

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 81103438.8

51 Int. Cl.³: F 04 C 2/10

22 Anmeldetag: 06.05.81

30 Priorität: 10.07.80 DE 3026222

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.01.82 Patentblatt 82/3

84 Benannte Vertragsstaaten:
CH FR GB IT LI SE

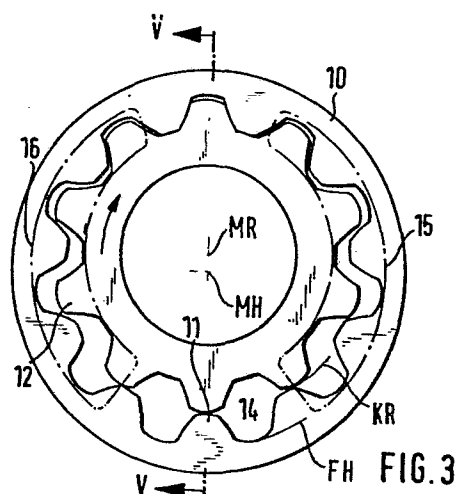
71 Anmelder: Eisenmann, Siegfried
Conchesstrasse 25
D-7960 Aulendorf(DE)

72 Erfinder: Eisenmann, Siegfried
Conchesstrasse 25
D-7960 Aulendorf(DE)

74 Vertreter: Berg, Wilhelm, Dr. et al,
Dr. Berg, Dipl.-Ing. Stapf, Dipl.-Ing. Schwabe, Dr. Dr.
Sandmair Mauerkircherstrasse 45
D-8000 München 80(DE)

54 Zahnringpumpe.

57 Bei Zahnringpumpen, bei denen das mit dem Hohlrad kämmende Ritzel nur einen Zahn weniger als das Hohlrad hat, sind die Hohlradzähne normalerweise durch Kreisbogen oder ähnliche Kurven begrenzt. Jeder Zahn des Ritzels (12) ist ständig mit einem Zahn des Hohlrades (10) im Eingriff. Die Erfindung verbessert die Eingriffsverhältnisse, die Dichtung und andere wesentliche Eigenschaften der Pumpe dadurch, daß die Zähne des Hohlrades angenäherte Trapezform mit konvex gewölbten Flanken und Köpfen aufweisen. Auf diese Weise sind die Zahnköpfe von Ritzel und Hohlrad miteinander nur noch in dichtendem, aber nicht mehr in treibendem Eingriff. Der treibende Eingriff zwischen Hohlrad und Ritzel wird ausschließlich zwischen den durch die Trapezform verhältnismäßig steilen Zahnflanken bewirkt.



B e s c h r e i b u n g

Die Erfindung betrifft eine Zahnringpumpe mit einem Gehäuse, einem im Gehäuse drehbar gelagerten, innenverzahnten Hohlrad mit 8 bis 16 Zähnen und einem von einer Antriebswelle getragenen, einen Zahn weniger als das Hohlrad aufweisenden mit dem Hohlrad kämmenden Ritzel, wobei die Abdichtung zwischen Saugraum und Druckraum gegenüber der Stelle tiefsten Zahneingriffs durch Gleiten der Zahnköpfe des Ritzels auf den Hohlradzähnen und an der Stelle tiefsten Zahneingriffs durch Anlage der treibenden Zahnflanken des Ritzels an den Hohlradzähnen erfolgt, wobei ferner die Zahnköpfe des Ritzels in den Zahnluken des Hohlrades frei gehen und die theoretische Zahnform des Ritzels durch Abwälzen des Ritzelwälzkreises auf dem Hohlradwälzkreis bestimmt ist. Derartige Zahnringpumpen sind seit langem bekannt. Es sei beispielsweise auf Lueger, Lexikon der Technik, Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart, Bd. 7, 1965, S. 218, verwiesen, wo derartige Pumpen unter der Bezeichnung "Eatonpumpe" beschrieben sind. Diese bekannten Pumpen sind von einfachem Aufbau. Die Zähne des Hohlrades sind normalerweise in Form von Kreissegmenten ausgebildet; d.h., die ganze Zahnkontur ist durch einen einzigen Kreisbogen bestimmt. Anstelle der Kreisbogenkontur kann aber auch - ebenso wie bei der vorliegenden Erfindung -

eine andere Kurve, wie beispielsweise eine Zykloide gewählt werden. Ein wesentliches Problem bei diesen bekannten Eaton-Verzahnungen liegt nun darin, daß bei ihnen jeder Zahn des Hohlrades ständig mit einem Zahn des Ritzels im Eingriff ist. Dies ist konstruktiv dadurch bedingt, daß das Ritzel nur einen Zahn weniger hat als das Hohlrad. Diese Tatsache, daß alle Zähne ständig in Eingriff sind, bringt nicht nur in der Fertigung, sondern auch im Betrieb wesentliche Probleme mit sich. So muß einerseits die Fertigung sehr genau sein. Tritt im Laufe des Betriebes Verschleiß auf, so wird die Dichtung zwischen Saugraum und Druckraum der Pumpe, insbesondere gegenüber der Stelle tiefsten Zahneingriffs, mangelhaft und der Wirkungsgrad der Pumpe sinkt erheblich ab. Die Pumpe ist darüber hinaus auch recht verschleißanfällig, da beim Betrieb ein sehr starkes spezifisches Gleiten zwischen den aneinander anliegenden Teilen von Ritzelzähnen und Hohlradzähnen erfolgt. Dies ist in erster Linie dadurch bedingt, daß die den Zahnflanken eines normalen Zahnrades entsprechenden Bereiche der Zahnoberflächen des Hohlrades verhältnismäßig stark geneigt sind. Hinzu kommt, daß gerade an den in erster Linie Drehmoment übertragend an den Hohlradzähnen anliegenden Teilen der Ritzelzähne, nämlich an deren relativ scharf gekrümmten Kanten zwischen Zahnflanken und Zahnköpfen die Herz'sche Pressung besonders groß ist, was wiederum den Verschleiß

begünstigt.

Ferner ist die Schwankung des instantanen Fördervolumens über dem Drehwinkel und somit die Förderpulsation dieser Pumpen sehr groß.

Eine weitere Problematik der Eaton-Pumpe liegt darin, daß die einzelnen in Radialrichtung von Hohlrad und Ritzel begrenzten Förderräume ihr Volumen ständig verändern, da sie durch den mehrfachen Zahneingriff von-einander getrennt sind. Dies führt zu einer Aufteilung der Arbeitsräume in einzelne Kammern, die nicht erwünscht ist, auch wenn sie durch seitlich angebrachte Taschen im Gehäuse miteinander in Verbindung stehen.

Schließlich hat der Mehrfach-Zahneingriff der Eaton-Pumpe noch den Nachteil, daß je nach Fertigungstoleranz der Zahnflankenform sowohl am Hohlrad als auch am Ritzel der unter Herz'scher Pressung stehende echte Zahneingriff für die Drehmomentübertragung vom Ritzel auf das Hohlrad in Umfangsrichtung oftmals weit entfernt von der Stelle des tiefsten Zahneingriffs liegt. Wegen der dann veränderten Winkellage des Pressungspunktes zwischen den Zahnflanken von Ritzel und Hohlrad entsteht dann eine Zahnkraftkomponente auf das Hohlrad, die das Bestreben

hat, den Achsabstand der beiden Räder zu vergrößern. Dies hat zur Folge, daß sich die Dichtung zwischen den Zähnen gegenüber der Stelle tiefsten Zahneingriffs verschlechtert, und das wegen der dann ansteigenden Zahnkräfte umso mehr, je höher der Förderdruck wird.

All dies hat dazu geführt, daß die Eaton-Pumpe trotz ihres zunächst bestechend einfachen Aufbaus in der Praxis nur in beschränktem Umfang für relativ wenig Fälle Eingang gefunden hat.

Die Nachteile der Eaton-Pumpe sind bei bekannten Zahnradpumpen mit einer Zähnezahldifferenz von mehr als 1, bei denen die Zähne im Bereich gegenüber der Stelle tiefsten Zahneingriffs nicht im Eingriff sind, dadurch behoben, daß im Bereich der genannten Stelle ein in der Regel halbmond- oder sichelförmiges Füllstück angeordnet ist, an dessen konvexer Oberfläche die Zahnköpfe des Hohlrades entlanggleiten; während an der konkaven Oberfläche des Füllstücks die Zahnköpfe des Ritzels entlanggleiten. Hier ist man in bezug auf die Zahnform wesentlich freier, so daß die Zahneingriffsbedingungen günstiger gewählt werden können. Dieser Pumpentyp ist jedoch wegen des Aufwandes für das Füllstück, zu dem auch die genaue Positionierung und Form des Füllstücks gehört, wesentlich aufwendiger als die Eaton-Pumpe.

Die Erfindung hat sich die Aufgabe gestellt, die Eaton-Pumpe, wie sie im Oberbegriff des Anspruchs 1 umrissen ist, dahingehend weiterzubilden, daß die in Triebeingriff miteinander befindlichen Zahnoberflächen von Ritzel und Hohlrad weniger aufeinander gleiten und großflächig aneinander anliegen, wodurch die Herz'sche Pressung verringert wird; daß dennoch die Förderkammern jeweils zwischen je einem Zahnpaar von Ritzel und Hohlrad groß sind, daß der wesentliche Nachteil der fortlaufenden Volumenänderung der genannten Förderkammern zumindest weitgehend beseitigt wird und daß die Verzahnung gegenüber der bekannten Eaton-Verzahnung weniger verzugsempfindlich wird. Ferner soll mit der Erfindung eine bessere Laufruhe erzielt und die Gefahr des Ölfilmabstreifens verringert werden. Schließlich soll ein eingriffsfreier Bereich geschaffen werden, der die Verquickung des Triebeingriffs mit dem diesem gegenüberliegenden Dichtungseingriff vermeidet.

Bei der Lösung dieser Aufgabe umfaßt die Erfindung den Grundgedanken, daß die Eingriffsverhältnisse und sonstigen oben dargelegten Verhältnisse bei der Eaton-Pumpe dadurch wesentlich verbessert werden, daß man den Hohlradzahn in zwei Teile unterteilt, nämlich einen treibenden und an der Stelle tiefsten Zahneingriffs dichtenden Bereich und einen weiteren Zahnkopfbereich, der nur noch die Aufgabe hat, an der der Stelle tiefsten Zahneingriffs gegenüberliegenden Stelle zu dichten. Der erste Schritt gemäß der Erfindung hierzu ist, daß man zwei Eaton-Hohlrad-Verzahnungen mit bogenförmigem Zahnumriß und gegenüber der

gewünschten Zähnezahl halbierten Zähnezahl um eine halbe Zahnteilung in Umfangsrichtung versetzt einander überlagert und nur die Teile der Zähne stehen läßt, die von den Zähnen beider Verzahnungen bedeckt sind. Auf diese Weise überspannt jeder Zahnkonturbogen der ursprünglichen Eaton-Verzahnungen zwei der stehengebliebenen Zähne, die jetzt etwa Dreieckform mit konvex gewölbten Flanken haben. Der Zahnformbogen definiert so jeweils die beiden einander abgewandten Zahnflanken zweier benachbarter Zähne. Auf diese Weise bleiben für den Zahneingriff zunächst nur die verhältnismäßig steilen zahnfuß-nahen Bereiche des ursprünglichen Eatonverzahnungsprofils, welche günstige Eingriffsverhältnisse aufweisen. Das so geschaffene Zahnprofil erlaubt aber noch keine ständige Dichtung an der der Stelle tiefsten Zahneingriffs gegenüberliegenden Stelle. Um dies zu ermöglichen, wird der Verzahnung nun eine dritte Eatonverzahnung überlagert, deren Teilung gleich der halben Teilung der ursprünglichen vollständigen Eaton-Verzahnungen ist. Die Mitte des Zahnformbogens dieser Eatonverzahnung fällt dabei jeweils mit der Mitte der "Dreieckzähne" zusammen und schneidet hierbei diesen die dreieckige Spitze ab. Dieses Abschneiden in aller Regel muß/in einer solchen Höhe erfolgen, daß die hierdurch entstehende Zahnkopffläche in Umfangsrichtung breit genug ist, um zu gewährleisten, daß gegenüber der Stelle tiefsten Zahneingriffs der vorseilende von zwei aufeinanderfolgenden

Hohlradzähnen frühestens dann außer Eingriff mit dem Ritzel kommt, wenn der folgende Hohlradzahn schon im Eingriff mit dem Ritzel ist.

Auf diese Weise ist beim Hohlrad der für die Dichtung an der der Stelle tiefsten Zahneingriffs gegenüberliegenden Stelle sehr vorteilhafte, flache, bogenförmige Zahnkopfverlauf der Eaton-Verzahnung auch bei der neuen Verzahnung gemäß der Erfindung vorhanden. Dadurch, daß die Zahnspitzen abgeschnitten werden, fällt der theoretische Überdeckungsgrad zwar unter den Wert Eins. In der Praxis hat dies jedoch bei der Verzahnung nach der Erfindung keinen störenden Einfluß, solange das Hohlrad nicht weniger als acht Zähne hat.

Ein weiteres wesentliches Kriterium der Verzahnung gemäß der Erfindung liegt darin, daß der Wälzkreis des Hohlrades im Bereich des "theoretischen" Zahnfußes des Hohlrades und dementsprechend der Wälzkreis des Ritzels im Bereich des "theoretischen" Zahnkopfes des Ritzels verläuft. Die Forderung in Bezug auf die Wälzkreise muß allerdings nicht genau erfüllt werden, sie sollte jedoch wenigstens angenähert erfüllt werden. Zumindest sollte der Wälzkreis des Hohlrades außerhalb des Kreises um den Hohlradmittelpunkt durch das untere Drittel der Zahnhöhe des Hohlrades verlaufen. Bei größeren Zähnezahlen kann der Wälzkreis des Hohlrades auch etwas außerhalb des Fußkreises des Hohlrades liegen. Das

gilt insbesondere für Zähnezahlen über zehn. Analog muß dann je nach dem, wo nun der Wälzkreis des Hohlrades genau liegt, der Wälzkreis des Ritzels ebenfalls um das entsprechende Maß nach innen oder außen verschoben werden. Dieses nach innen Verschieben der Wälzkreise kann erforderlich werden, wenn die Zähnezahl des Hohlrades klein wird, also z.B. bei acht Zähnen.

Durch die Bedingung, daß die Wälzkreise^{etwa}/gleich dem Fußkreis des Hohlrades bzw. dem Kopfkreis des Ritzels sein sollen, ist gewährleistet, daß die Zähne in den Bereichen zwischen der Stelle tiefsten Zahneingriffs und der gegenüberliegenden Stelle nicht mehr miteinander in Berührung kommen. Das Problem der sich verändernden Förderkammern zwischen jeweils zwei Zahnpaaren entfällt damit. Ebenso entfällt damit das Problem der unerwünschten Zwischenzahneingriffe. Die Erfindung ist gemäß obigem dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Zahnringpumpe der eingangs umrissenen Art die Zähne des Hohlrades angenäherte Trapezform mit konvex gewölbten Flanken und Köpfen aufweisen und ^{vorzugsweise} daß/der Wälzkreis des Hohlrades etwa mit dessen theoretischem Zahnfußkreis und der Wälzkreis des Ritzels etwa mit dessen theoretischem Zahnkopfkreis zusammenfällt.

Wenn hier von theoretischem Zahnfußkreis, theoretischem Zahnkopfkreis oder anderen "theoretischen" Parametern der Verzahnung gesprochen wird, soll durch das Attribut "theoretisch" zum Ausdruck gebracht werden, daß es sich hierbei

nicht notwendig um die entsprechenden tatsächlichen Parameter handelt, sondern um die Parameter, wie sie bei einer idealen, völlig spiel- und fehlerfreien Verzahnung ohne Kantenabrundungen entstehen.

Wenn auch bei der Erfindung, wie dies allgemein üblich ist, vorzugsweise die Zahnform vollständig symmetrisch ist, so kann dem Grunde nach auch eine unsymmetrische Zahnform verwendet werden. Das gilt insbesondere dann, wenn die Pumpe nur für eine bestimmte Drehrichtung ausgelegt ist. In diesem Falle sind dann die beiden Eaton-Verzahnungskonturen, welche die beiden Zahnflanken der Zähne definieren, nicht gleich.

Die Konstruktion einer Verzahnung nach der Erfindung ergibt sich ^{dann} relativ einfach. Ist einmal der Durchmesser und die gewünschte Zähnezahl des Hohlrades festgelegt, so ergibt sich aus der Forderung "Zähnezahldifferenz = eins" die Zahnhöhe. Nun läßt sich die theoretische Zahnkontur unter Zuhilfenahme entsprechender Kreisbögen oder Kurvenbögen entwerfen, wobei natürlich - wie bei jeder Eaton-Verzahnung - darauf zu achten ist, daß die entstehende Zahn-
lücke breit genug ist. Aus dem so geschaffenen theoretischen Hohlradprofil läßt sich das theoretische Ritzelprofil zeichnerisch - heute zumeist rechnerisch - ermitteln.

Nun müssen nur noch die Zahnluken jeweils geringfügig vertieft werden, damit die Zahnköpfe mit Sicherheit freigehen und am Fuß der Zahnluken keine besonders präzise Bearbeitung erforderlich ist.

Bevorzugt wird für das Hohlrad die Zahnform dahingehend bestimmt, daß die Erstreckung der Hohlradzähne und die Erstreckung der Hohlradzahnluken in Umfangsrichtung auf dem Kreis durch die halbe Höhe der Hohlradzähne gemessen etwa gleich ist. Aus dieser Bedingung ergibt sich die weitere Konsequenz, daß die theoretische Zahnkopfbreite der Hohlradzähne etwa gleich zwei Dritteln der theoretischen Breite der Zahnluke am Fuß ist. Eine solche Bemessung führt nicht nur zu einem am Pumpendurchmesser gemessen verhältnismäßig großen Fördervolumen, sondern auch zu steilen Zahnflanken.

Bevorzugt ist die Zahnkopfbreite (ohne die später zu erläuternde Abrundung) des Hohlrades das 0,65-fache bis 0,7-fache und die Breite der Zahnluke am theoretischen Fußkreis des Hohlrades (wiederum ohne die später zu erläuternde Abrundung) das 1,05- bis 1,1-fache der theoretischen Zahnhöhe des Hohlrades. Bewährt hat sich eine Ausbildung, bei welcher der Zahnkopfkrümmungsradius des Hohlrades etwa das 2- bis 2,4-fache, besser das 2,2 bis 2,3-fache der

theoretischen Zahnhöhe des Hohlrades beträgt. Ebenfalls besonders günstig wird die Konstruktion, wenn der Zahnflankenkrümmungsradius des Hohlrades etwa das 3,3- bis 3,7-fache, besser das 3,4 bis 3,6-fache der theoretischen Zahnhöhe des Hohlrades beträgt. Der Zahnflankenkrümmungsradius in diesem Sinne ist das gleiche wie der Krümmungsradius der ursprünglichen Eaton-Verzahnung durch deren Überlagerung und Versetzung um jeweils eine halbe Teilung dieser ursprünglichen Verzahnung die erfindungsgemäße Zahnflankenprofilierung erreicht wird.

Besonders einfach wird die Konstruktion, wenn die Zahnkopfwölbung des Hohlrades ein Kreisbogen ist, dessen Mittelpunkt auf der Radiuslinie des Hohlrades durch die Zahnmitte außerhalb des Zahnfußkreises liegt und die Zahnflanken des Hohlrades längs Kreisbögen verlaufen, deren Mittelpunkte jeweils außerhalb des Zahnfußkreises liegen. Anstelle von Kreisbögen können hier, wie weiter oben erläutert, auch andere Kurven mit nicht genau konstantem Radius treten. Die Kreisbögen haben jedoch den Vorteil der leichten theoretischen Erfassbarkeit wegen der Radiuskonstanz.

Entsprechend der eingangs gegebenen prinzipiellen Erläuterung der Erfindung liegen vorzugsweise jeweils die einander abgewandten Zahnflanken zweier benachbarter Zähne

auf einem gemeinsamen Kreisbogen. Diese Bedingung ist jedoch nicht unabdingbar, so können hier beispielsweise auch zwei Kreisbögen mit gleichem Radius aber verschiedenen Mittelpunkten vorgesehen sein, die sich auf der Linie durch die Mitte des Hohlrades und die Mitte der Zahnflanke zwischen den beiden benachbarten Zähnen schneiden.

Die Konstruktion wird wesentlich vereinfacht, wenn die Kanten zwischen den Zahnflanken und den Zahnköpfen des Hohlrades jeweils längs eines Kreisbogens abgerundet werden, der streitig sowohl in den die Zahnflanke definierenden Bogen als auch in den den Zahnkopf definierenden Bogen übergeht und einen Radius aufweist, der in der Größenordnung von einem Drittel der theoretischen Zahnhöhe des Hohlrades liegt. Hier hat sich ein Maß vom 0,3-fachen bis 0,33-fachen der theoretischen Zahnhöhe des Hohlrades bewährt. Macht man diesen Radius zu klein, so wird man gezwungen zur Vermeidung von Kerbwirkungen am Zahnfußritzel diesen verhältnismäßig tief auszunehmen. Macht man den Radius zu groß, so wird der Bereich gegenüber der Stelle tiefsten Zahneingriffes in dem die Zahnköpfe von Hohlrad und Ritzel einwandfrei aneinander anliegen, zu klein, und es besteht die Gefahr, daß hier pulsierend ein Ausgleich zwischen Saugraum und Druckraum entsteht. Bei der Konstruktion des Ritzels ab Abwälzfigur des Hohlrades ist die Kantenabrundung mit zugrunde zu legen.

In der Praxis ist die Zähnezahl einer Zahnringpumpe nach der Erfindung durch die Forderung nach einer großen Förderleistung der Pumpe und damit möglichst großen Zähnen nach oben beschränkt. Dementsprechend sollte die Zähnezahl des Hohlrades in der Regel nicht über 15 liegen. Besser liegt sie unter 13. Ein besonders günstiger Bereich liegt bei 10 bis 12 Zähnen des Hohlrades. Z.Zt. wird eine Zähnezahl des Hohlrades von 11 als optimal angesehen, um eine maximale Förderleistung der Pumpe bei gegebenem Durchmesser zu gewährleisten.

Nachfolgend ist die bevorzugte Ausführungsform der Erfindung anhand der Zeichnungen als erläuterndes Beispiel beschrieben.

Fig. 1 zeigt schematisch die Ansicht eines Hohlrades einer Eaton-Pumpe, von dem bei der Konstruktion einer Pumpe nach der Erfindung ausgegangen wird;

Fig. 2 zeigt schematisch die Konstruktion der erfindungsgemäßen Zahnform des Hohlrades;

Fig. 3 zeigt in gleicher Ansicht wie Fig. 1 den Laufradsatz der Pumpe nach der Erfindung;

Fig. 4 zeigt in stark vergrößertem Maßstab zur Hälfte den

Bereich tiefsten Zahneingriffs und läßt die wesentlichen Parameter der gezeigten bevorzugten Verzahnung erkennen.

Fig. 5 zeigt eine Zahnringpumpe nach der Erfindung stark schematisiert in einem Schnitt, der der Schnittlinie V - V in Fig. 3 entspricht.

Nachfolgend sei die Pumpe kurz anhand der Fig. 3 und 5 erläutert.

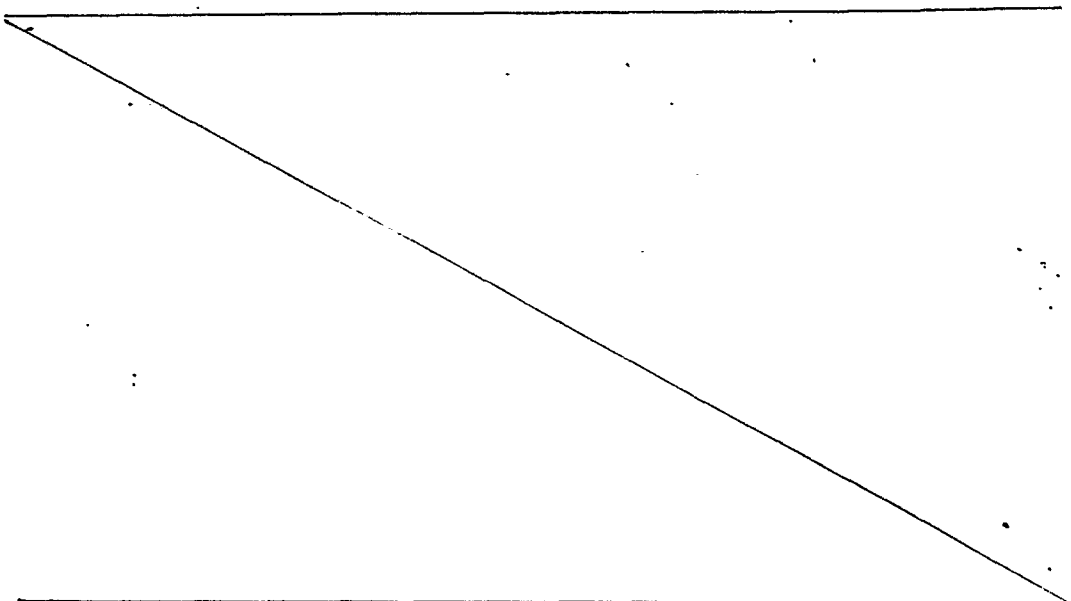
Die Pumpe besitzt gemäß Fig. 5 ein Gehäuse, welches eine erste linke Stirnplatte 18 und eine rechte Stirnplatte 19 aufweist. Zwischen beiden Stirnplatten erstreckt sich ein ringförmiges Gehäusemittelteil 20. Die drei Gehäuseteile definieren zwischen sich einen flach zylindrischen Hohlraum, in welchem das Hohlrad 10 mit seiner Außenumfangsfläche auf der Innenumfangsfläche des Gehäuseteils 20 gleitend gelagert ist. Durch eine zentrale Bohrung des rechten Gehäusestirnteils 20 erstreckt sich die das Ritzel 12 tragende Ritzelwelle 22, die, wie durch einen Keil 23 symbolisch angedeutet, drehfest mit dem Ritzel 12 verbunden ist. Auch in Fig. 3 sind so wie in Fig. 5 oben die Verzahnungen von Ritzel und Hohlrad voll im Eingriff, während unten die Zahnköpfe von Ritzel und Hohlrad gerade aufeinander gleiten.

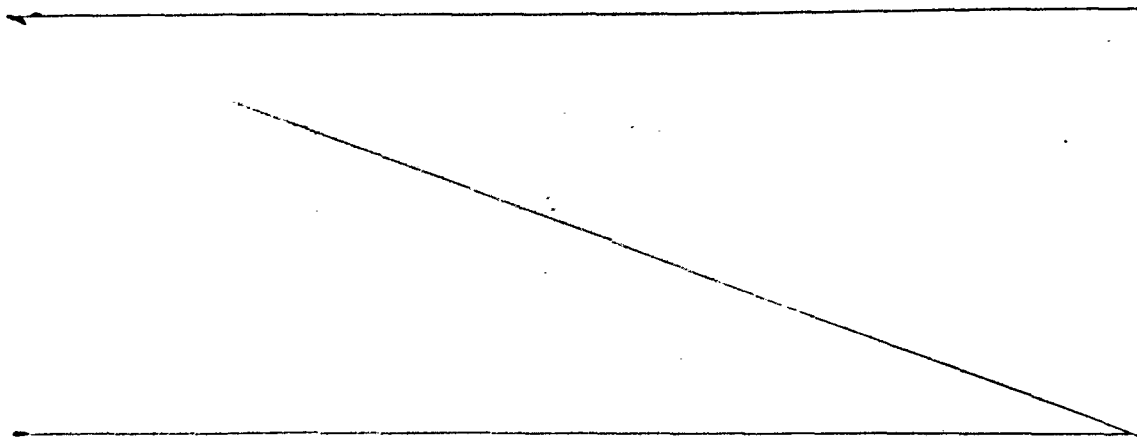
Im rechten Gehäusestirnteil 19 erstreckt sich die Ablauföffnung 16, während die Zulauföffnung 15 in dem in Fig. 5 vor der Zeichenebene liegenden Teil des Gehäusestirnteils 19 liegt. Von der Ablauf- oder Ausschuböffnung 16 verläuft, wie aus Fig. 5 ersichtlich, ein Anschlußkanal durch einen Stutzen 24.

Die drei das Gehäuse bildenden Teile 18, 19 und 20 sind durch gleichmäßig über den Umfang verteilte Schraubenbolzen 25 zusammengespant.

In Fig. 5 sind noch die Drehachse MR des Ritzels 12 und Drehachse MH des Hohlrades 10 eingezeichnet.

Nach-dem sich die Erfindung mit der Ausbildung der Verzahnung der Pumpe befaßt, ist der allgemein Aufbau derselben hier nicht mehr erläutert.





Bei der Konstruktion der Verzahnung nach der Erfindung wird von einer Eaton-Verzahnung ausgegangen, wie sie das Hohlrad 1 der Eaton-Pumpe gemäß Fig. 1 enthält. Hier hat jeder Zahn 2 im wesentlichen die Form eines Kreis-segments. Der Zahngrund fällt im wesentlichen mit dem Zahnfußkreis des Hohlrades 1 zusammen. Da die im Beispiel gezeigte Verzahnung elf Zähne aufweisen soll, besitzt das Hohlrad 1, das letztlich hier nur noch ein theoretisches Hilfsmittel zur Konstruktion der Erfindung ist, $5 \frac{1}{2}$ Zähne 2. Zeichnet man beim abgebrochenen Zahn 2a des Hohlrades den Zahnumriß wie dies in Fig. 1 gestrichelt geschehen ist weiter, so erhält man bereits die erfindungsgemäß angestrebte Versetzung der gleichen Zahnform um eine halbe Teilung.

Dies gilt jedoch nur bei der Konstruktion von Hohlrädern mit ungerader Zähnezahl. Soll ein Hohlrad gemäß der Erfindung mit gerader Zähnezahl konstruiert werden, so muß natürlich von einem Eaton-Hohlrad mit ganzer Zähnezahl ausgegangen werden.

Dementsprechend wird bei der Erläuterung der Erfindung anhand von Fig. 2 allgemein davon ausgegangen, daß die hier

von links oben nach rechts unten schraffiert gezeichnete Eaton-Hohlradkontur 1 eine unbestimmte Zähnezahl aufweist. Der Mittelpunkt dieses Hohlrades ist bei 3 gezeigt. Die Teilung t ist nur im Winkelmaß gezeigt. Begrenzt man jetzt den Zahnumriß der Hohlradkontur 1 zusätzlich durch die gleiche jedoch um eine halbe Zahnteilung versetzte Zahnkontur 2, die in Fig. 2 von rechts oben nach links unten schraffiert ist, so bleiben nur noch die die Form von gleichseitigen Dreiecken mit konvex ausgewölbten Flanken aufweisenden Zähne 6 übrig, die sowohl von rechts oben nach links unten als auch von links oben nach rechts unten schraffiert sind. Als letzter Schritt wird der so geschaffenen Zahnkontur eine dritte Hohlradkontur 7 überlagert, deren Teilung gleich der halben Teilung t der Konturen 1 und 5 ist. Die Hohlradkontur 7 ist in Fig. 2 von oben nach unten schraffiert. Die größte Höhe der Zähne der Hohlradkontur 7 ist geringer als die der Hohlradkonturen 1 und 5, so daß nach Überlagerung aller drei Hohlradkonturen ein Zahnprofil übrig bleibt, das in Fig. 2 von links oben nach rechts unten, von rechts oben nach links unten und senkrecht von oben nach unten schraffiert ist. Auf diese Weise wird im Prinzip die erfindungsgemäße Hohlradverzahnung gewonnen, die in ihrer Gesamtheit in Fig. 3 anhand des Hohlrades 10 gezeigt ist, dessen Zähne 11 die nach Fig. 2 gewonnene Form haben. Nun wird das Ritzel 12 für den Zahnradsatz gemäß Fig. 3 gewonnen, indem man den Fußkreis FH des Hohlrades 10 auf dem Kopfkreis

des Ritzels 12 abwälzt. Auf diese Weise entsteht eine Hüllfigur, die genau gleich dem theoretischen Umriß des Ritzels 12 ist.

Man erkennt, daß bei der Verzahnung gemäß Fig. 3 ein Antrieb des Hohlrades 10 durch das Ritzel 12 nur noch im Bereich tiefsten Zahneingriffes erfolgt. An der gegenüberliegenden Stelle gleiten nur noch die Zahnköpfe von höchstens 3 Zähnen des Hohlrades bzw. Ritzels aufeinander, während in den dazwischen liegenden Bereichen (rechts und links in Fig. 3 die Zähne des Ritzels von denen des Hohlrades vollständig freigehen. Auf diese Weise läßt sich die Zahnflankenkonstruktion optimal in bezug auf die Zahnradmechanik, wie spezifisches Gleiten, Flächenpressung und dergleichen einerseits, aber auch andererseits in bezug auf die Abdichtung an der Stelle tiefsten Zahneingriffes auslegen, während der Konstrukteur für die Ausbildung des Zahnkopfes nicht mehr an eine bestimmte Flankenkonstruktion gebunden ist, sondern die Zahnkopfwölbung ebenfalls so wählen kann, daß ein praktisch druckloses Gleiten der Zahnköpfe aufeinander gegenüber der Stelle tiefsten Zahneingriffes erreicht wird. In diesem Bereich ändern sich die hier geschlossenen Förderräume 14 zwischen je einer Zahn-
lücke des Ritzels und des Hohlrades praktisch nicht mehr, so daß ein gewaltsames Ausquetschen der Förderflüssigkeit aus den Förderräumen 14 praktisch nicht mehr auftritt. Im Bereich der Saugöffnung 15 und im Bereich der Druck-

Öffnung 16 verändern sich naturgemäß die Förderräume zwischen den Zähnen, jedoch sind diese Räume als Ganzes über dem Drehwinkel praktisch konstant, da sie nicht durch Zahneingriffe getrennt sind.

Bemerkenswert ist die große Länge der Ein- und Auslaßöffnungen, welche die Erfindung erlaubt. Jede Öffnung erstreckt sich über etwa ein Drittel des Umfangs. Das erlaubt hohe Drehzahlen. Für sehr hohe Drehzahlen von z.B. 6000 Upm oder mehr können die nierenförmigen Ein- und Auslässe gegenüber der Stelle tiefsten Zahneingriffs noch weiter verlängert werden.

In Fig. 4 ist die Konstruktion eines Hohlrades und eines Ritzels für den Zahnradsatz nach der Erfindung näher erläutert.

Das Hohlrad soll elf Zähne haben. Damit hat das Ritzel zehn Zähne. Als nächstes wird der Durchmesser des theoretischen Fußkreises FH des Hohlrades 10 gewählt, der, um ein Zahlenbeispiel zu geben, mit 66 mm angenommen wird. Der Fußkreis des Hohlrades ist auch dessen Wälzkreis; der Kopfkreis KR des Ritzels 12 dessen Wälzkreis. Damit wird die theoretische Zahnhöhe H des Hohlrades 6 mm. Als nächstes trägt man eine Teilung t des Hohlrades von dessen Mittelpunkt MH her im Winkelmaß sowie die halbierende h dieses Teilungswinkels auf. Dann trägt man um die halbierende des Teilungswinkels zu beiden Seiten auf dem Kopfkreis KH des Hohlrades: 10 das gewünschte Maß B für die theoretische Zahnkopfbreite ein, das hier beispielsweise bei etwa 4 mm liegt, sich also zu beiden Seiten der Winkel-halbierenden h um 2 mm erstreckt. Auf diese Weise ermittelt man zunächst die Schnittpunkte der Flankenkreise der Zähne mit dem Hohlradkopfkreis KH. Nun schlägt man um einen außerhalb von FH lie-

genden Punkt auf dem einen Begrenzungsstrahl der Winkelteilung einen Kreisbogen, welcher so zu bemessen ist, daß die theoretische Breite der Zahnücke am Fußkreis des Hohlrades etwa das 1,05- bis 1,1fache von H ist. Um dies zu erreichen, ist im gezeigten Ausführungsbeispiel der Radius r_o dieses Kreises mit 20,66 mm gewählt. Nun wird noch um einen Punkt außerhalb von FH auf der Linie h ein Kreis durch den Schnittpunkt von h mit KH geschlagen, dessen Radius so bemessen ist, daß eine an der Zahnhöhe gemessen vergleichsweise kleine Wölbung des Hohlradzahnkopfes entsteht. Im Ausführungsbeispiel wurde dieser Radius r_m mit rund 13,8 mm, also 2,3 H , gewählt.

Schließlich werden noch die Kanten zwischen dem Kopfkreis mit dem Radius r_m und den Flankenkreisen mit dem Radius r_o abgerundet. Hierzu ist im Ausführungsbeispiel ein Radius r_k von 1,9 mm gewählt, der stetig, also mit gemeinsamer Tangente, in den Zahnflankenkreisbogen und den Zahnkopfkreisbogen übergeht, wie dies aus Fig. 4 ersichtlich ist. Nun wird das Ritzel 12 als innere Hüllfigur konstruiert, die durch Abwälzen von FH auf KR oder umgekehrt entsteht. Die hierbei entstehende Ritzelzahnform ist in Fig. 4 gezeigt. Wie am besten links oben in Fig. 4 ersichtlich, füllt der Ritzelzahnkopf ZKR, dessen Kontur ja durch die Zahnköpfe des Hohlrades 10 geformt wird, die zunächst konstruierte Zahnücke des Hohlrades, deren Grund von FH gebildet wurde, bei weitem nicht aus. Da hierdurch störende Toträume geschaffen werden, wird der Zwickel Z zwischen FH und der Zahnkopfkurve ZKR, der in Fig. 4 schraffiert gezeichnet ist, nun so ausgefüllt, daß bei an der Stelle tiefsten Zahneingriffs befindlicher Zahnücke des Hohlrades nur noch ein Spiel von z.B. 0,04

bis $0,05 H$ zwischen der Zahnkopfkurve ZKR des Ritzels 12 und dem Zahnlückengrund des Hohlrades 10 verbleibt. Da an der Stelle tiefsten Zahneingriffs aufgrund der Konstruktion die Mitte der Zahnkopfkurve des Ritzels 12 den Grund der Zahnücke des Hohlrades 10 gerade berühren würde, wird an dieser Mitte vom Material des Hohlrades wie ebenfalls links oben in Fig. 4 angedeutet, eine geringe Materialmenge abgenommen, so daß der Zahngrund des Hohlrades nun durch die so gewonnene Linie HL begrenzt ist.

Da der Zahnlückengrund am Ritzel 12 aufgrund der Konstruktion des Ritzelumrisses an der Stelle tiefsten Zahneingriffs, also bei X in Fig. 4, am Zahnkopf des Hohlrades anliegen würde, wird vom Zahngrund des Ritzels ein geringes Maß abgenommen, so daß der Zahnkopf des Hohlrades auch an der Stelle tiefsten Zahneingriffs um ein Maß von beispielsweise $0,02$ bis $0,03 H$ frei geht. Damit ist die Konstruktion von Hohlrad und Ritzel beendet.

Zahnringpumpen nach der Erfindung eignen sich für die verschiedensten Zwecke. Insbesondere sind sie als Schmierölpumpen für Kraftfahrzeugkolbenmotoren geeignet, bei denen das Ritzel unmittelbar auf der Kurbelwelle und das Hohlrad in einem am Motorgehäuse festen Gehäuse sitzt. Überraschenderweise sind Zahnradpumpen nach der Erfindung in so starkem Maße unempfindlich gegen Schwankungen des Achsabstandes, daß

sie die an den Abmessungen der relativ kleinen Pumpe gemessenen großen Verlagerungen der Kurbelwelle einer Zylinderbrennkraftmaschine aushalten.

Die Anwendung der erfindungsgemäßen Zahnringpumpe ist jedoch nicht auf diesen Zweck beschränkt. Sie ist auch für die verschiedensten anderen Zwecke brauchbar, wie z.B. als Hydraulikpumpe.

Ende der Beschreibung.

P a t e n t a n s p r ü c h e :

1. Zahnringpumpe mit einem Gehäuse, einem im Gehäuse drehbar gelagerten innen verzahnten Hohlrad mit acht bis sechzehn Zähnen und einem von einer Antriebswelle getragenen einen Zahn weniger als das Hohlrad aufweisenden mit dem Hohlrad kämmenden Ritzel, wobei die Abdichtung zwischen Saugraum und Druckraum gegenüber der Stelle tiefsten Zahnradeingriffs durch Gleiten der Zahnköpfe des Ritzels auf den Hohlradzähnen und an der Stelle tiefsten Zahnradeingriffs durch Anlage der treibenden Zahnflanken des Ritzels an den Hohlradzähnen erfolgt, wobei ferner die Zahnköpfe des Ritzels in den Zahnlücken des Hohlrads freigehen und die Zahnform des Ritzels durch Abrollen desselben im Hohlrad definiert ist, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Zähne (11) des Hohlrades (10) angenäherte Trapezform mit konvex gewölbten Flanken und Köpfen aufweisen, vorzugsweise und daß/der Wälzkreis des Hohlrads (10) etwa mit dessen



theoretischem Zahnfußkreis (FH) und der Wälzkreis des Ritzels (12) etwa mit dessen theoretischem Zahnkopfkreis (KR) zusammenfällt.

2. Zahnringpumpe nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Erstreckung der Hohlradzähne (11) und die Erstreckung der Hohlradzahnluken in Umfangsrichtung auf dem Kreis durch die halbe Höhe (H) der Hohlradzähne gemessen etwa gleich ist.
3. Zahnringpumpe nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Zahnkopfbreite (ohne Abrundung) des Hohlrades (10) das 0,65- bis 0,7-fache und die Breite der Zahnluke am theoretischen Fußkreis (FH) des Hohlrades (10) (ohne Abrundung) das 1,05- bis 1,1-fache der theoretischen Zahnhöhe (H) des Hohlrades (10) beträgt.
4. Zahnringpumpe nach Anspruch 1 bis 3, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Zahnkopfkrümmungsradius (rm) des Hohlrades (10) etwa das 2- bis 2,4-fache, besser das 2,2- bis 2,3-fache der theoretischen Zahnhöhe (H) des Hohlrades (10) beträgt.
5. Zahnringpumpe nach Anspruch 1 bis 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Zahnflankenkrüm-

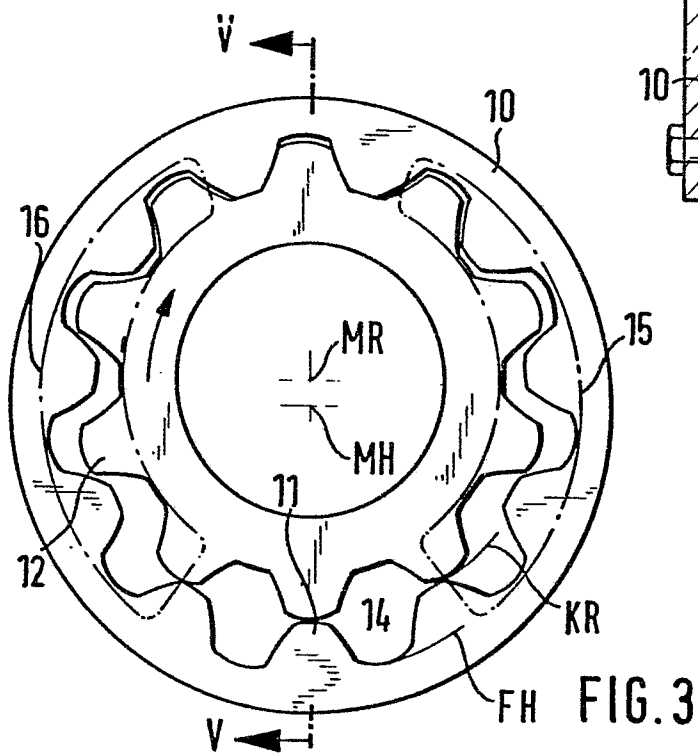
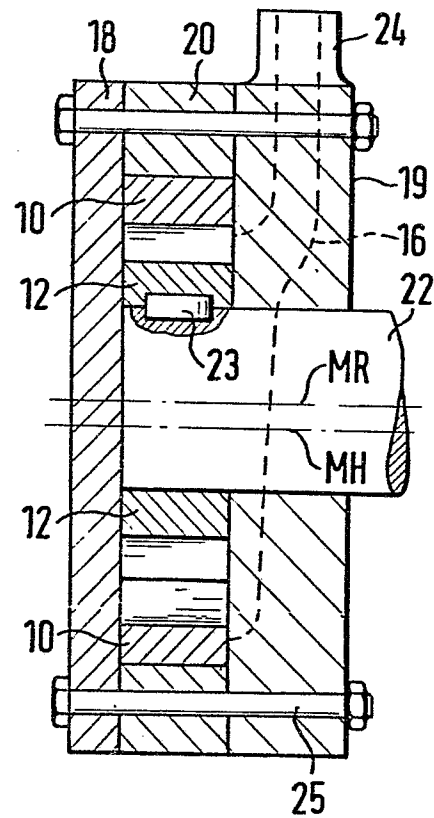
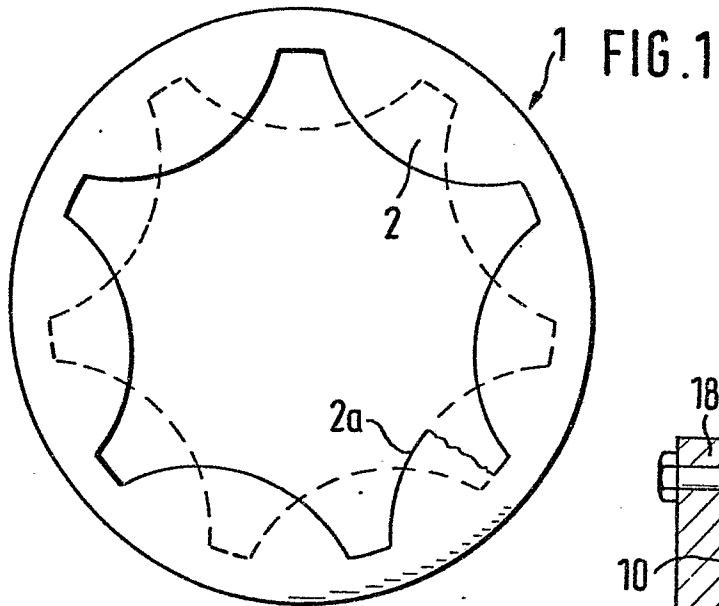
mungsradius (ro) des Hohlrades (10) etwa das 3,3- bis 3,7-fache, besser das 3,4- bis 3,6-fache der theoretischen Zahnhöhe (H) des Hohlrades (10) beträgt.

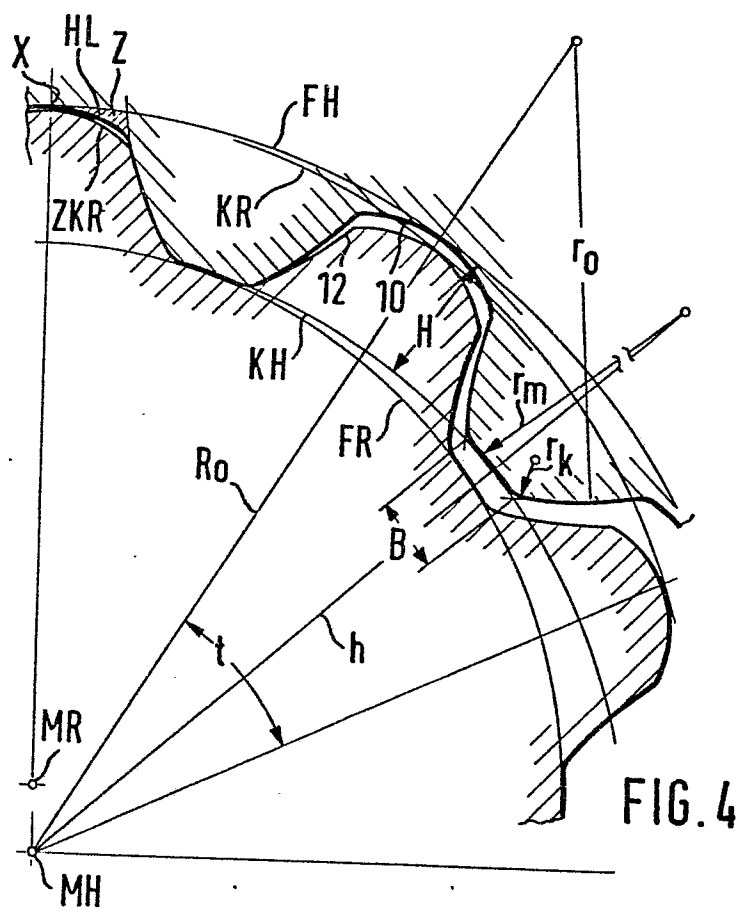
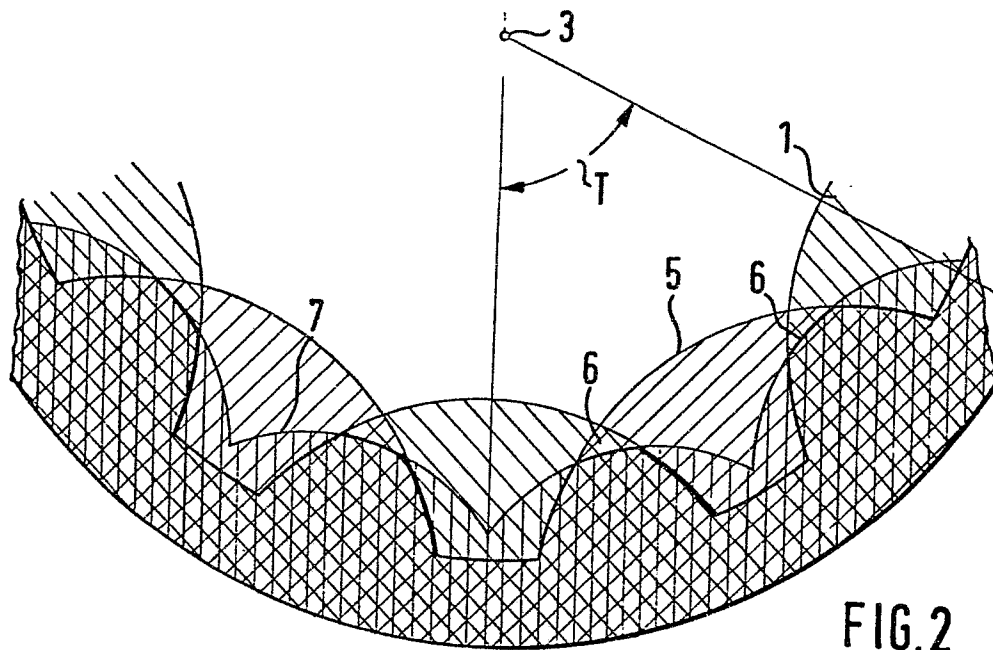
6. Zahnringpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 5, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Zahn-
kopfwölbung des Hohlrades ein Kreisbogen ist, dessen
Mittelpunkt auf der Radiuslinie (10) durch die Zahn-
mitte außerhalb des Zahnfußkreises (FH) liegt, und daß
die Zahnflanken des Hohlrades (10) längs Kreisbögen
verlaufen, deren Mittelpunkte jeweils außerhalb des Zahn-
fußkreises (FH) liegen.
7. Zahnringpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 6, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß jeweils
die einander abgewandten Zahnflanken zweier benachbar-
ter Zähne (11) des Hohlrades (10) auf einem gemeinsamen
Kreisbogen liegen.
8. Zahnringpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 7, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Kanten
zwischen den Zahnflanken und den Zahnköpfen des Hohl-
rades (10) jeweils längs eines Kreisbogens abgerundet
sind, der stetig sowohl in den die Zahnflanke defi-
nierenden Bogen als auch in den den Zahnkopf definieren-
den Bogen übergeht und einen Radius aufweist, der in der

Größenordnung von einem Drittel der theoretischen Zahn-
höhe (H) des Hohlrades liegt.

9. Zahnringpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 8, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß auch
der Grund der Zahnücke des Ritzels (12) frei gearbei-
tet ist.
10. Zahnringpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 9, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das Hohl-
rad (10) neun bis fünfzehn, besser elf bis dreizehn
Zähne hat.

- - - - -





[illegible]