufphase des Lagers sich günstig auswirkt, so daß hier an der Gleitfläche der Gleitschicht eine höhere Konzentration der gut gleitenden Komponente vorliegt. Von Vorteil ist hierbei, daß der Diffusionsvorgang unter der Betriebstemperatur in der Einlaufphase fortschreitet und dabei die Region erhöhter Konzentration der die Gleiteigenschaften bestimmenden weichen Komponente in die gesamte Gleitschicht eindiffundiert. Die weiche Komponente wandert somit vor der Verschleißfront in die Gleitschicht und bildet hierdurch eine besonders gute Gleitfläche.

- 5 -

Diesen Vorteil weisen bekannte Gleitschichten, die mit einem dünnen Zinnflash ausgerüstet sind, nicht auf. Dieser bekannte Zinnflash, der eine nur wenige µm dicke Schutzschicht auf Gleitlagern ist, dient bei den bekannten Gleitlagern als Oberflächenschutz gegen Oxidation und verbessert das optische Aussehen der Gleitfläche. Der Zinnflash wird bei der ersten Inbetriebnahme der Gleitlager von der Welle abgetragen, da er zu weich ist. Eine gewisse Verbesserung des Einläufverhaltens kann durch den Zinnflash erreicht werden, die eigentliche Einlaufschicht ist jedoch die unter dem Zinnflash liegende Gleitschicht, meist eine Ternärschicht (Legierung aus 3 Metallen), die die geometrische Anpassung der Reibpartner ermöglicht. Der Vorteil, daß praktisch über die gesamte Laufzeit des Gleitlagers eine deutlich erhöhte Konzentration der weichen Komponente in der Gleitschicht vorliegt, kann mit einem Zinnflash nicht erreicht werden, da er bei der Inbetriebnahme des Gleitlagers abgerieben wird.

Die erfindungsgemäße Gleitschicht kann so ausgebildet sein, daß die auf die Basis-Legierung aufgebrachte weiche Komponente, bevorzugt Zinn, nicht vollständig eindiffundiert ist, so daß auch hier ein Zinnflash (mit den gleichen Eigenschaften wie oben beschrieben) auf der Oberfläche der Gleitschicht zurückbleibt. Vorzugsweise soll die auf die Basis-Legierung aufgebrachte weiche Komponente vollständig eindiffundieren, hier kann jedoch auch nachträglich (nach der Thermodiffusion) noch ein Zinnflash aufgetragen werden.

Als Gleitschicht werden bevorzugt Blei-Zinn-Kupfer-Legierungen eingesetzt, die zur wirksamen Oberfläche der Gleitschicht hin eine

ansteigende Zinn-Konzentration aufweisen. Auch Blei-Indium-Legierungen sind möglich, in denen die Indium-Konzentration zur Gleitfläche hin ansteigt. Diese Legierungen haben schon ohne den Konzentrationsgradienten der weichen Komponente gute Lagereigenschaften und lassen sich, insbesondere die Blei-Zinn-Kupfer-Legierung, auf bekannte Weise auf galvanischem Wege herstellen.

Die Anwendung der Erfindung ist bei Zweischichtlagern, z.B. mit einer PbIn-Gleitschicht, denkbar, besonders günstig ist aber der Einsatz in Mehrschichtgleitlagern, wobei dann die Gleitschicht getrennt durch eine Zwischenschicht über einer Lagermetallschicht aufgebracht ist, die auf einer Stützschiene liegt.

Eine bevorzugte Ausführungsform ist ein Mehrschichtgleitlager auf einer Stahlstützschiene, die eine Dicke von 1 bis über 10 mm aufweisen kann. Das Mehrschichtgleitlager weist in diesem Fall bevorzugt eine Lagermetallschicht aus Bleibronze auf Kupferbasis auf, die auf der Stützschiene liegt und 22 Gew.-% Blei und 1,5 Gew.-% Zinn enthält. Über der Lagermetallschicht liegt eine Zwischenschicht, die bevorzugt aus Nickel ist, auf der wiederum die Gleitschicht aufgebracht ist, die eine Bleilegierung mit einem Zinngradienten bei einer mittleren Zinnkonzentration von 8-20 Gew.-%, vorzugsweise 12-16 Gew.-% und einem mittleren Kupfergehalt von ca. 2-6 Gew.-% hat. Die Zwischenschicht hat eine Dicke von 1-3 μm und dient als dichter Untergrund (Damm) für die Gleitschicht, damit das Zinn nicht aus der Gleitschicht in die Lagermetallschicht wandern kann. Üblicherweise hat die Lagermetallschicht eine Dicke von 0,2-0,5 mm und die Gleitschicht eine Dicke von 10-25 μm .

- 7 -

Als Zwischenschicht können auch andere Dämme, wie z.B. CuSn-Schichten (z.B. CuSn40), verwendet werden. Als Lagermetallschicht kommen auch andere Lagerlegierungen in Frage, z.B. AlSn-Legierungen wie AlSn20.

Die erfindungsgemäße Gleitschicht ist am einfachsten erhältlich durch elektro-chemisches Abscheiden zweier verschiedener Metallschichten, wobei zuerst eine Basis-Gleitschicht und darüber eine weitere Schicht aus der weichen Komponente abgeschieden wird. Anschließend läßt man die weitere Schicht aus der weichen Komponente durch eine Temperaturbehandlung (Thermodiffusion) zumindest teilweise, vorzugsweise jedoch überwiegend oder ganz, in die Basis-Gleitschicht eindiffundieren, so daß man die Gleitschicht mit dem erfindungsgemäßen Konzentrationsgradienten der weichen Komponente erhält, der von der wirksamen Seite zur gegenüberliegenden Seite hin abfällt.

Wichtig ist, daß die Basis-Gleitschicht und die weitere Schicht aus der weichen Komponente in möglichst gleichmäßiger Dicke aufgebracht werden, und daß die resultierende weiche Gleitschicht möglichst dünn ist, damit deren relative dynamische Belastung verhältnismäßig groß ist (vergleiche Figur 3).

Es hat sich herausgestellt, daß mit dem Verfahren besonders einfach hoch-bleihaltige Blei-Kupfer-Zinn-Legierungen für Gleitlagerzwecke mit 8-40 Gew.-% Zinn und 2-12 Gew.-% Kupfer herstellbar sind, wobei man eine Basis-Gleitschicht, die die gewünschte Menge an Blei und Kupfer enthält, elektro-chemisch mit gegebenenfalls einem niedrigen

- 8 -

Zinngehalt abscheidet, darauf eine Zinnschicht abscheidet und diese durch Thermodiffusion in die Basis-Gleitschicht eindiffundiert, so daß der Zinngehalt in der Basis-Gleitschicht entsprechend erhöht und der Blei- und Kupfergehalt relativ erniedrigt wird. Die Basis-Gleitschicht hat vorzugsweise einen Zinngehalt von 8-12 Gew.-% bei einem Cu-Gehalt von 2-6 Gew.-%. Bei dem angegebenen Kupfergehalt lassen sich entsprechende Gleitschichten mit mehr als 12 Gew.-% Zinn auf rein galvanischem Wege nur schwer herstellen, da die entsprechenden galvanischen Lösungen nicht stabil sind.

Das Verfahren wird günstigerweise so durchgeführt, daß die Basis-Gleitschicht in einer Dicke von 10-25 μm und die Zinnschicht in einer Dicke von 1-5 μm abgeschieden wird.

Prinzipiell können die erfindungsgemäßen Gleitschichten am günstigsten in Mehrschichtgleitlagern eingesetzt werden, wobei dann eine weitere Lagermetallschicht vorgesehen ist, die meist aus Bleibronze besteht. Solche Dreischichtlager haben eine hohe Betriebssicherheit und gute Notlaufeigenschaften, da einerseits die Gleitschicht Fremdkörper einbetten kann und bei einem Abtrag der Gleitschicht die darunter befindliche Bleibronze noch eine ausreichende Gleitwirkung gewährleisten kann. Statt der Bleibronze kann auch eine Aluminium-Lagerschicht verwendet werden, die als Gleitkomponente z.B. eingebettetes Zinn enthält.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben.

Es zeigen

Figur 1 eine perspektivische Darstellung einer Lagerhälfte mit einem teilweisen Aufriß der einzelnen Schichten;

Figur 2 eine Darstellung eines Schliffbildes im Schnitt II-II gemäß Fig. 1 durch eine Gleitschicht mit einem Konzentrationsgradienten einer weichen Komponente;

Figur 3 eine graphische Darstellung des Einflusses der Schichtdicke auf die Ermüdungsfestigkeit von Gleitschichten.

In Figur 1 ist der Aufbau eines Mehrschichtgleitlagers 1 mit einer erfindungsgemäßen Gleitschicht 2 dargestellt. Die Gleitschicht 2 ist über eine Zwischenschicht 3, die ein Nickeldamm ist, auf einer Lagermetallschicht 4 aus Bleibronze aufgebracht, die auf eine Stahlstützschale 5 gegossen wurde. Statt der Bleibronzeschicht kann auch eine Aluminiumlagerschicht und statt des Nickeldamms auch ein Kupfer-Zinn-Damm eingesetzt werden.

Die einzelnen Schichten haben folgende Dicke, wobei in Klammern die Dickenbereiche für weitere günstige Ausgestaltungsformen angegeben sind:

Stahlstützschale 4 mm (1 bis über 10 mm)
Lagermetallschicht 0,3 mm (0,2-0,5 mm)
Zwischenschicht 2 μ m (1-3 μ m)
Gleitschicht 17 μ m (10-25 μ m)

- 10 -

Die Lagermetallschicht 4 ist vorzugsweise eine CuPb22Sn1,5 Legierung, die nach herkömmlichen Methoden auf ein Stahlband oder Stahlrohr aufgegossen wurde.

Die Zwischenschicht 3 und die Basis-Gleitschicht sowie auch die reine Zinnschicht können direkt auf die Lagermetallschicht 4 aufgebracht werden, oder vorzugsweise auf einen Lagerschalenrohling, der aus dem Stahlband oder Stahlrohr gefertigt wird und damit eine für das Aufbringen der folgenden Schichten geeignetere und glattere Oberfläche hat.

Die Gleitschicht 2 wird wie folgt hergestellt:

Auf den Zwischenschicht 3 wird auf galvanischem Wege eine zinnarme ternäre Gleitschicht (Basis-Gleitschicht) aus $\text{PbSn}_{12}\text{Cu}_6$ in einer Dicke von ca. 16 μm (vorteilhafterweise in einer Dicke zwischen 10-20 μm) aufgebracht. Auf diese ternäre Gleitschicht wird ebenfalls auf galvanischem Wege eine 1 μm (0,5-5 μm) dicke Rein-Zinnschicht aufgebracht und durch eine sich daran anschließende Thermodiffusion in die zinnärmere ternäre Basis-Gleitschicht eingebracht. Die Thermodiffusion findet bei Temperaturen zwischen 100 und 150°C und bei einer Diffusionszeit von 10 min bis 4 h statt. Die resultierende Gleitschicht 2 hat eine durchschnittliche Zusammensetzung $\text{PbSn}_{17}\text{Cu}_{5,5}$. Hierdurch wird eine Zinnanreicherung der Basis-Gleitschicht erreicht, wobei die Zinnanreicherung an der Außenseite der Gleitschicht 2, die später mit einer Welle oder einem entsprechenden anderen Gegenstand in Gleitbeziehung

- 11 -

kommt, bei niedriger Diffusionstemperatur und kurzen Diffusionszeiten am größten ist und in einem Konzentrationsgradienten in Richtung auf die Zwischenschichtseite der Gleitschicht 2 abfällt.

Vorzugsweise haben die auf diese Weise erzeugten zinnreichen ternären Laufsichten (Gleitschichten 2) eine Zusammensetzung von 4-6% Kupfer, 12-17% Zinn und Rest Blei.

In der Gleitschicht 2 (ternären Laufsicht) des Mehrschichtslagers 1 hat sich das eindiffundierte Zinn vorzugsweise derart verteilt, daß an der späteren Lauffläche ein höherer Zinngehalt vorzufinden ist, der zur Zwischenschicht 3 hin abnimmt. Diese Verteilung des Zinns mit einer Anreicherung an der Oberfläche des Gleitlagers führt insbesondere beim Einlaufen zu besonders günstigen Verhältnissen.

Figur 2 zeigt die Darstellung einer REM-Aufnahme (Röntgen-Elektronen-Mikroskop) einer - wie oben beschrieben dargestellten - Gleitschicht 2 des Mehrschichtgleitlagers 1, wobei in das Bild die Zinnkonzentration 6 eingeblendet ist, aus der der gemittelte Zinn-Konzentrationsgradient 7 in der Gleitschicht 2 ersichtlich ist.

Das Diagramm in Figur 3 zeigt, warum in der erfindungsgemäßen Gleitschicht 2 der Bereich mit einem hohen Zinnanteil, der entsprechend auch besonders weich ist, sehr dünn sein soll. Je dünner die Gleitschicht ist, desto größer ist die relative dynamische Belastbarkeit, die sie aufnehmen kann. Beträgt z.B. die relative Dicke der Gleitschicht nur ein Hundertstel der Dicke einer entsprechenden Gleitschicht, bei der bei einer

- 12 -

Schichtdickenvergrößerung keine Änderung der relativen dynamischen Belastbarkeit mehr feststellbar ist, so ist die relative dynamische Belastbarkeit (Ermüdungsfestigkeit) der dünnen Schicht dreifach höher als die der entsprechenden dickeren Schicht. Da diese Steigerung der relativen dynamischen Belastbarkeit von verschiedenen Faktoren, wie z.B. Legierungszusammensetzung, abhängig ist, empfiehlt es sich, die optimale Dicke der erfindungsgemäßen Gleitschicht und den optimalen Konzentrationsgradientenverlauf zum Einsatz als Gleitschicht in Versuchsreihen zu ermitteln. Obige Werte zeigten deutliche Verbesserungen im Verschleiß gegenüber dem Stand der Technik und können als Richtwerte oder Ausgangspunkt dienen.

Wie oben schon beschrieben, wurde in Prüfstandversuchen festgestellt, daß die erfindungsgemäßen Gleitschichten, die nach einem neuen Verfahren herstellbar und vorteilhaft aus einer Blei-Zinn-Kupfer-Legierung sind, vorteilhaft als Gleitlagerwerkstoffe in Verbrennungsmotoren eingesetzt werden können, wobei sie sich als sehr verschleißfest erwiesen. Diese neuen Gleitlagerwerkstoffe sind geeignet für Verbrennungsmotoren wie Saugmotoren, Einspritzer, Dieselmotoren und Turbo-Varianten. Die erfindungsgemäße Metallgleitschicht kann mit Vorteil auch mit Sphärogußwellen eingesetzt werden. Die Besonderheit dieses Werkstoffes besteht darin, daß in der ternären Gleitschicht an der Gleitfläche ein besonders hoher Zinngehalt eingebracht ist, der für die guten Gleiteigenschaften dieses Werkstoffes verantwortlich ist. Wie oben beschrieben, können auch andere Varianten des Ausführungsbeispiels erfolgreich verwendet werden.

PATENTANSPRÜCHE

1. Gleitschicht aus einer Legierung mit mindestens einer weichen Komponente, dadurch gekennzeichnet, daß eine der weichen Komponenten in der Gleitschicht in einem Konzentrationsgradienten senkrecht zur wirksamen Oberfläche der Gleitschicht in mit dem Abstand von der wirksamen Oberfläche abnehmender Konzentration vorliegt.
2. Gleitschicht nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie Teil eines Mehrschichtgleitlager ist.
3. Gleitschicht nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Konzentrationsgradient kontinuierlich durch die Gleitschicht verläuft.
4. Gleitschicht nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Gleitschicht eine Blei-Zinn-Kupfer-Legierung ist und die Zinnkonzentration in der Gleitschicht zur wirksamen Oberfläche der Gleitschicht hin ansteigt.
5. Gleitschicht nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie auf einer Stützschiene aufgebracht ist.

6. Gleitschicht nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß sie getrennt durch eine Zwischenschicht über einer Lagermetallschicht aufgebracht ist, die auf einer Stützschale liegt.
7. Gleitschicht nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Stützschale eine Stahlstützschale ist, die Lagermetallschicht auf Kupferbasis mit 22 Gew.-% Blei und 1,5 Gew.-% Zinn, die Zwischenschicht aus Nickel oder aus Kupfer/Zinn ist und die Gleitschicht eine Bleilegierung ist, die einen Zinngradienten bei einer mittleren Zinnkonzentration von 12-16 Gew.-% einen Kupfergehalt von 2-6 Gew.-% hat.
8. Gleitschicht nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Stahlstützschale eine Dicke von 1 bis über 10 mm, die Lagermetallschicht eine Dicke von 0,2-0,5 mm, die Zwischenschicht eine Dicke von 1-3 μm und die Gleitschicht eine Dicke von 10-25 μm hat.
9. Verfahren zur Herstellung einer Gleitschicht mit einer weichen Komponente, dadurch gekennzeichnet, daß man auf eine Seite einer Basis-Gleitschicht eine weitere Schicht aus der weichen Komponente aufbringt und diese weitere Schicht aus der weichen Komponente durch eine Temperaturbehandlung zumindest teilweise in die Basis-Gleitschicht eindiffundiert, so daß man eine Gleitschicht mit einem Konzentrationsgradienten der weichen Komponente erhält, der von der Gleitflächenseite zur gegenüberliegenden Seite der Gleitschicht hin abfällt.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß man die Basis-Gleitschicht auf einer Zwischenschicht, die gegenüber der weichen Komponente als Damm wirkt, über einer Lagermetallschicht aufbringt, die man zuvor auf einer Stahlstützschale aufgegossen hat.
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß man als Basis-Gleitschicht eine PbSn8-12Cu2-6-Legierung einsetzt, in die man eine Zinnschicht eindiffundieren läßt, bis der durchschnittliche Zinngehalt in der Gleitschicht 12-16 Gew.-% beträgt.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß man die Basis-Gleitschicht in einer Dicke von 10-20 μm , darauf die weitere Schicht aus der weichen Komponente in einer Dicke von 1-5 μm aufbringt und durch Thermodiffusion in die Basis-Gleitschicht eindiffundiert.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9-12, dadurch gekennzeichnet, daß man die Basis-Gleitschicht und die weitere Schicht elektro-chemisch aufbringt.
14. Verfahren zur Herstellung einer hochbleihaltiger Blei-Kupfer-Zinn-Gleitschicht mit 8 bis 40 Gew.-% Zinn und 2-12 Gew.-% Kupfer, dadurch gekennzeichnet, daß man eine Blei und Kupfer enthaltende Basis-Gleitschicht elektro-chemisch abscheidet, darauf eine Zinnschicht abscheidet und diese durch Thermodiffusion in die Basis-Gleitschicht eindiffundiert.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß man eine Blei, Kupfer und Zinn enthaltende Basis-Gleitschicht mit einem Zinngehalt, der niedriger ist als der gewünschte Zinngehalt der resultierenden Gleitschicht, abscheidet, darauf die Zinnschicht abscheidet und diese durch Thermodiffusion in die Basis-Gleitschicht eindiffundiert, so daß der Zinngehalt in der Basis-Gleitschicht entsprechend erhöht und der Blei- und Kupfergehalt relativ erniedrigt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Basis-Gleitschicht in einer Dicke von 10 bis 20 μm und die Zinnschicht in einer Dicke von 1 bis 5 μm abgeschieden wird.

17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß man eine Basis-Gleitschicht mit 8 bis 12 Gew.-% Zinn und 2 bis 6 Gew.-% Kupfer abscheidet.

Fig. 1

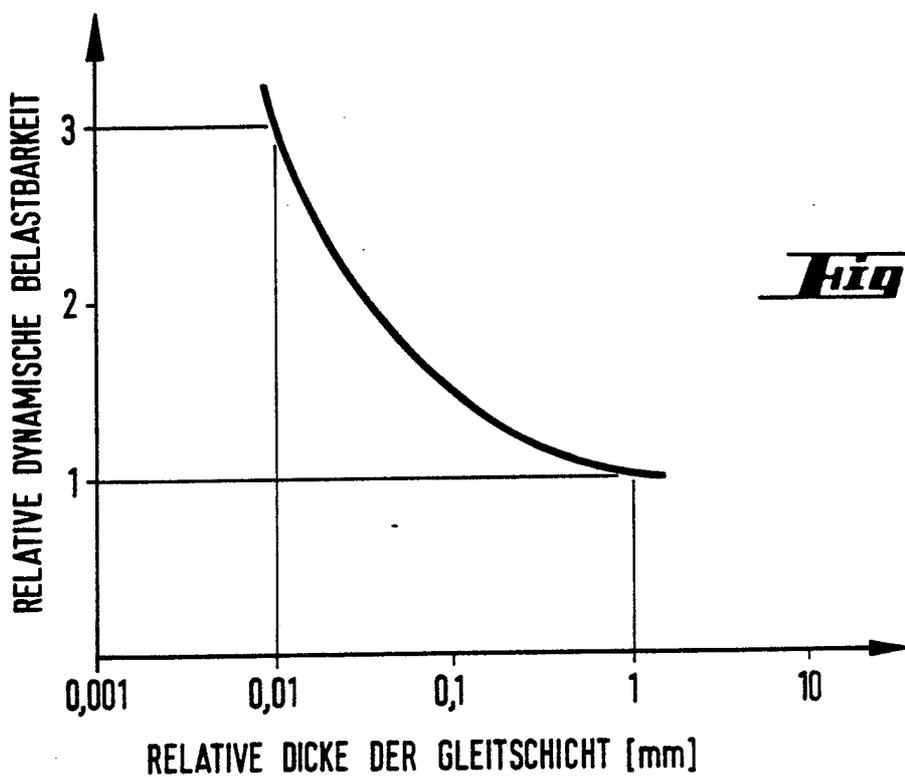
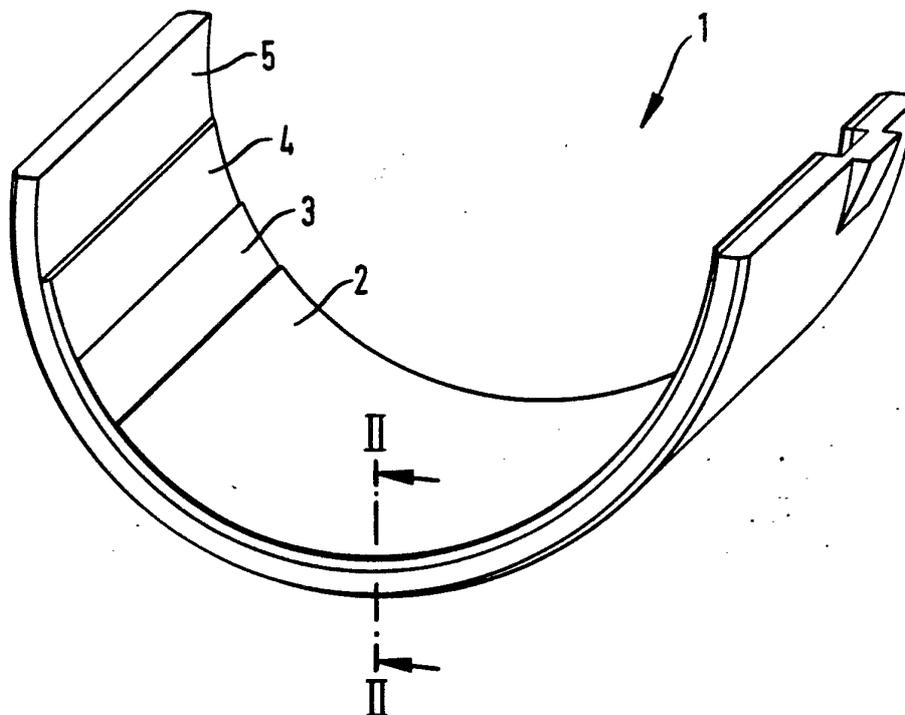


Fig. 3

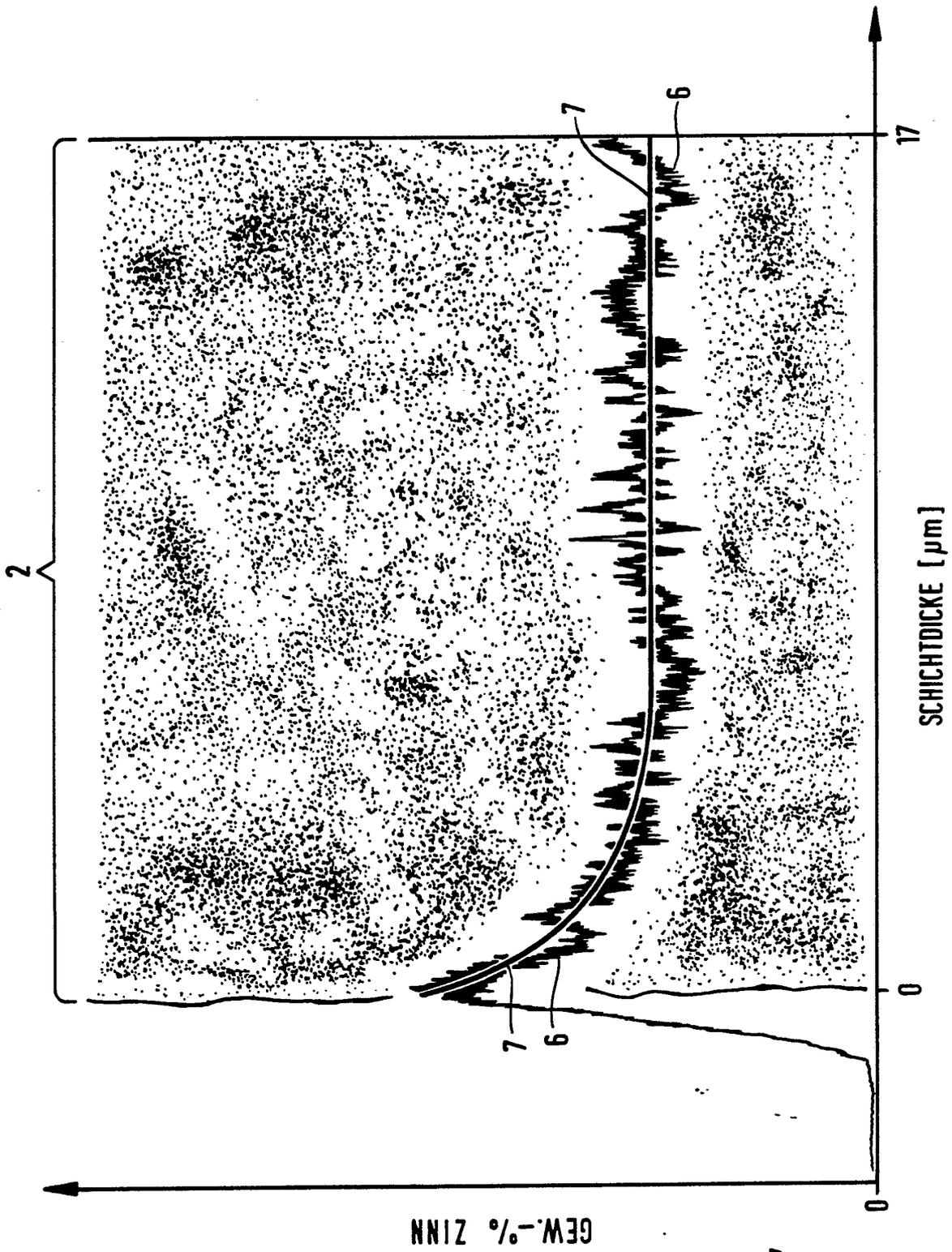


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/DE 91/00079

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) ¹		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int.Cl. ⁵ C 25 D 7/10, 5/50, 6/10, F 16 C 33/12		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ²		
Classification System	Classification Symbols	
Int.Cl. ⁵	C 25 D 7/10, 5/50, 5/10, F 16 C 33/12	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁴		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ³		
Category ⁶	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
X	DE, B, 1077026 (HÖVELER) 3 March 1960 see the whole document	1-5,9,13,16
A	DE, A, 3430945 (MIBA) 6 March 1986 see claims	7
A	DE, B, 2722144 (GLYCO) 25 October 1979 see the whole document cited in the application	2,5,6,7,8,10, 11,12,13,17

<p>¹⁰ Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"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</p> <p>"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"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</p> <p>"S" document member of the same patent family</p>		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	
4 April 1991 (04.04.91)	10 May 1991 (10.05.91)	
International Searching Authority	Signature of Authorized Officer	
European Patent Office		

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.**

DE 9100079
SA 43816

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 24/04/91. The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE-B- 1077026		None	
DE-A- 3430945	06-03-86	EP-A- 0218772	22-04-87
DE-B- 2722144	23-11-78	DE-A, B, C 2722144	23-11-78
		AT-B- 360237	29-12-80
		FR-A, B 2391285	15-12-78
		GB-A- 1600951	21-10-81
		JP-A- 53142318	12-12-78

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/DE 91/00079

I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) ⁶		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
Int.Cl. ⁵ C 25 D 7/10, 5/50, 6/10, F 16 C 33/12		
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff ⁷		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int.Cl. ⁵	C 25 D 7/10, 5/50, 5/10, F 16 C 33/12	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁸		
III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN⁹		
Art*	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³
X	DE, B, 1077026 (HÖVELER) 3. März 1960 siehe das ganze Dokument --	1-5, 9, 13, 16
A	DE, A, 3430945 (MIBA) 6. März 1986 siehe Patentansprüche --	7
A	DE, B, 2722144 (GLYCO) 25. Oktober 1979 siehe das ganze Dokument in der Anmeldung erwähnt -----	2, 5, 6, 7, 8, 10 11, 12, 13, 17
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen¹⁰:</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer 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</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
IV. BESCHEINIGUNG		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
4. April 1991		10.05.91
Internationale Recherchenbehörde		Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten
Europäisches Patentamt		 Natalie Weinberg

**ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.**

DE 9100079

SA 43816

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 24/04/91

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE-B- 1077026		Keine	
DE-A- 3430945	06-03-86	EP-A- 0218772	22-04-87
DE-B- 2722144	23-11-78	DE-A, B, C 2722144	23-11-78
		AT-B- 360237	29-12-80
		FR-A, B 2391285	15-12-78
		GB-A- 1600951	21-10-81
		JP-A- 53142318	12-12-78

EPO FORM 10073

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82