



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) EP 0 953 768 A1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
03.11.1999 Patentblatt 1999/44

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: F04C 2/18

(21) Anmeldenummer: 99105522.9

(22) Anmeldetag: 18.03.1999

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

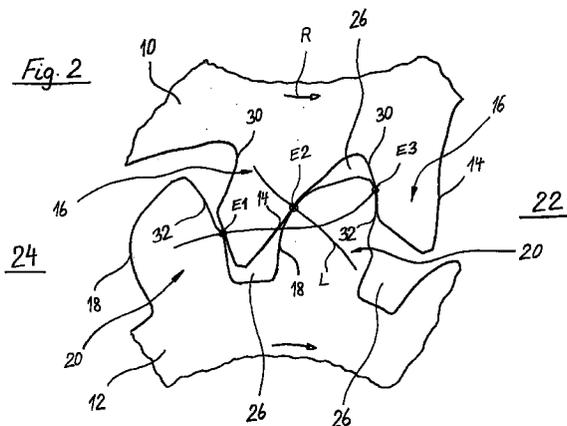
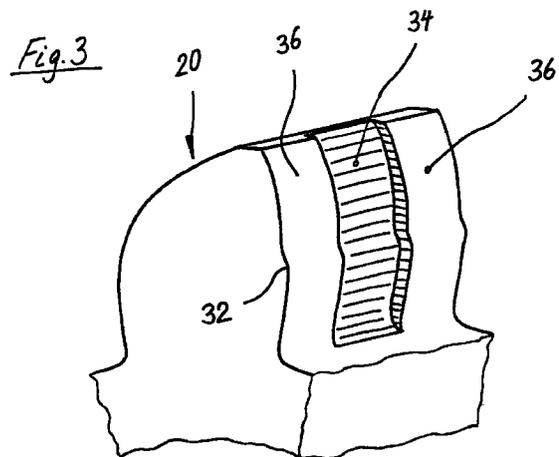
(30) Priorität: 28.04.1998 DE 19818948

(71) Anmelder: ROBERT BOSCH GMBH  
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder: Schwuchow, Dietmar  
71065 Sindelfingen (DE)

(54) **Zahnradmaschine**

(57) Es wird eine Zahnradmaschine (Pumpe oder Motor) vorgeschlagen, deren Verzahnung so ausgeführt ist, daß selbst bei sich periodisch ändernden Winkelgeschwindigkeiten der Zahnräder (10, 12) ein Abheben der drehmomentübertragenden Flanken (14, 18) voneinander zuverlässig vermieden wird. Dies wird durch einen permanenten Zweiflankenkontakt zwischen den Zahnflanken des treibenden Rades (10) und denen des getriebenen Zahnrades (12) erreicht, wobei aufgrund von Ausnehmungen (34) in den nicht drehmomentübertragenden Flanken (30, 32) nur die drehmomentübertragenden Flanken (14, 18) hydraulische Förderfunktion haben. Eine derartige Zahnradmaschine arbeitet bei hohem volumetrischen Wirkungsgrad besonders schwingungsarm und leise, insbesondere in Verbindung mit einer pulsationsoptimierten Verzahnung der drehmomentübertragenden Flanken (14, 18).



EP 0 953 768 A1

## Beschreibung

### Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht aus von einer Zahnradmaschine (Pumpe oder Motor) entsprechend der Gattung des Anspruchs 1. Konventionelle Zahnradmaschinen sind als Außen- oder als Innenzahnradmaschinen mit gleichförmig übersetzenden Triebwerken in einer Vielzahl von Bauvarianten bekannt. Derartige Triebwerke erzeugen aufgrund des stetig bewegten Dichtpunkts im Zahneingriff einen periodisch zur Zahneingriffsfrequenz pulsierenden Förderstrom. Druckpulsationen im Förderstrom können Bauelemente eines angeschlossenen Hydraulikkreises schädigen und sind u.a. ursächlich für das in der Umgebung dieses Hydraulikkreises wahrnehmbare Geräusch.

[0002] Zur Dämpfung bzw. zur Vermeidung von Druckpulsationen wird daher beispielsweise in der DE 40 22 500 A1 vorgeschlagen, die drehmomentübertragenden Flanken der Zahnräder so auszubilden, daß das angetriebene Gegenrad mit einer im Verlauf des Zahneingriffs periodisch veränderlichen Winkelgeschwindigkeit rotiert, um Förderstromdefizite bzw. -überschüsse auszugleichen. Aus fertigungstechnischen Gründen weisen derartige Verzahnungen ein definiertes Rückflankenspiel auf. In der Verzögerungsphase des getriebenen Rades kann es dadurch unter bestimmten Betriebsbedingungen zu einem kurzzeitigen Abheben der treibenden Flanken voneinander kommen. Die Folge davon ist eine Unterbrechung des Fördervorganges sowie eine erhöhte Schwingungs- und Geräuschentwicklung der Pumpe.

### Vorteile der Erfindung

[0003] Demgegenüber weist die erfindungsgemäße Zahnradmaschine (Pumpe oder Motor) mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 den Vorteil auf, daß die Verzahnungsgeometrie ihrer Rückflanken ein Abheben der treibenden Förderflanken voneinander zuverlässig vermeidet. Die Zahnradmaschine arbeitet dadurch, insbesondere in Verbindung mit einer pulsationsoptimierten Förderverzahnung nach Anspruch 2, besonders effektiv, d.h. mit einem hohen volumetrischen Wirkungsgrad und ausgesprochen schwingungsarm und leise.

[0004] Erreicht wird dies durch einen permanenten Zweiflankenkontakt zwischen den drehmomentübertragenden und den nicht drehmomentübertragenden Flanken der Zahnräder, bei dem jedoch nur die drehmomentübertragenden Flanken hydraulisch wirksam sind. Die nicht drehmomentübertragenden Flanken sind mit Ausnehmungen versehen, die zwei aufeinanderfolgende Zahnkammern hydraulisch miteinander koppeln. Diesen nicht drehmomentübertragenden Flanken kommt damit im Gegensatz zu sonstigen aus dem Stand der Technik bekannten rückflankenspielfreien

Verzahnungen eine rein mechanische Funktion, d.h. keine Druckmittelförderfunktion zu. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung lassen sich durch an den Bedarfsfall angepaßte Ausgestaltungen der Ausnehmungen entsprechend den Merkmalen der Ansprüche 4 bis 6 erreichen. Weitere Vorteile oder vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen Unteransprüchen und der Beschreibung.

### 10 Zeichnung

[0005] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Figur 1 zeigt die Eingriffsverhältnisse zweier Zahnräder eines aus dem Stand der Technik bekannten Triebwerks in einer Seitenansicht, in Figur 2 sind im Vergleich dazu die Eingriffsverhältnisse einer erfindungsgemäßen Zahnradmaschine dargestellt. Die konstruktive Ausführung der Erfindung ist in Figur 3 anhand eines perspektivisch dargestellten Zahns erläutert.

### Beschreibung des Ausführungsbeispiels

[0006] Zur Erläuterung der Eingriffsverhältnisse bei einer hinlänglich bekannten und daher im Detail nicht näher beschriebenen Zahnradmaschine sind in Figur 1 zwei Zahnräder 10, 12 abschnittsweise dargestellt, die exemplarisch im Außeneingriff miteinander kämmen. Das Zahnrad 10 ist auf nicht dargestellte Weise drehfest mit einer Antriebswelle gekoppelt und rotiert entsprechend dem Richtungspfeil R entgegen dem Uhrzeigersinn. Die in Drehrichtung vorseilende drehmomentübertragende Flanke 14 eines Zahns 16 des Zahnrads 10 berührt dabei im Eingriffspunkt E die drehmomentübertragende Flanke 18 eines Zahns 20 des Zahnrads 12 und treibt dieses an. Das Zahnrad 12 ist auf einer ebenfalls nicht dargestellten Achse gelagert, die parallel zur Antriebswelle angeordnet sein soll. Aufgrund der Flankenform der drehmomentübertragenden Flanken 14 und 18 wandert der Eingriffspunkt E im Verlauf des fortschreitenden Zahneingriffs auf einer als Eingriffslinie L bezeichneten imaginären Linie. Diese Eingriffslinie L setzt sich aus zwei entgegengesetzt zueinander gekrümmten Bogenabschnitten zusammen.

[0007] Der Eingriffspunkt E bezeichnet die Stelle, an der die Saugseite 22 dieser Zahnradmaschine im Verlauf des gesamten Zahneingriffs von der Druckseite 24 hydraulisch getrennt ist.

[0008] Die beiden Zahnräder 10, 12 fördern in ihren Zahnkammern 26 ein Druckmittel von dieser Saugseite 22 zur Druckseite 24 der Zahnradmaschine, wobei beim Ineinandergreifen der Zähne 16, 20 Druckmittel verdrängt und dadurch auf der Druckseite 24 ein Druckanstieg bewirkt wird. Infolge des periodisch erfolgenden Zahneingriffs entsteht dabei eine Druckpulsation, die sich bis in die angeschlossenen Hydraulikleitungen hinein fortpflanzen kann.

**[0009]** Um fertigungsbedingte Schwankungen des Achsabstandes zwischen der Antriebswelle und der Achse des Zahnrads 12 auszugleichen, weisen die Verzahnungen dieser Zahnräder 10, 12 ein Rückflankenspiel 28 auf.

**[0010]** Zur Dämpfung der beschriebenen Druckpulsation sind in der Zahnradmaschine mit den Zahnrädern 10, 12 nach Figur 1 die drehmomentübertragenden Flanken 14, 18 derart geformt, daß die Übersetzung der beiden Zahnräder 10, 12 sich im Verlauf eines Zahneingriffs periodisch verändert. Das mit konstanter Winkelgeschwindigkeit rotierende Zahnrad 10 treibt das Zahnrad 12 demnach mit einer sich periodisch ändernden Winkelgeschwindigkeit an. Diese Änderungen der Winkelgeschwindigkeit verlaufen in Gegenphase zu den Druckpulsationen und glätten dadurch Schwankungen im Druckniveau.

**[0011]** Unter bestimmten Betriebsbedingungen der Zahnradmaschine, beispielsweise in der Verzögerungsphase des getriebenen Zahnrads 12, kann dieses Zahnrad 12 mit seiner drehmomentübertragenden Flanke 18 von der Flanke 14 des treibenden Zahnrads 10 abheben, wodurch kurzzeitig der Zahneingriff unterbrochen und die Druckseite 24 mit der Saugseite 22 kurzgeschlossen ist. Dies wirkt sich in einem Fördermengen- und einem Druckverlust aus; zudem entstehen dabei Geräusche.

**[0012]** Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß ein Abheben der drehmomentübertragenden Flanken 14, 18 voneinander durch ein Eliminieren des Rückflankenspiels 28 der Zahnräder 10, 12 unterbunden werden kann.

**[0013]** Die sich in diesem Fall ergebenden Eingriffsverhältnisse sind in Figur 2 dargestellt. Das ursprünglich vorhandene Rückflankenspiel 28 wurde bei diesem Triebwerk durch geänderte Zahndicken sowie entsprechende Tolerierung der Wellen bzw. Achsen und deren Lagerung beseitigt. Die beiden Zahnräder 10 und 12 berühren sich somit pro Zahneingriff an drei räumlich voneinander getrennt liegenden Eingriffspunkten E1 bis E3. In der in Figur 2 gezeichneten Stellung der Zahnräder 10, 12 ist der Zahn 20 des getriebenen Zahnrads 12 durch die Eingriffspunkte E2 und E3 definiert in einer der Zahnkammern 26 geführt, so daß ein Abheben der drehmomentübertragenden Flanke 18 von der Flanke 14 des Gegenrades nicht möglich ist. Die in der Verzögerungsphase des getriebenen Zahnrads 12 entstehenden Bremskräfte werden durch die nicht drehmomentübertragenden Flanken 30 des treibenden Zahnrads 10 aufgebracht.

**[0014]** Die Druckmittelförderung und die Senkung der Pulsationen im geförderten Druckmittelstrom erfolgt nach wie vor durch die Form der drehmomentübertragenden Flanken 14, 18. Die nicht drehmomentübertragenden Flanken 30, 32 der Zahnräder 10, 12 sind so geformt, daß sie eine identische Bewegung wie die Flanken 14, 18 übertragen würden, ohne dabei aber bezüglich einer etwaigen Druckpulsation in der Zahn-

radmaschine optimiert zu sein. Eine hydraulische Dichtwirkung des Rückflankeneingriffs wäre daher schädlich für das Förderverhalten dieser Zahnradmaschine. Um deshalb lediglich einen mechanisch wirksamen, jedoch keinen hydraulisch wirksamen Flankenkontakt an den nicht drehmomentübertragenden Flanken 30, 32 zu erzeugen, sind diese Flanken 30, 32 mit Ausnehmungen 34 (Fig. 3) versehen, die als Überströmnuten zwischen zwei in Drehrichtung aufeinanderfolgenden Zahnkammern 26 wirken. Der zwischen den Eingriffspunkten E1 und E3 liegende Eingriffspunkt E2 bleibt durch diese Ausnehmungen 34 der einzige hydraulisch wirksame, d.h. die Druckseite 24 von der Saugseite 22 trennende Eingriffspunkt. Die Ausnehmungen 34 können an den nicht drehmomentübertragenden Flanken 30, 32 eines oder beider Zahnräder 10, 12 ausgebildet sein. Sind beide Zahnräder 10, 12 mit Ausnehmungen 34 versehen, so müssen diese nicht zwangsweise in einer gemeinsamen Ebene verlaufen. Ebenso sind mehrere Ausnehmungen 34 an einer der nicht drehmomentübertragenden Flanken 30, 32 möglich.

**[0015]** Eine besonders günstige Ausgestaltung einer Ausnehmung 34 ist der Figur 3 entnehmbar. Diese zeigt in einer perspektivischen Ansicht beispielhaft einen einzelnen Zahn 20 des getriebenen Zahnrads 12. An der nicht drehmomentübertragenden Flanke 32 dieses Zahns 20 ist eine Ausnehmung 34 in Form einer Nut vorgesehen, die sich ausgehend vom Zahnfuß bis zum Zahnkopf erstreckt. Diese Nut hat einen rechteckigen Querschnitt mit in Ausdehnungsrichtung konstant bleibenden Abmessungen. Die Nut ist zentrisch auf der nicht drehmomentübertragenden Flanke 32 des Zahns 20 angeordnet und wird an ihren beiden Längsseiten von Rückflankenabschnitten 36 begrenzt. Diese Rückflankenabschnitte 36 stehen entsprechend Figur 2 im Eingriff mit denen des Gegenrades und eliminieren das Rückflankenspiel 28 zwischen den Zahnrädern 10, 12, während die Ausnehmung 34 aus besagten Gründen die hydraulische Dichtwirkung der Eingriffspunkte E1 und E3 verhindert.

**[0016]** Selbstverständlich sind Änderungen oder Ergänzungen am beschriebenen Ausführungsbeispiel möglich, ohne vom Grundgedanken der Erfindung abzuweichen. So ist es beispielsweise denkbar, die Zahnradmaschine als Außen- oder als Innenzahnradmaschine auszuführen und sowohl als Pumpe oder als Motor zu betreiben. Des weiteren lassen sich erhebliche Verbesserungen im Wirkungsgrad und in der Geräuschentwicklung einer Zahnradmaschine bereits dann erzielen, wenn das Rückflankenspiel 28 zwischen den Zahnrädern 10, 12 lediglich annähernd, d.h. nicht vollständig, reduziert wird. Im Übrigen sind die erfindungsgemäßen Maßnahmen nicht zwangsweise an Zahnradmaschinen mit sich periodisch ändernden Übersetzungen gebunden, sondern lassen sich auch auf konstant übersetzte Verzahnungen übertragen, deren Geometrie auf eine Druckmittelförderung durch die drehmomentübertragenden Flanken 14, 18 opti-

miert sind.

### Patentansprüche

1. Zahnradmaschine (Pumpe oder Motor) mit einem 5  
 Triebwerk aus wenigstens zwei miteinander käm-  
 menden Zahnrädern (10, 12), in dessen Zahnkam-  
 mern (26) ein Druckmittel unter Energieaufnahme  
 bzw. -abgabe von einem Einlaß (22) zu einem Aus- 10  
 laß (24) strömt, dadurch gekennzeichnet, daß die  
 Zahnräder (10, 12) im Verlauf eines Zahneingriffs  
 zumindest annähernd im Zweiflankenkontakt käm-  
 men und daß die Zahnräder (10, 12) an ihren nicht  
 drehmomentübertragenden Flanken (30, 32) Mittel 15  
 (34) zur hydraulischen Kopplung zweier aufeinander-  
 folgender Zahnkammern (26) aufweisen.
  
2. Zahnradmaschine (Pumpe oder Motor) nach 20  
 Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die  
 drehmomentübertragenden Zahnflanken (14, 18)  
 der Zahnräder (10, 12) zur Förderung eines wenig-  
 stens annähernd konstanten Druckmittelstroms  
 eine Flankenkontur aufweisen, die eine im Verlauf  
 des Zahneingriffs veränderliche Übersetzung 25  
 erzeugt.
  
3. Zahnradmaschine (Pumpe oder Motor) nach einem 30  
 der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,  
 daß die Mittel zur hydraulischen Kopplung zweier  
 aufeinanderfolgender Zahnkammern (26) wenig-  
 stens eine nutförmige Ausnehmung (34) umfassen.
  
4. Zahnradmaschine (Pumpe oder Motor) nach 35  
 Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß beide  
 Zahnräder (10, 12) an ihren nicht drehmomentüber-  
 tragenden Flanken (30, 32) jeweils wenigstens eine  
 Ausnehmung (34) aufweisen und daß die Ausneh-  
 mungen (34) in zueinander versetzten Ebenen  
 angeordnet sind. 40
  
5. Zahnradmaschine (Pumpe oder Motor) nach einem 45  
 der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet,  
 daß die Ausnehmungen (34) sich vom Fußkreis bis  
 zum Kopfkreis eines der Zahnräder (10, 12)  
 erstrecken. 45
  
6. Zahnradmaschine nach einem der Ansprüche 3 bis 50  
 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausnehmun-  
 gen (34) in Ausdehnungsrichtung einen konstanten  
 Querschnitt aufweisen. 50
  
7. Zahnradmaschine (Pumpe oder Motor) nach einem 55  
 der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet,  
 daß die Zahnradmaschine als Innen- oder als  
 Außenzahnradmaschine ausgebildet ist. 55

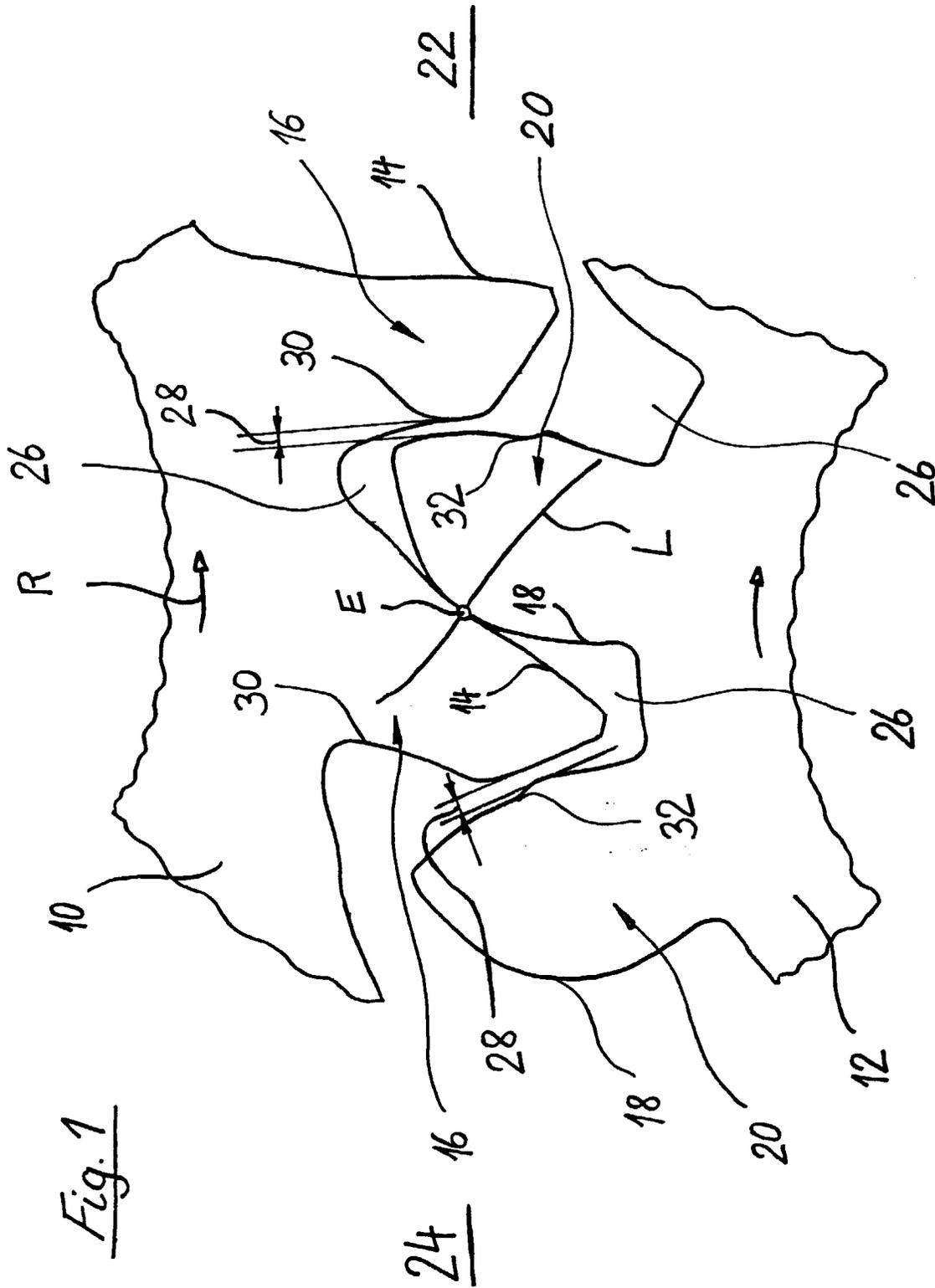


Fig. 1

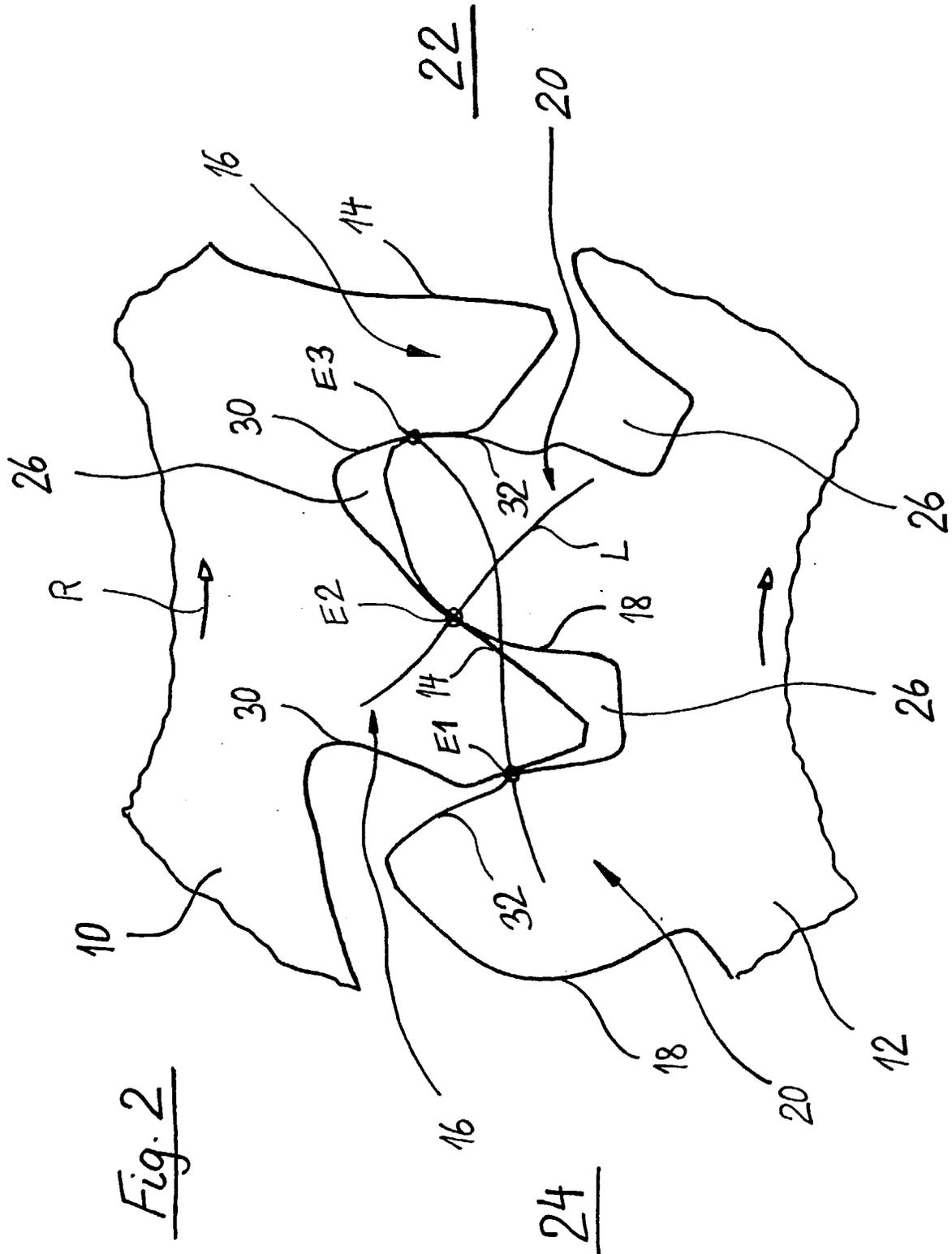
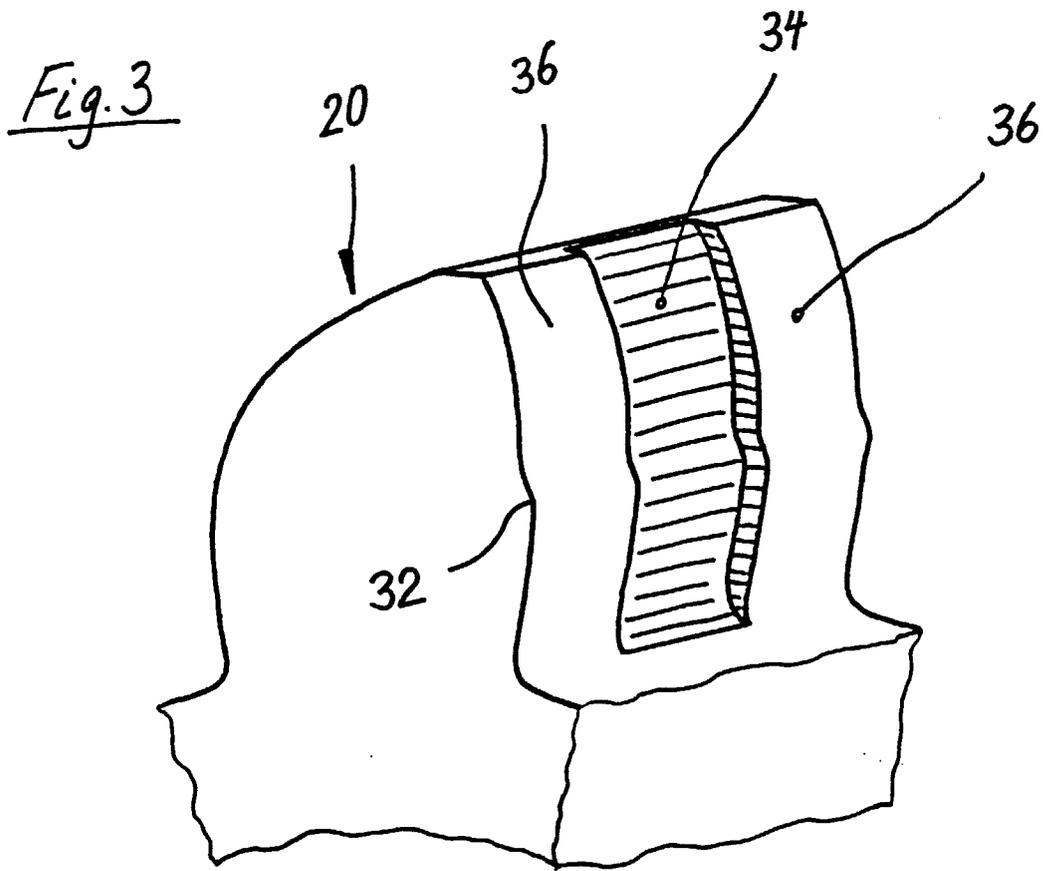


Fig. 2





Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 99 10 5522

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X Y	FR 446 952 A (ESNAULT-PELTERIE)  * Seite 3, Zeile 94 - Seite 4, Zeile 12; Abbildungen 15,16 * * Seite 4, Zeile 34 - Zeile 66; Abbildungen 17,18 * ----	1,3-5,7 2	F04C2/18
X	GB 1 263 921 A (JOSEPH LUCAS IND. LTD.) 16. Februar 1972 (1972-02-16) * Seite 1, Zeile 31 - Seite 2, Zeile 2; Abbildungen *	1,3,4,7	
Y	WO 92 01870 A (LECHNER) 6. Februar 1992 (1992-02-06) * Seite 4, Zeile 18 - Seite 5, Zeile 29 * * Seite 9, Zeile 1 - Zeile 14; Abbildung 3 *	2	
D	& DE 40 22 500 A ----		
A	EP 0 754 859 A (MAAG PUMP SYSTEMS) 22. Januar 1997 (1997-01-22) * Spalte 3, Zeile 30 - Zeile 42; Abbildung 3 *	6	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
A	DE 196 12 499 A (ROBERT BOSCH) 2. Oktober 1997 (1997-10-02) * Spalte 1, Zeile 8 - Zeile 60 * * Spalte 2, Zeile 27 - Spalte 5, Zeile 31; Abbildungen 1-5 * -----	1,2	F04C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	12. August 1999	Kapoulas, T	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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	
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			

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

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

EP 99 10 5522

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

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

12-08-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
FR 446952 A		KEINE	
GB 1263921 A	16-02-1972	KEINE	
WO 9201870 A	06-02-1992	DE 4022500 A	16-01-1992
		DE 59102662 D	29-09-1994
		EP 0539396 A	05-05-1993
		US 5639230 A	17-06-1997
EP 754859 A	22-01-1997	EP 0731276 A	11-09-1996
		JP 10054374 A	24-02-1998
DE 19612499 A	02-10-1997	KEINE	

EPO FORM P/461

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