



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 406 015 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
07.04.2004 Patentblatt 2004/15

(51) Int Cl.7: **F04C 2/10, F04C 2/08**

(21) Anmeldenummer: **03020503.3**

(22) Anmeldetag: **15.09.2003**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK

(72) Erfinder:
• **Peters, Sven**
88436 Eberhardzell (DE)
• **Welte, Claus**
88326 Aulendorf (DE)

(30) Priorität: **01.10.2002 DE 10245814**

(74) Vertreter: **Schwabe - Sandmair - Marx**
Stuntzstrasse 16
81677 München (DE)

(71) Anmelder: **Schwäbische Hüttenwerke GmbH**
73433 Aalen-Wasseralfingen (DE)

(54) **Innenzahnradpumpe mit verbesserter Füllung**

(57) Die Erfindung betrifft eine Innenzahnradpumpe, die umfasst: ein Gehäuse (3), eine in dem Gehäuse (3) gebildete Zahnradkammer (4), die an einer Niederdruckseite eine Einlassöffnung (5) und an einer Hochdruckseite eine Auslassöffnung (6) für ein Fluid aufweist, ein in der Zahnradkammer (4) aufgenommenes inneres Zahnrad (1), das um eine Drehachse (D_1) drehbar ist, und eine Außenverzahnung (1a) aufweist, ein in der Zahnradkammer (4) aufgenommenes äußeres Zahnrad (2), das eine Innenverzahnung (2i) aufweist, die mit der Außenverzahnung (1a) in einem kämmenden Zahneingriff ist und bei einem Drehantrieb der Zahnräder (1, 2) mit der Außenverzahnung auf der Niederdruckseite expandierende und auf der Hochdruckseite komprimierende Förderzellen (7) bildet, wobei in Zahnfüßen der Außenverzahnung (1a) je in dem Zahnfußgrund wenigstens eine Vertiefung (10) gebildet ist, die sich bis zu einer Stirnseite der Außenverzahnung (1a) erstreckt und an der Stirnseite eine größere radiale Tiefe (T) aufweist als in einem von der Stirnseite axial beabstandeten inneren Bereich des Zahnfußgrunds, und wobei wenigstens die der Stirnseite der Außenverzahnung (1a) axial zugewandt gegenüber liegende Einlassöffnung (5) die Vertiefungen (10) überdeckt.

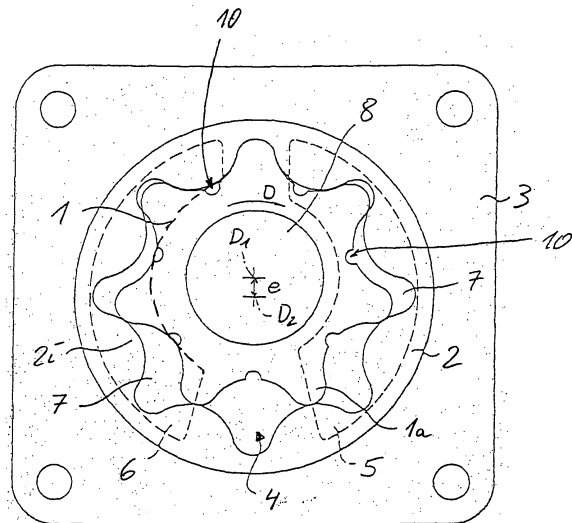


Fig. 1

EP 1 406 015 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Innenzahnradpumpen, insbesondere Innenzahnradpumpen für die Verwendung als Schmierölpumpen für Verbrennungskolbenmotoren.

[0002] Bei üblichen Innenzahnradpumpen entstehen bei Drehzahlen des Zahnradatzes der Pumpen oberhalb von 7000 U/min so hohe Strömungsgeschwindigkeiten, dass eine vollständige Befüllung des Zahnradatzes nicht mehr möglich ist. Durch die unvollständige Befüllung entsteht Kavitation. Mit dem Beginn der Kavitation knickt der volumetrische Wirkungsgrad der Pumpe deutlich ab, das heißt der volumetrische Wirkungsgrad verschlechtert sich.

[0003] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, den volumetrischen Wirkungsgrad von Innenzahnradpumpen zu verbessern.

[0004] Die Erfindung betrifft eine Innenzahnradpumpe, die ein Gehäuse, wenigstens eine in dem Gehäuse gebildete Zahnradkammer und wenigstens zwei in der Zahnradkammer aufgenommene, in Zahneingriff befindlichen Zahnräder aufweist. Das eine der Zahnräder ist ein außenverzahntes, inneres Zahnrad, das andere ist ein innenverzahntes, äußeres Zahnrad. Die Zahnräder sind um zueinander versetzte Drehachsen drehbar. In die Zahnradkammer münden an einer Niederdruckseite, die auch als Saugseite bezeichnet wird, wenigstens eine Einlassöffnung und an einer Hochdruckseite wenigstens eine Auslassöffnung für ein von der Pumpe zu förderndes Fluid. Bei dem Fluid handelt es sich vorzugsweise um eine hydraulische Flüssigkeit.

[0005] Die Innenverzahnung des äußeren Zahnrads weist wenigstens einen Zahn mehr auf als die Außenverzahnung des inneren Zahnrads, vorzugsweise weist sie genau einen Zahn mehr auf. Die Verzahnungen bilden Förderzellen, die in Drehrichtung der Zahnräder von einem Bereich tiefsten Zahneingriffs bis zu einem Bereich geringsten Zahneingriffs auf der Niederdruckseite der Zahnradkammer expandieren, das heißt sich vergrößern, und sich anschließend von dem Bereich geringsten Zahneingriffs bis zu dem Bereich tiefsten Zahneingriffs auf der Hochdruckseite der Zahnradkammer wieder verkleinern, das heißt sie bilden auf der Hochdruckseite komprimierende Förderzellen. Bei einem Drehantrieb der Zahnräder wird auf der Niederdruckseite der Zahnradkammer von den dort expandierenden Förderzellen Fluid angesaugt, über den Bereich geringsten Zahneingriffs gefördert und von den komprimierenden Förderzellen auf der Hochdruckseite durch die wenigstens eine Auslassöffnung verdrängt.

[0006] In Zahnfüßen der Außenverzahnung ist in dem Zahnfußgrund, vorzugsweise exakt im Scheitel, je wenigstens eine Vertiefung gebildet, die sich nach der Erfindung von einer Stirnseite der Außenverzahnung nur bis in den Zahnfußgrund erstreckt, das heißt die erfindungsgemäßen Vertiefungen sind zu der betreffenden Stirnseite der Außenverzahnung hin offen und enden je

in dem Zahnfußgrund. Die erfindungsgemäß gebildete Vertiefung erstreckt sich somit nicht von einer Stirnseite zu der gegenüber liegenden anderen Stirnseite der Außenverzahnung durchgehend, sondern es verbleibt in den Zahnfüßen ein Steg, der an den Fußkreis der Außenverzahnung heran reicht und den Fußkreis bestimmt. Sollten die Vertiefungen sich in der einen oder anderen Ausführungsform der Erfindung axial von einer Stirnseite bis zu der anderen Stirnseite durchgehend erstrecken, so weisen sie jedoch an zumindest einer der Stirnseiten eine größere radiale Tiefe als in einem Bereich innerhalb des jeweiligen Zahnfußgrunds auf, d.h. im Falle axial durchgehender Vertiefungen ist deren radiale Tiefe nicht über die gesamte axiale Länge der betreffenden Vertiefung gleichmäßig, sondern es sind diese Vertiefungen im Inneren des jeweiligen Zahnfußgrunds flacher als an wenigstens einer der zwei Stirnseiten der Außenverzahnung. Die radiale Tiefe der Vertiefungen kann insbesondere auch von einer flachsten Stelle im Inneren des jeweiligen Zahnfußgrunds zu beiden Stirnseiten der Außenverzahnung hin zunehmen. Die Aussage über den Tiefenunterschied gilt auch für die zuerst genannten Ausführungsformen, in denen die Vertiefungen im Zahnfußgrund unter Verbleib eines Stegs enden. Ebenso gilt die Aussage für Vertiefungen, deren radiale Tiefe sich nur einmal, nämlich an solch einem Steg oder an einer inneren Flachstelle, ändert.

[0007] Durch die erfindungsgemäß gebildete Vertiefung wird auf der Niederdruckseite der Zahnradkammer an der Stirnseite, zu der die Vertiefung sich erstreckt, der Ansaugquerschnitt der betreffenden Förderzelle vergrößert. Andererseits kann das Ausmaß der Vergrößerung des Volumens der Förderzelle im Vergleich zu einer axial durchgehend mit gleichmäßiger Tiefe sich erstreckenden Vertiefung bei gleichem Einlassquerschnitt an der Stirnseite verringert werden. Mit zunehmender Drehzahl der Zahnräder werden die nach radial auswärts gerichteten, auf das Fluid wirkenden Fliehkräfte innerhalb der Förderzellen größer, was zusätzlich zu der Expansion der Förderzellen auf der Niederdruckseite einen nach radial auswärts gerichteten Sog bewirkt. Auf Grund der Fliehkraft wird das Fluid an das äußere Zahnrad gepresst, während am inneren Zahnrad ohne die Vertiefungen ein leerer Raum verbliebe. Dieser leere Raum wird auf Grund der erfindungsgemäßen Ausbildung der Vertiefungen verringert, weil die Förderzellen im Vergleich zu einfachen Förderzellen einen vergrößerten Ansaugquerschnitt an der Stirnseite und im Vergleich zu Förderzellen mit durchgehend erstreckten Vertiefungen ein geringeres Zellenvolumen aufweisen. Der Füllgrad der Förderzellen kann durch die optimale Ausnutzung der Fliehkraft zum Zwecke der Fluidansaugung gesteigert werden. Der Kavitationsbeginn wird somit zu höheren Drehzahlen verschoben. Des Weiteren sinkt der volumetrische Wirkungsgrad im Drehzahlbereich oberhalb des Kavitationsbeginns weniger stark ab als bei herkömmlichen Innenzahnradpumpen.

[0008] Die Tiefe jeder der Vertiefungen wird in radialer

Richtung auf die Zahnfußkontur ohne Vertiefung gemessen, d.h. exakt im Scheitel wird sie auf den Fußkreis der Außenverzahnung gemessen. Die Tiefe kann sich in einer einzigen Stufe ändern. Bevorzugt ändert sich die Tiefe jedoch in axialer Richtung kontinuierlich von einer größten Tiefe an der Stirnseite bis auf einen Minimalwert, vorzugsweise bis auf den Wert "0". Hierdurch wird das Volumen der Vertiefung und der betreffenden Förderzelle gegenüber einem einstufigen Abfall verringert. Die Größe eines bei hohen Drehzahlen mit Fluid nicht gefüllten Raums innerhalb der Förderzelle wird dementsprechend in vorteilhafter Weise ebenfalls verringert. Grundsätzlich kann die auf die Vertiefung zurückzuführende Volumenvergrößerung gegenüber einem einstufigen Abfall auch durch die Zunahme der Tiefe in mehreren Stufen reduziert werden. Besonders bevorzugt ist es, wenn die Tiefe in axialer Richtung von einem größten Wert an der Stirnseite der Außenverzahnung bis zu einem geringsten Wert im Inneren des Zahnfußgrunds degressiv abnimmt.

[0009] Um das Verhältnis aus Ansaugquerschnitt zu Förderzellenvolumen weiter zu vergrößern und dadurch zu optimieren, nimmt auch die in Umfangsrichtung der Außenverzahnung gemessene Breite der Vertiefung von einem größten Wert an der Stirnseite in axialer Richtung bis in das Innere des Fußgrunds ab, wobei auch diese Abnahme vorzugsweise kontinuierlich verläuft. Einfach herstellbar und nicht zuletzt deshalb bevorzugt, ist die Vertiefung im Zahnfußgrund kegelförmig ausgenommen mit einem im Inneren des Fußgrunds an dem Fußkreis gerundet auslaufenden Ende.

[0010] Die Vertiefung kann durch eine nachträgliche Bearbeitung des inneren Zahnrads geformt werden, beispielsweise durch Einfräsen. Sie kann insbesondere jedoch unmittelbar bei der Urformung des Zahnrads, vorzugsweise bei einem Pressformen eines als Sinterteil gebildeten Zahnrads geformt werden.

[0011] So weit in den vorstehenden Ausführungen vorteilhafte Merkmale nur in Bezug auf eine Vertiefung beschrieben werden, sollen diese Ausführungen auch für die weiteren erfindungsgemäß gebildeten Vertiefungen des inneren Zahnrads gelten, die vorzugsweise jeweils gleich ausgebildet sind.

[0012] Vertiefungen der erfindungsgemäßen Art können besonders vorteilhaft an beiden Stirnseiten des inneren Zahnrads gebildet sein, wobei zwischen den beiden axial erstreckten Vertiefungen eines jeden Zahnfußgrunds vorzugsweise ein Steg verbleibt, der bis an den Fußkreis der Außenverzahnung reicht, das heißt den Fußkreis berührt. Die in diesem Fall zwei Vertiefungen innerhalb eines Zahnfußgrunds liegen vorzugsweise im Scheitel des Zahnfußgrunds in einer axialen Flucht. Ferner sind sie in bevorzugter Ausführung zu der axialen Mitte des inneren Zahnrades spiegelsymmetrisch. Falls an beiden Stirnseiten je eine oder eine durchgehende Vertiefung mündet, so ist vorzugsweise jeder der beiden Stirnseiten gegenüberliegend je wenigstens eine Einlassöffnung gebildet, die in radialer Rich-

tung die Mündungen der Vertiefungen überdeckt.

[0013] Vertiefungen der erfindungsgemäßen Art an beiden Stirnseiten der Außenverzahnung sind insbesondere dann von Vorteil, wenn in die Zahnradkammer an beiden Stirnseiten des Zahnradlaufsatzes wenigstens je eine Einlassöffnung mündet. Einlassöffnungen beiderseits des Zahnradlaufsatzes sind bei Innenzahnradpumpen üblich, die für Verwendungen im hohen Drehzahlbereich von über 7000 U/min vorgesehen sind, um auch bei solch hohen Drehzahlen eine ausreichende Befüllung der Förderzellen auf der Niederdruckseite zu gewährleisten.

[0014] Die wenigstens eine Auslassöffnung an der Hochdruckseite kann in radialer Richtung eine ebenso große Erstreckung wie die wenigstens eine Einlassöffnung aufweisen, vorzugsweise ist sie in radialer Richtung jedoch schmaler als die wenigstens eine Einlassöffnung, und zwar um die radiale Tiefe der hier gegenüberliegend mündenden Vertiefungen. Falls Vertiefungen zu beiden Stirnseiten der Außenverzahnung münden und zu beiden Stirnseiten je wenigstens eine Auslassöffnung ausgebildet ist, decken auch diese wenigstens zwei Auslassöffnungen Förderzellen auf der Hochdruckseite nur jeweils bis zu dem Zahnfußgrund der Außenverzahnung ab, nicht jedoch die Mündungen der Vertiefungen. Der Erfindung entspricht es ferner, wenn im Falle von zu beiden Stirnseiten der Außenverzahnung mündenden Vertiefungen eine Auslassöffnung oder in Richtung der Zahnräder hintereinander mehrere Auslassöffnungen nur an einer Stirnseite gebildet ist oder sind. Die Ausbildung wenigstens einer Einlassöffnung, die auf der Niederdruckseite in radialer Richtung die Vertiefungen überdeckt, und gleichzeitig wenigstens einer Auslassöffnung, die auf der Hochdruckseite die Vertiefungen nicht überdeckt, sozusagen abdichtet, ist vorteilhaft nicht nur in Verbindung mit den erfindungsgemäß gebildeten Vertiefungen, sondern grundsätzlich auch mit axial durchgehenden Vertiefungen, die einen konstanten Querschnitt aufweisen, beispielsweise in Kombination mit axial geraden Nuten. Die Anmelderin behält es sich vor, die beschriebene Kombination wenigstens einer Einlassöffnung und einer Auslassöffnung in Verbindung mit Vertiefungen jedweder Form zum Gegenstand einer eigenen Anmeldung zu machen.

[0015] Auch die Unteransprüche und deren Kombinationen beschreiben bevorzugte Merkmale, die auch die vorstehend beschriebenen Ausgestaltungen ergänzen können oder von diesen ergänzt werden können.

[0016] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels erläutert. An dem Ausführungsbeispiel offenbar werdende Merkmale bilden je einzeln und in jeder Merkmalskombination die Gegenstände der Ansprüche und die vorstehend beschriebenen Ausgestaltungen vorteilhaft weiter. Es zeigen:

Fig. 1 eine Innenzahnradpumpe in einer Ansicht,
Fig. 2 ein inneres Zahnrad mit Vertiefungen, die sich je nur zu einer Stirnseite des Zahnrads erstrek-

- ken,
 Fig. 3 das Zahnrad der Fig. 2 in einer Ansicht auf eine seiner Stirnseiten,
 Fig. 4 das Zahnrad der Fig. 2 und 3 in einem axialen Teilschnitt im Bereich einer der Vertiefungen,
 Fig. 5 den über der Drehzahl aufgetragenen volumetrischen Wirkungsgrad einer herkömmlichen Innenzahnradpumpe, und
 Fig. 6 den über der Drehzahl aufgetragenen volumetrischen Wirkungsgrad einer erfindungsgemäßen Innenzahnradpumpe.

[0017] Fig. 1 zeigt eine Innenzahnradpumpe mit einem Gehäuse 3, dessen Gehäusedeckel abgenommen ist, um den Blick in eine Zahnradkammer 4 freizugeben. Die Zahnradkammer 4 ist eine kreiszylindrische Kammer, deren Wandungen von dem Gehäuse 3 und dem abgenommenen Gehäusedeckel gebildet werden. Die Wandungen bilden eine kreiszylindrische Innenmantelfläche und zwei Stirnflächen, die sich axial zugewandt gegenüber liegen. Der Blick ist in Fig. 1 gegen die rückwärtige dieser beiden Stirnflächen gerichtet. Diese rückwärtige Stirnfläche und die kreiszylindrische Innenmantelfläche werden von dem Gehäuse und die andere der Stirnwandungen wird von dem abgenommenen Gehäusedeckel gebildet.

[0018] Die Zahnradkammer 4 nimmt einen Zahnradlaufsatz bestehend aus zwei Stirnzahnrädern auf, nämlich ein inneres Zahnrad 1 und ein äußeres Zahnrad 2. Das innere Zahnrad 1 sitzt verdrehgesichert auf einer Antriebswelle 8 und ist zusammen mit der Antriebswelle 8 um deren Drehachse D_1 drehbar. Das äußere Zahnrad 2 ist an der kreiszylindrischen Innenmantelfläche der Zahnradkammer 4 um eine Drehachse D_2 drehgelagert im Wege einer Gleitlagerung. Die beiden Drehachsen D_1 und D_2 verlaufen zueinander exzentrisch, d.h. parallel versetzt, mit der Exzentrizität "e".

[0019] Das innere Zahnrad 1 ist mit einer Außenverzahnung 1a und das äußere Zahnrad 2 ist mit einer Innenverzahnung 2i versehen. Die beiden Verzahnungen 1a und 2i stehen in einem kämmenden Zahneingriff. Die Außenverzahnung 1a hat einen Zahn weniger als die Innenverzahnung 2i. Die beiden Verzahnungen 1a und 2i bilden in dem Zahneingriff zwischen sich Förderzellen 7, die ein von der Pumpe zu förderndes Fluid führen.

[0020] In die Zahnradkammer 4 münden an deren hinteren Stirnfläche eine Einlassöffnung 5 und eine Auslassöffnung 6 für das Fluid. Ebenso münden an der von dem Gehäusedeckel gebildeten vorderen Stirnfläche eine weitere Einlassöffnung und eine weitere Auslassöffnung, die so wie die Einlassöffnung 5 und die Auslassöffnung 6 geformt sind. Die Einlassöffnung 5 ist über einen in dem Gehäuse 3 gebildeten Niederdruckkanal mit einem Fluideinlass und die Auslassöffnung 6 ist über einen in dem Gehäuse 3 gebildeten Hochdruckkanal mit einem Fluidauslass des Gehäuses 3 verbunden. Die in dem Gehäusedeckel gebildete Einlassöffnung ist ebenfalls mit dem Niederdruckkanal und die in dem Gehäu-

sedeckel gebildete Auslassöffnung ist ebenfalls mit dem Hochdruckkanal verbunden.

[0021] Jede der Förderzelle 7 ist gegen ihre in und gegen die Drehrichtung D benachbarten Förderzellen 7 zumindest im Wesentlichen druckdicht abgeschlossen. Die Abdichtung der Hochdruckseite der Zahnradkammer 4 von der Niederdruckseite erfolgt in dem Bereich tiefsten Zahneingriffs durch die gegeneinander drückenden Antriebszahnflanken und in dem Bereich geringsten Zahneingriffs durch die einander gegenüber liegenden Zahnköpfe der Verzahnungen 1a und 2i. In axialer Richtung bilden die Zahnräder 1 und 2 an ihren Stirnseiten jeweils Dichtspalten mit den axial zugewandt gegenüber liegenden Kammerstirnwandungen der Zahnradkammer 4, in denen die Einlass- und die Auslassöffnungen gebildet sind. In dem Bereich tiefsten Zahneingriffs und in dem Bereich geringsten Zahneingriffs bilden die beiden Kammerstirnwandungen jeweils einen Dichtsteg. Der jeweilige Dichtsteg erstreckt sich in Drehrichtung D sowohl in dem Bereich tiefsten Zahneingriffs als auch in dem Bereich geringsten Zahneingriffs zwischen den dort einander zugewandten Enden der Einlassöffnung und der Auslassöffnung und trennt auf Grund seiner Dichtwirkung die jeweiligen Öffnungen und dadurch letztlich die Niederdruckseite von der Hochdruckseite.

[0022] Für eine Fluidförderung wird das innere Zahnrad 1 von der Antriebswelle 8 her drehangetrieben, beispielsweise in die eingezeichnete Drehrichtung D, und nimmt auf Grund des kämmenden Zahneingriffs das äußere Zahnrad 2 in die gleiche Drehrichtung D mit. Bei der Drehbewegung vergrößern sich die Förderzellen 7 von einem Bereich tiefsten Zahneingriffs ausgehend, in Drehrichtung D bis zu einem Bereich geringsten Zahneingriffs, und verkleinern sich wieder von dem Bereich geringsten Zahneingriffs bis zu dem Bereich tiefsten Zahneingriffs. Durch die sich vergrößernden Förderzellen 7 wird in der Zahnradkammer 4 eine Niederdruckseite und durch die sich verkleinernden Förderzellen 7 wird in der Zahnradkammer 4 eine Hochdruckseite gebildet.

[0023] Werden die beiden Zahnräder 1 und 2 drehangetrieben, so wird auf der Niederdruckseite auf Grund der dort expandierenden Förderzellen 7 Fluid über die Einlassöffnung 5 und die im Gehäusedeckel gegenüber liegend gebildete Einlassöffnung angesaugt und in den Förderzellen 7 über den Bereich geringsten Zahneingriffs auf die Hochdruckseite transportiert. Auf der Hochdruckseite verkleinern sich die Förderzellen 7, so dass das Fluid unter Druckerhöhung durch die Auslassöffnung 6 und die in dem Gehäusedeckel gegenüber liegend ausgebildete Auslassöffnung verdrängt wird und durch den sich an diese beiden Auslassöffnungen anschließenden Hochdruckkanal zu dem Gehäuseauslass und letztendlich zu einem mit dem Fluid zu versorgenden Aggregat strömt.

[0024] Das innere Zahnrad 1 der Innenzahnradpumpe ist in Fig. 2 in einer perspektivischen Darstellung und

in Fig. 3 in der Ansicht der Fig. 1 einzeln dargestellt. In jedem der Zahnfüße der Außenverzahnung 1a sind zwei Vertiefungen 10 gebildet, die sich von einem axial mittleren Steg 11 ausgehend in axialer Richtung bis je zu einer der beiden Stirnseiten des inneren Zahnrads 1 erstrecken. Jede der Vertiefungen 10 mündet an nur einer der beiden Stirnseiten des Zahnrads 1. Die beiden pro Zahnfuß gebildeten Vertiefungen 10 enden in dem jeweiligen Zahnfuß und bilden zwischen sich den Steg 11. Der zwischen den Vertiefungen 10 im Grund eines jeden der Zahnfüße verbleibende Steg 11 kann als Zahnfußprofil in bekannter Weise gebildet sein, beispielsweise als Hypozykloide. Jeder der Stege 11 berührt den Fußkreis F der Außenverzahnung 1a, d.h. die Stege 11 bestimmen den Fußkreis F. Eingezeichnet ist in Figur 3 ferner der Wälzkreis W, der das Profil der Außenverzahnung 1a in Zahnköpfe und Zahnfüße teilt.

[0025] Die Vertiefungen 10 weisen im Querschnitt ein rundes Profil auf mit einer in Umfangsrichtung gemessenen Breite B. Die Vertiefungen 10 weisen ihre größte Breite B je an ihrer Mündungsstelle an der Stirnseite des inneren Zahnrads 1 auf. In Fig. 3 ist diese größte Breite B beispielhaft für eine der Vertiefungen 10 eingezeichnet. Ebenfalls eingezeichnet ist die Tiefe T im Scheitel des Zahnfußes beispielhaft für eine der Vertiefungen 10. Die Tiefe T wird in radialer Richtung gemessen und ist auf das in axialer Richtung über die Vertiefung 10 verlängert gedachte Zahnfußprofil der Stege 11 bezogen. Auch ihre größte Tiefe T weisen die Vertiefungen 10 an der Stirnseite des inneren Zahnrads 1 auf, an der sie münden. Von der Mündungsstelle an der Stirnseite bis zu dem Steg 11 nimmt die Tiefe T in axialer Richtung kontinuierlich ab.

[0026] Fig. 4 zeigt einen Bereich des inneren Zahnrads, in dem eine Vertiefung 10 gebildet ist, in einem Schnitt. Die Schnittebene ist die Axial/Radial-Ebene, die die Vertiefung 10 in zwei gleiche Hälften teilt. Die Vertiefung 10 weist in dieser Schnittebene ihre jeweils größte Tiefe T in der zur Axial/Radial-Schnittebene senkrechten Querschnittebene auf. Die Vertiefung 10 flacht von der Stirnseite des inneren Zahnrads 1 bis zu dem Steg 11 kontinuierlich unter einem Neigungswinkel α ab. Der abflachende Verlauf der Vertiefung 10 ist ferner in einem geringen Ausmaß degressiv, das heißt der Neigungswinkel α , gemessen auf die axiale Verlängerung des Zahnfußprofils des Stegs 11, nimmt von der Stirnseite bis zu dem Steg 11 ebenfalls allmählich ab. Allerdings läuft die Vertiefung 10 in den Steg 11 schräg ein, das heißt der Neigungswinkel α ist im Übergangsbereich zwischen Vertiefung 10 und Steg 11 ungleich "0".

[0027] Wie am besten in Fig. 2 zu erkennen ist, werden die Vertiefungen 10 je von einer glatten Mantelfläche im Grund von jedem der Zahnfüße gebildet. Die Vertiefungen 10 sind je kegelförmig mit einem in einer radialen Draufsicht runden Übergangsbereich in das von dem jeweiligen Steg 11 gebildete Zahnfußprofil. Die Erzeugende des von jeder der Vertiefungen 10 gebildeten

Kegels ist wegen des sich ändernden Neigungswinkels α ein wenig gekrümmt. Die Form könnte daher auch als hyperboloid bezeichnet werden. Eine gerade Kegelform wäre ebenfalls möglich. Die in axialer Richtung nach radial auswärts konkave Form der Vertiefungen 10 ergibt jedoch pro Vertiefung 10 ein vorteilhaft großes Verhältnis von Mündungsquerschnittsfläche zu Volumen.

[0028] Im Ausführungsbeispiel sind die Vertiefungen 10 exakt im Scheitel der Zahnfüße gebildet, mit der den Fußkreis F im Scheitel schneidenden Axial/Radial-Ebene als Symmetrieebene. Hiervon abweichende Formen sind jedoch ebenfalls denkbar. Vorteilhaft ist es allerdings, wenn die Mündungen der Vertiefungen 10 an der Stirnseite des inneren Zahnrads 10 in dieser Weise geformt und angeordnet sind. Von diesen Mündungen aus können die Vertiefungen 10 jedoch durchaus auch gerade schräg oder bogenförmig zu der Axialen zum jeweiligen Steg 11 hin auslaufen, um die Einströmverhältnisse in die betreffende Förderzelle 7 zu beeinflussen.

[0029] Die Einlassöffnung 5 und die Auslassöffnung 6 sind in der hinteren Kammerstirnwandung als nierenförmige Öffnungen ausgenommen. Sie erstrecken sich in Umfangsrichtung je über mehrere Förderzellen 7, wobei sie die betreffenden Förderzellen 7 radial überdecken. Die Einlassöffnung 5 überdeckt ferner radial auch die Vertiefungen 10. Die Auslassöffnung 6 erstreckt sich radial nur bis zu dem Fußkreis der Außenverzahnung 1a, so dass unmittelbar aus den Vertiefungen 10 kein Fluid verdrängt wird. Das zu der Einlassöffnung 5 und der Auslassöffnung 6 gesagte gilt auch für die Einlassöffnung und die gegebenenfalls vorhandene Auslassöffnung in dem abgenommenen Gehäusedeckel. In dem Gehäusedeckel kann, muss jedoch keine Auslassöffnung gebildet sein. Bei der Drehbewegung der Zahnräder 1 und 2 überstreichen daher die Vertiefungen 10 die Einlassöffnung 5 und die axial zugewandt gegenüber liegende Einlassöffnung in dem Gehäusedeckel.

[0030] In den Fig. 5 und 6 ist der volumetrische Wirkungsgrad E über der Drehzahl R des angetriebenen Zahnrads 1 aufgetragen. Fig. 5 zeigt den Verlauf des volumetrischen Wirkungsgrads E für eine Innenzahnradpumpe mit einem Zahnradlaufsatz ohne Vertiefungen, und Fig. 6 zeigt zum Vergleich den volumetrischen Wirkungsgrad E für eine Innenzahnradpumpe nach der Erfindung. Im dargestellten Beispielfall bildet die Innenzahnradpumpe die Schmierölpumpe für einen Verbrennungshubkolbenmotor eines PKW oder LKW. Dies ist ein besonders bevorzugtes Verwendungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Innenzahnradpumpe. Die Einbausituation der Pumpe ist hierbei so, dass das angetriebene Zahnrad, im Beispielfall das innere Zahnrad 1, mit einer Drehzahl R von bis zu 14.000 Umdrehungen pro Minute (U/min) angetrieben wird, das heißt es wird von einer Kurbelwelle des Motors aus mit einer gegenüber der Kurbelwelle übersetzten Drehzahl angetrieben. Ab einer Antriebsdrehzahl von etwa 7.000 U/min setzt bei der herkömmlichen Pumpe die Kavitation ein. Ein Pfeil K deutet auf den Kavitationsbeginn. Mit weiterer

zunehmender Drehzahl sinkt der volumetrische Wirkungsgrad E ab.

[0031] Der volumetrische Wirkungsgrad E einer mit Ausnahme der erfindungsgemäßen Vertiefungen 10 baugleichen Innenzahnradpumpe ist in der Fig. 6 im Vergleich aufgetragen. Der Kavitationsbeginn K kann zu deutlich höheren Drehzahlen verschoben werden. im Vergleichsfall konnte der Kavitationsbeginn K zu einer um etwa 2.000 U/min höheren Drehzahl verschoben werden. Ferner sinkt der volumetrische Wirkungsgrad E in dem sich nach oben daran anschließenden Drehzahlbereich trotz Kavitation weniger stark ab als bei der herkömmlichen Innenzahnradpumpe ohne Vertiefungen.

Patentansprüche

1. Innenzahnradpumpe, die umfasst:

- a) ein Gehäuse (3),
- b) eine in dem Gehäuse (3) gebildete Zahnradkammer (4), die an einer Niederdruckseite eine Einlassöffnung (5) und an einer Hochdruckseite eine Auslassöffnung (6) für ein Fluid aufweist,
- c) ein in der Zahnradkammer (4) aufgenommenes inneres Zahnrad (1), das um eine Drehachse (D_1) drehbar ist, und eine Außenverzahnung (1a) aufweist,
- d) ein in der Zahnradkammer (4) aufgenommenes äußeres Zahnrad (2), das eine Innenverzahnung (2i) aufweist, die mit der Außenverzahnung (1a) in einem kämmenden Zahneingriff ist und bei einem Drehantrieb der Zahnräder (1, 2) mit der Außenverzahnung auf der Niederdruckseite expandierende und auf der Hochdruckseite komprimierende Förderzellen (7) bildet,
- e) wobei in Zahnfüßen der Außenverzahnung (1a) je in dem Zahnfußgrund wenigstens eine Vertiefung (10) gebildet ist, die sich bis zu einer Stirnseite der Außenverzahnung (1a) erstreckt und an der Stirnseite eine größere radiale Tiefe (T) aufweist als in einem von der Stirnseite axial beabstandeten inneren Bereich des Zahnfußgrunds,
- f) und wobei wenigstens die der Stirnseite der Außenverzahnung (1a) axial zugewandt gegenüber liegende Einlassöffnung (5) die Vertiefungen (10) überdeckt.

2. Innenzahnradpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Zahnfüßen der Außenverzahnung (1a) je in dem Zahnfußgrund wenigstens eine Vertiefung (10) gebildet ist, die sich bis zu der anderen Stirnseite der Außenverzahnung (1a) erstreckt und an der anderen Stirnseite eine

größere radiale Tiefe (T) aufweist als in einem von der anderen Stirnseite axial beabstandeten inneren Bereich des Zahnfußgrunds.

- 5 **3.** Innenzahnradpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tiefe (T) der Vertiefungen (10) kontinuierlich zu der Stirnseite hin zunimmt.
- 10 **4.** Innenzahnradpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vertiefungen (10) in axialer Richtung nach radial auswärts konkav sind.
- 15 **5.** Innenzahnradpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vertiefungen (10) sich bis zu einem in dem inneren Bereich des jeweiligen Zahnfußgrunds von einem Zahnprofil verbleibenden Steg (11) erstrecken, der vorzugsweise die axiale Mitte der Außenverzahnung (1a) bildet.
- 20 **6.** Innenzahnradpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vertiefungen (10) sich zu der Stirnseite hin, bis zu der sie sich erstrecken, verbreitern.
- 25 **7.** Innenzahnradpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vertiefungen (10) im Querschnitt nach radial auswärts konkav sind.
- 30 **8.** Innenzahnradpumpe nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vertiefungen (10) hyperboloid sind.
- 35 **9.** Innenzahnradpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 3 oder 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vertiefungen kegelförmig sind mit einer geraden oder in axialer Richtung gekrümmten Erzeugenden.
- 40 **10.** Innenzahnradpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die der Stirnseite der Außenverzahnung (1a) axial zugewandt gegenüberliegende Auslassöffnung (6) auf der Hochdruckseite Förderzellen (7), aber nicht die Vertiefungen (10) überdeckt.
- 45
- 50
- 55

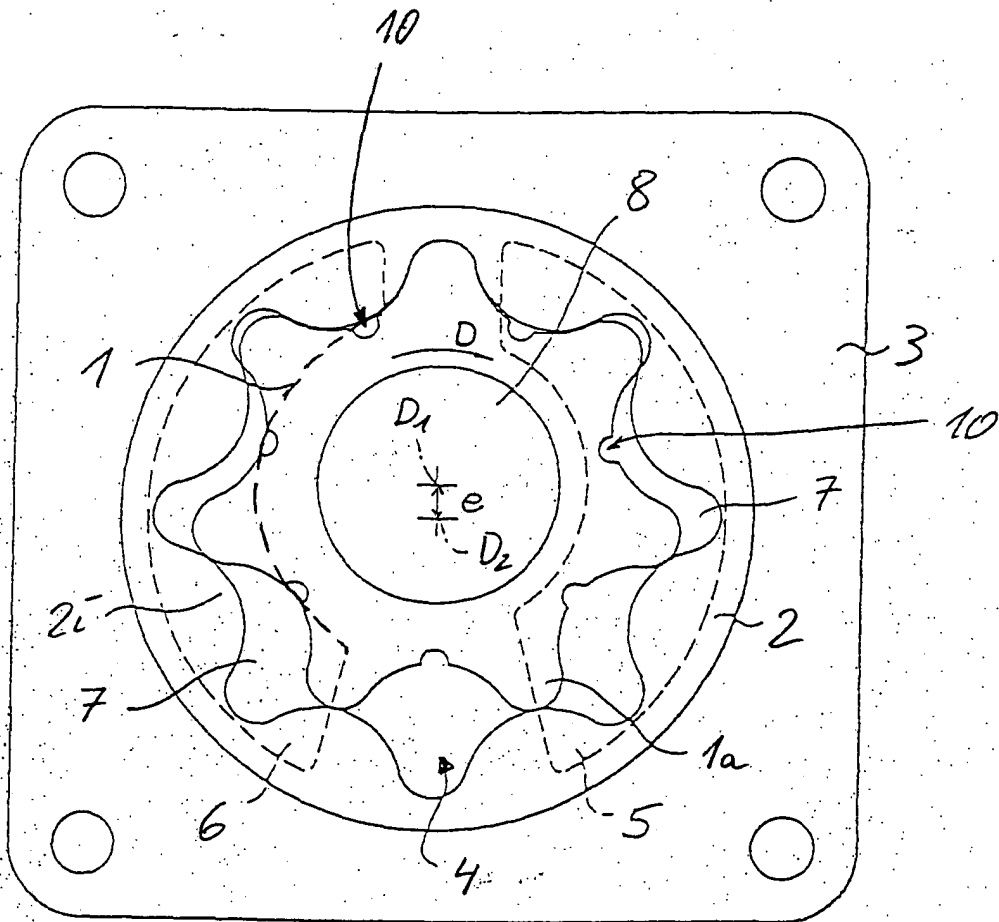


Fig. 1

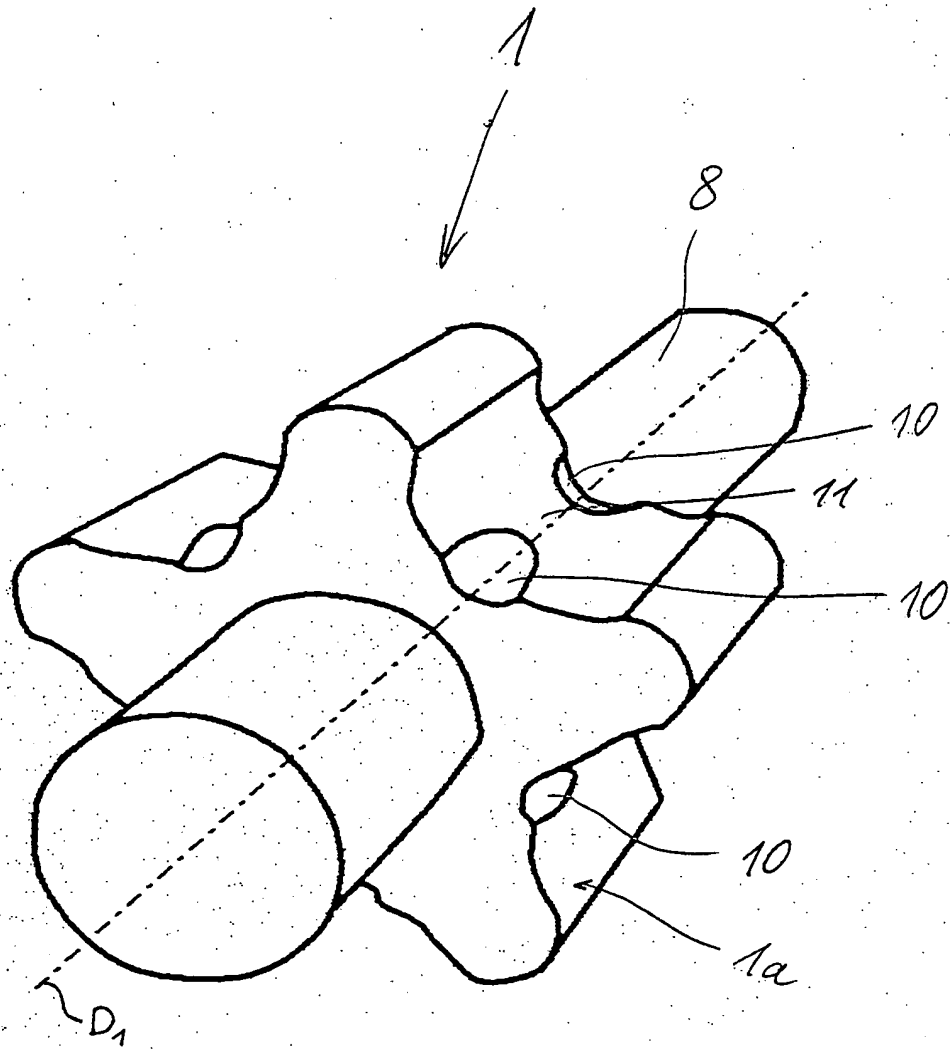


Fig. 2

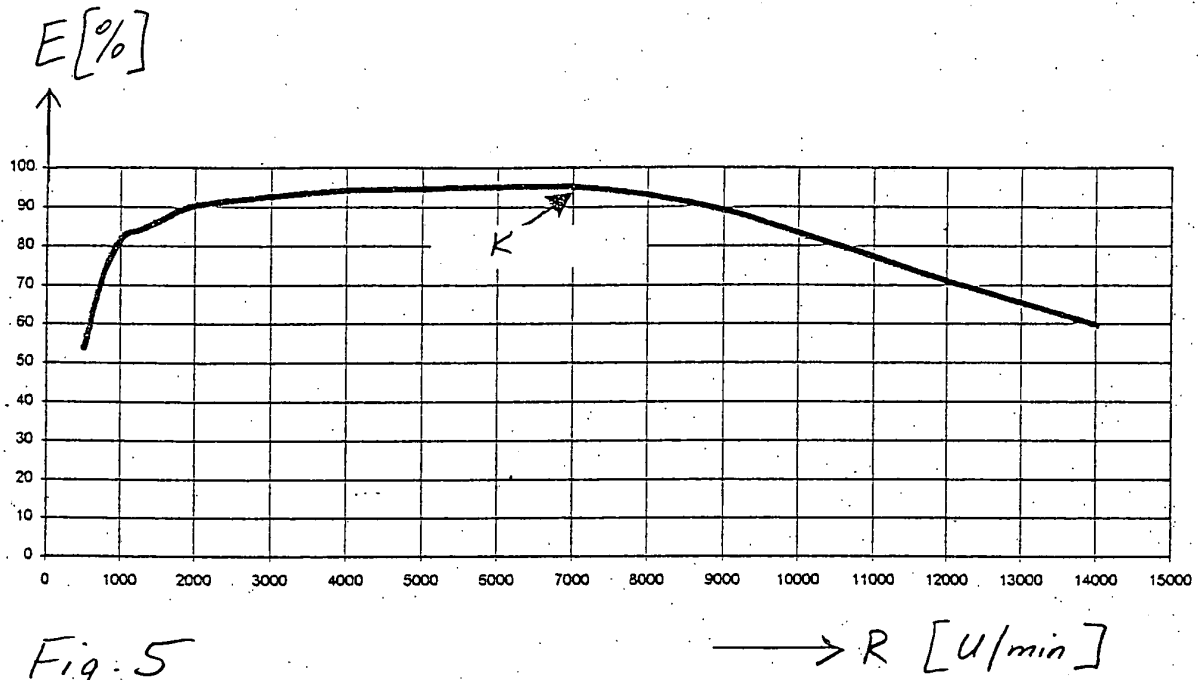


Fig. 5

→ R [U/min]

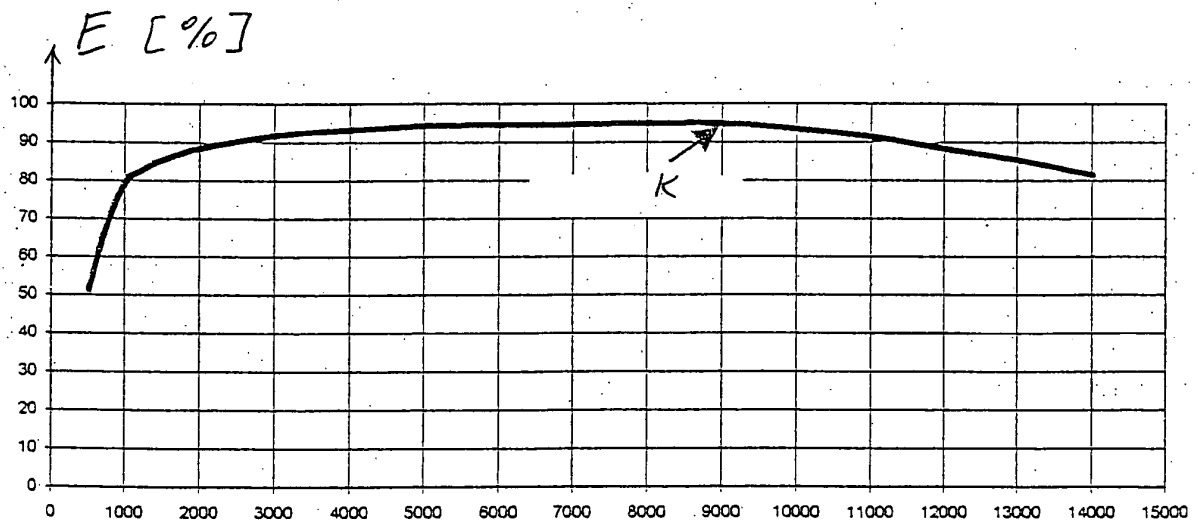


Fig. 6

→ R [U/min]



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 03 02 0503

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	DE 12 63 973 B (BORSIG AG; WANKEL FELIX) 21. März 1968 (1968-03-21)	1,3-5,7	F04C2/10 F04C2/08
Y	* Abbildungen 1,2 * * Spalte 3, Zeile 19 * * Spalte 4, Zeile 9 - Zeile 21 *	6,9	
X	GB 370 474 A (THOMAS WINTER NICHOLS) 11. April 1932 (1932-04-11)	1,3-5,7	
A	* Abbildungen 1-4 * * Seite 2, Zeile 106 - Seite 3, Zeile 28 *		
X	DE 28 29 417 A (REXROTH GMBH G L) 17. Januar 1980 (1980-01-17)	1-3,5	
	* Abbildungen 1,2 * * Seite 5, Zeile 1 - Zeile 7 * * Seite 5, Zeile 16 - Zeile 26 * * Ansprüche 1,2 *		
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 507 (M-1327), 20. Oktober 1992 (1992-10-20)	6	
	-& JP 04 187883 A (NIPPONDENSO CO LTD), 6. Juli 1992 (1992-07-06)		RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
A	* Abbildungen 1-4 *	1-5,7	F04C F01C
Y	DE 29 33 493 A (DAIMLER BENZ AG) 26. März 1981 (1981-03-26)	9	
	* Abbildung 8 * * Seite 14, Zeile 22 - Zeile 28 * * Ansprüche 4,5 *		
A	DE 42 00 883 C (EISENMANN SIEGFRIED) 15. April 1993 (1993-04-15)	1	
	* Abbildungen 1,4 * * Spalte 5, Zeile 57 - Spalte 6, Zeile 48 * * Spalte 11, Zeile 12 - Zeile 35 *		
	-/--		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	6. Januar 2004	Lequeux, F	
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 : nichtschriftliche 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	

EPO FORM 1503 03/92 (P04C03)



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 03 02 0503

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	FR 977 730 A (VROLIX ALBERT-SYLVAIN-TOUSS) 4. April 1951 (1951-04-04) * Abbildungen 5,6 * * Seite 4, Zeile 10 - Zeile 26 * -----	2,5,7	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 6. Januar 2004	
		Prüfer Lequeux, F	
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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 03 02 0503

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

06-01-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 1263973	B	21-03-1968	KEINE
GB 370474	A	11-04-1932	KEINE
DE 2829417	A	17-01-1980	DE 2829417 A1 17-01-1980 GB 2024949 A ,B 16-01-1980 IT 1202950 B 15-02-1989 JP 55010100 A 24-01-1980 US 4264288 A 28-04-1981
JP 04187883	A	06-07-1992	KEINE
DE 2933493	A	26-03-1981	DE 2933493 A1 26-03-1981
DE 4200883	C	15-04-1993	DE 4200883 C1 15-04-1993 DE 59203844 D1 02-11-1995 EP 0552443 A1 28-07-1993 JP 2818723 B2 30-10-1998 JP 5256268 A 05-10-1993 KR 150804 B1 02-11-1998 US 5368455 A 29-11-1994
FR 977730	A	04-04-1951	KEINE

EPO FORM P/461

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