

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 552 443 A1**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **92120410.3**

(51) Int. Cl.⁵: **F01C 1/10**

(22) Anmeldetag: **30.11.92**

(30) Priorität: **15.01.92 DE 4200883**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.07.93 Patentblatt 93/30

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI SE

(71) Anmelder: **Eisenmann, Siegfried A., Dipl.-Ing.**
Conchesstrasse 25
W-7960 Aulendorf(DE)

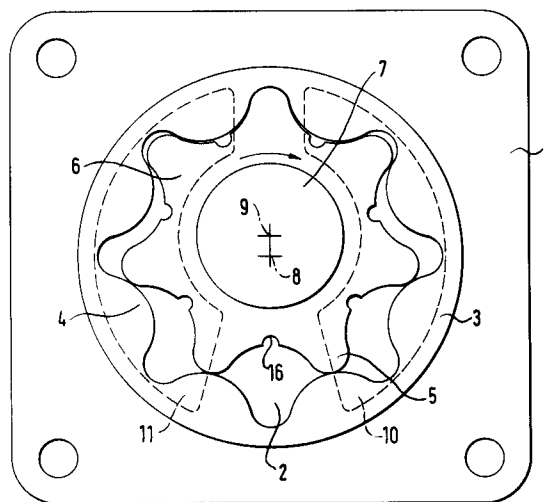
(72) Erfinder: **Eisenmann, Siegfried A., Dipl.-Ing.**
Conchesstrasse 25
W-7960 Aulendorf(DE)

(74) Vertreter: **Schwabe - Sandmair - Marx**
Stuntzstrasse 16
W-8000 München 80 (DE)

(54) **Zahnradmaschine.**

(57) Bei einer Zahnradmaschine, insbesondere bei einer Zahnringpumpe, mit innenverzahntem Zahnring (3), der mit einem nur einen Zahn (5) weniger aufweisenden Ritzel (6) kämmt, sind zur Geräuschverminderung die Ritzelzähne nur halb so breit wie die Innenzahnringzähne und die Zykloiden sind abgeflacht, um gegenüber der Stelle tiefsten Zahneingriffes trotz minimalen Spiels ein ausreichendes Freigehen der Zahnköpfe zu gewährleisten.

Fig. 1



EP 0 552 443 A1

Die Erfindung betrifft eine Zahnradmaschine für Flüssigkeiten oder Gase mit einem Gehäuse, welches eine Zahnradkammer enthält, die Zu- und Abflußöffnungen aufweist, mit einem in der Zahnradkammer angeordneten innenverzahnten Zahnring, und einem innerhalb des Zahnringes im Gehäuse drehbar angeordneten Ritzel, welches einen Zahn weniger als der Zahnring aufweist, mit diesem im Eingriff ist und bei Drehung zwischen seinen Zähnen und den Zähnen des Zahnringes umlaufende sich vergrößernde und verkleinernde Flüssigkeitszellen bildet, welche Flüssigkeit vom Zufluß zum Abfluß führen, wobei die Zahnköpfe des Ritzels und die Zahnlücken des Zahnringes die Form von Epizykloiden haben, die durch Abrollen eines ersten Rollkreises (generating circle) auf dem Wälzkreis (pitch circle) des Ritzels bzw. Zahnringes gebildet sind, wobei ferner die Zahnlücken des Ritzels und die Zahnköpfe des Zahnringes die Form von Hypozykloiden haben, die durch Abrollen eines zweiten Rollkreises auf dem Wälzkreis des Ritzels bzw. Zahnringes gebildet sind, und wobei schließlich der Radius des ersten Rollkreises anders ist als der des zweiten Rollkreises.

Die Zahnradmaschine gemäß der Erfindung kann sowohl als Pumpe für Flüssigkeiten oder Gase als auch als durch unter Druck stehende Flüssigkeiten oder Gase angetriebener Motor eingesetzt werden. Das bevorzugte Anwendungsgebiet der Erfindung ist jedoch der Einsatz als Flüssigkeitspumpe. In der nachfolgenden Beschreibung und auch in den Ansprüchen wird der Einfachheit halber lediglich von Flüssigkeit gesprochen. In den Ansprüchen soll der Ausdruck Flüssigkeit daher zugleich auch Gase umfassen.

Die nachfolgende Erläuterung der Erfindung erfolgt ausschließlich anhand einer Pumpe für Flüssigkeiten.

Die Zahnradmaschine gemäß der Erfindung kann eine solche sein, bei welcher der Zahnring fest im Gehäuse angeordnet ist, wobei dann das Ritzel um den Kurbelarm einer Welle umläuft, welche letztere zentral zur Innenverzahnung des Ritzels angeordnet ist. Bevorzugt ist die Maschine nach der Erfindung jedoch eine solche, bei welcher der Zahnring in der Zahnradkammer umläuft und das exzentrisch zur Achse des Zahnringes und der Zahnradkammer gelagerte Ritzel mit einer ortsfesten Welle oder um eine solche Achse rotiert. Ein Hauptanwendungsgebiet der Erfindung ist die Verwendung der als Innenzahnringpumpe ausgebildeten Maschine als Schmier- und Hydraulikflüssigkeitspumpe für Verbrennungsmotoren und automatische Getriebe, wo Förderdrücke bis maximal 30 bar auftreten können. Für diesen Einsatz, bei welchem das Pumpenritzel vorzugsweise in Verlängerung der Kurbelwelle des Motors bzw. der Hauptwelle des Getriebes angeordnet oder von dieser

Welle getragen ist, haben sich Innenzahnringpumpen als leise und schwingungsarme Pumpen bewährt. Die Anforderungen an die Laufruhe derartiger Pumpen steigen jedoch ständig infolge der immer besseren Laufruhe der Motoren und Getriebe.

Die meisten bekannten und realisierten Innenzahnradpumpen oder Zahnringpumpen für Verbrennungsmotoren und automatische Kraftfahrzeuggetriebe arbeiten mit Trochoidenverzahnungen, bei welchen die Zahnflanken des Hohlrades oder des Ritzels von Kreisbögen begrenzt werden und das Gegenrad durch schlupffreies Abrollen in der durch die Kreisbögen vorgegebenen Verzahnung des anderen Rades definiert ist.

Zahnradpumpen der durch die Erfindung verbesserten Art sind seit langem bekannt, beispielsweise durch die GB-PS 233 423 aus dem Jahre 1925, oder die ebenfalls aus den 20er-Jahren stammenden Veröffentlichung "Kinematics of Gero-tors" von Myron S. Hill. Eine moderne Anwendung der Zykloidenverzahnung für die oben erwähnte Verwendung in Verbrennungsmotoren und automatischen Getrieben ist in der DE-PS 39 38 346 des Anmelders beschrieben. Die Pumpe nach dieser deutschen Patentschrift nützt die vorzüglichen kinematischen Eigenschaften der eine vollständige Zykloidenkontur aufweisenden Zähne und Zahnlücken bei einer Innenzahnringpumpe mit der Zähnezahldifferenz eins aus, um den Zahnring mit seiner Verzahnung auf der des Ritzels zu lagern, welches von der Kurbelwelle des Motors bzw. Hauptwelle des automatischen Getriebes getragen ist. Auf diese Weise kann die relativ starke Radialbewegung der Kurbelwelle ausgeglichen werden, indem die Umfangslagerung des Zahnringes mit für diesen Ausgleich ausreichender Luft gewählt wird. Ebenso gut kann man auch den Zahnring mit geringem Spiel lagern und dann entsprechend großes Spiel zwischen der das Ritzel tragenden Welle und dem Ritzel vorsehen, wobei dann das Ritzel mit seiner Verzahnung in der des Zahnringes gelagert ist.

Derartige Pumpen stellen ein bevorzugtes Anwendungsgebiet der vorliegenden Erfindung dar. (Stimmt das?)

Für die unerwünschte Geräuschentwicklung und den damit verbundenen Wirkungsgradabfall der bekannten Pumpen sind in erster Linie Druckschwankungen, also Förderstropmpulsationen, verantwortlich sowie das Hämmern der Zähne in radialer und tangentialer Richtung aufeinander. Die Förderstropmpulsationen werden durch Quetschölldruckspitzen, die zu Schwingungen im Zahnradlaufsatz führen, verstärkt. Im gleichen Sinne wirken Kravitationsgeräusche, die in erster Linie durch das Zusammenbrechen von Flüssigkeitsdampfblasen im Bereich des Druckraums der Pumpe entstehen.

Die Erfindung hat sich insbesondere die Aufgabe gestellt, die bekannten Zahnringmaschinen leiser zu machen, also die Geräuschentwicklung zu verringern, was einen wesentlichen Vorteil beim Einsatz dieser Maschinen als Schmierölpumpen in Kraftfahrzeugantriebs- und Getriebeaggregaten mit sich bringt. Ein weiterer Vorteil der durch diese Geräuschverringerung erreicht wird, liegt in der Wirkungsgradverbesserung und eine Erhöhung der Lebensdauer der Zahnringmaschine.

Die Erfindung löst die Aufgabe gemäß den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 dadurch, daß die auf dem jeweiligen Wälzkreis gemessene Umfangserstreckung der durch Hypozykloiden begrenzten Ritzelzahnspitzen und Zahnringzähne das 1,5-fache bis 3-fache der auf dem jeweiligen Wälzkreis gemessenen Umfangserstreckung der durch Epizykloiden begrenzten Ritzelzähne und Zahnringzahnspitzen beträgt und daß die Epizykloiden und die Hypozykloiden um ein solches Maß zu ihren Wälzkreisen hin abgeflacht sind, daß die Summe der beiden Abflachungen dem erforderlichen relativ großen Radialspiel zwischen den Zahnköpfen an der Stelle gegenüber der Stelle tiefsten Zahneingriffs entspricht, während die Zahnräder an der Stelle tiefsten Zahneingriffs mit sehr geringem Spiel miteinander kämmen.

Das erstgenannte Merkmal läßt sich auch dahingehend formulieren, daß der Radius des die Hypozykloiden erzeugenden Rollkreises gleich dem 1,5-fachen bis 3-fachen Radius des die Epizykloiden erzeugenden Rollkreises ist.

Bei der Verringerung des Zahnringmaschinen-geräusches auf ein Mindestmaß geht die Erfindung davon aus, daß für die Förderstompulsationen - jedenfalls bei präziser Fertigung und geringem Spiel - bei Zahnringmaschinen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 in erster Linie der Verlauf des instantanen Verdrängungsvolumens verantwortlich ist. Dieser wiederum hängt in erster Linie ab von der Lage der Abdichtpunkte zwischen dem Druckraum und dem Saugraum der Maschine über dem Drehwinkel des Ritzels bzw. des Zahnrings. Theoretisch, also bei einer spielfreien vollkommenen Verzahnung, fallen die Abdichtpunkte mit den Schnittpunkten der Zahnflanken mit der Zahneingriffslinie zusammen. Dabei sind die Abdichtpunkte im Bereich über den Druck- und Saugöffnungen ohne Belang, da dort die durch die Abdichtpunkte getrennten Flüssigkeitszellen durch die Saug- und Drucköffnungen sowieso miteinander verbunden sind. Entscheidend ist also nur die Lage der Abdichtpunkte im Bereich tiefsten Zahneingriffs und im Bereich gegenüber dieser Stelle. Die theoretische Eingriffslinie setzt sich bei Zahnringmaschinen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 aus drei einander an der Schnittstelle der Wälzkreise und der Verbindungsgeraden der beiden Zahnrad-

mittelpunkte berührenden Kreisen zusammen, welche symmetrisch zur Verbindungsgeraden der beiden Zahnradmittelpunkte sind und von dieser Geraden halbiert werden.

Optimale Eingriffsverhältnisse im hier vor allem wichtigen Bereich tiefsten Zahneingriffs (in Fig. 1 oben) bietet die Zykloidenverzahnung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Das gilt allerdings nur dann, wenn das Spiel hier sehr gering ist. Der Verringerung des Zahnspiels sind allerdings unter anderem dadurch Grenzen gesetzt, daß es ohne übermäßigen technischen Aufwand für die Serienfertigung nicht möglich ist, ein gewisses Maß an Unrundheit des Zahnrings zu unterschreiten. Das hat zur Folge, daß nach dem Stand der Technik das Minimalspiel immer noch groß genug sein muß, um zu verhindern, daß eine metallische Berührung zwischen den Ritzelzahnspitzen und Ringzahnspitzen gegenüber der Stelle tiefsten Zahneingriffs (in Fig. 1 unten) erfolgt. Das zur Sicherstellung dieses Freigehens der Zähne voneinander gegenüber der Stelle tiefsten Eingriffs notwendige Spiel hat wiederum zur Folge, daß bei den bekannten Verzahnungen das "minimale Zahnspiel" immer noch verhältnismäßig groß ist. Das wiederum hat zur Folge, daß der Verlauf des Weges des Dichtpunktes im Bereich tiefsten Zahneingriffs vom theoretischen Verlauf erheblich abweicht. Um ein geringstmögliches Zahnspiel in diesem Bereich bei großem Zahnspiel im Bereich gegenüber zu ermöglichen, werden gemäß dem zweiten kennzeichnenden Merkmal des Anspruchs 1 entweder die zusammenwirkenden Zahnspitzen des Zahnrings und Zähne des Ritzels oder aber die zusammenwirkenden Zähne des Zahnrings und Zahnspitzen des Ritzels um ein solches Maß abgeflacht, daß die Zahnspitzen im Bereich gegenüber der Stelle tiefsten Zahneingriffs mit Sicherheit voneinander freigehen. Die Abflachung der Zähne bewirkt daher das relativ große Zahnspiel im Bereich gegenüber der Stelle tiefsten Zahneingriffs. Die Abflachung der Zahnspitzen um das gleiche Maß gleich die dadurch bewirkte Erhöhung des Zahnspiels im Bereich tiefsten Zahneingriffs wieder aus.

Man kann die Abflachung natürlich auch auf die beiden oben erwähnten Zykloidengruppen, also auf die Epizykloiden und die Hypozykloiden, verteilen. Einfacher ist es jedoch, wenn man sie auf eine der beiden Gruppen beschränkt.

Auf diese Weise können die Zahnräder im Bereich tiefsten Zahneingriffs mit tatsächlich minimalstem Spiel miteinander kämmen und sehr genau theoretische Höchstwerte annähern. Ein ungünstiger Einfluß der Abweichung der Dichtstellen zwischen miteinander kämmenden Zähnen im Bereich der Stelle tiefsten Zahneingriffs von dem theoretischen Verlauf wird dadurch auf ein Mindestmaß gebracht. Der negative Einfluß einer solchen

Abweichung auf die Förderstompulsation wird damit verringert.

In besonders hohem Maße wird jedoch die Förderstompulsation durch das gewählte Zahndickenverhältnis gemäß dem ersten Merkmal des Anspruchs 1 verringert. Wie umfangreiche Versuche gezeigt haben, ist die Förderstompulsation also die Schwankung des Durchsatzes pro Zeiteinheit nicht unabhängig von dem gewählten Zahnprofil, welches sich bei einer Zyklidenverzahnung besonders einfach durch die Veränderung des Verhältnisses der Zahndicken von Innenzahnring und Ritzel zueinander verändern läßt, ohne daß dadurch die Vorteile der Zyklidenverzahnung verloren gehen. Von dieser Tatsache macht das erste kennzeichnende Merkmal des Anspruchs 1 Gebrauch. Zeichnet man einmal die Schwankung des instantanen Verdrängungsvolumens, also den Quotienten aus der Differenz des maximalen Verdrängungsvolumens und des minimalen Verdrängungsvolumens und dem mittleren Verdrängungsvolumen über dem Verhältnis der Breiten von Hohlradszahn und Ritzelzahn zueinander auf, so ergibt sich ein Minimum im Bereich zwischen Zahnbreitenverhältnissen von 1,5 und 3 für die Ungleichförmigkeit des instantanen Verdrängungsvolumens.

Noch günstiger wird die Ausbildung, wenn man gemäß Anspruch 2 die Umfangserstreckung der Ritzelzahnlücken und Zahnringzähne 1,75- bis 2,25-mal so groß wählt wie die Umfangserstreckung der Ritzelzähne und der Zahnringzahnlücken.

Optimal werden die Bedingungen, wenn man gemäß Anspruch 3 die Ritzelzähne halb so dick wie die Zahnringzähne wählt, also den die Epizykloiden erzeugenden Rollkreis halb so groß macht wie den die Zypozykloiden erzeugenden Rollkreis.

Bevorzugt wird bei der Abflachung der Zahnprofile nur eine der beiden Gruppen von Zykliden, also entweder die Epizykloiden oder die Hypozykloiden, um das volle Maß des erforderlichen Spiels abgeflacht, während die Abflachung der anderen Zyklidengruppe gleich Null ist. Hier wird es wiederum bevorzugt, daß gemäß Anspruch 5 die Epizykloiden abgeflacht werden.

Bei der Abflachung ist es natürlich wesentlich, daß sowohl die Abflachung der Zahnlücken als auch die Abflachung der mit diesen Zahnlücken zusammenwirkenden Zahnköpfe dem gleichen mathematischen Gesetz gehorchen. Die Abflachung kann zum Beispiel dadurch bewirkt sein, daß die radiale Höhe der Zähne und die radiale Tiefe der mit diesen Zähnen zusammenwirkenden Lücken des Gegenrades um ein geringes Maß verkleinert wird, das von der Zahnmitte bzw. Zahnlückenmitte bis zum Schnittpunkt der Zahnkontur mit dem Teilkreis stetig bis auf Null abnimmt. Dies stellt jedoch eine Abweichung von dem an sich optimalen Zyklidenprofil dar. Am einfachsten wird die Abfla-

chung gemäß Anspruch 6 durch eine geringe radiale Verschiebung des die Zykliden jeweils beschreibenden Punktes vom Umfang des Rollkreises in Richtung zu dessen Mitte hin bewirkt. So wird eine Zyklidenkontur beibehalten.

Hierdurch entsteht zwar eine geringe Lücke in der Größenordnung eines winzigen Bruchteils eines Millimeters zwischen dem Anfangspunkt der abgeflachten Zyklide und dem entsprechenden Fußpunkt der nicht abgeflachten Zyklide auf dem Wälzkreis. Diese Lücke wird gemäß Anspruch 7 vorteilhaft dadurch überbrückt, daß der Anfangspunkt und der Endpunkt der abgeflachten Zyklide mit dem Anfangs- bzw. Endpunkt der nicht abgeflachten Zyklide auf dem Wälzkreis durch eine Gerade verbunden werden.

Da es sich bei der Abflachung der Zykliden ja nur um eine minimale Korrektur zur Verringerung des an sich schon möglichst gering gehaltenen Spiels handelt, genügt es, wenn gemäß Anspruch 8 die Summe der beiden Zyklidenverschiebungen (wobei die eine Verschiebung wie oben gesagt auch gleich Null sein kann und bevorzugt auch ist) in der Zyklidenmitte gemessen den 2000-sten bis 500-sten Teil des Wälzkreisdurchmessers des Zahnringes beträgt.

Bei relativ großen Zahnringdurchmessern wird man die genannte Summe mit einem 1000-stel bemessen, während man bei kleinen Zahnringdurchmessern bis auf ein 500-stel heraufgehen wird. Man erkennt hieraus, daß beispielsweise bei einem Zahnringwälzkreisdurchmesser von 100 mm die Summe der beiden Zyklidenabflachungen und damit auch der Abstände der Anfangspunkte der abgeflachten Zykliden von dem zugehörigen Wälzkreis sich nur in der Größenordnung von 0,1 mm bewegt.

Dennoch wird durch diese Abflachungen erreicht, daß im Bereich tiefsten Zahneingriffs die beiden Zahnräder fast spielfrei miteinander kämmen können, während gegenüber dieser Stelle ein Spiel in der Größenordnung von maximal 0,1 mm zwischen den Zahnspitzen freigehalten wird, das in bestimmten Drehlagen der Zahnräder zum Ausgleich von Unrundheiten des Zahnringes und gegebenenfalls auch des Ritzels an der Stelle geringsten Durchmessers des Zahnringes bis gegen Null gehen kann.

Wenn auch gemäß der Erfindung das Zahnspiel an der Stelle tiefsten Eingriffs äußerst gering sein kann, so kann es naturgemäß nicht gleich Null sein. Hier kann das erforderliche minimale Zahnflankenspiel in Umfangsrichtung durch eine äquidistante Zurücknahme der Zahnkontur bewirkt sein. Das Maß dieser Zurücknahme kann beispielsweise den 10^{-4} -fachen Durchmesser des Zahnringteilkreises betragen. Aus dieser Zahl erkennt man, wie gering das bei der Erfindung noch erforderliche

Zahnspiel ist.

Bei Zahnringmaschinen sinkt naturgemäß mit steigender Zahl der Zähne die Förderstompulsation; leider aber auch der Förderstrom selbst. Daher ist man bestrebt, die Zähnezahzahl in der Zahnringmaschine so niedrig wie möglich zu halten, ohne durch allzu niedrige Zähnezahzahl eine zu große Förderstompulsation und andere Nachteile einzuhandeln. Dementsprechend wird vorteilhaft die Zähnezahzahl des Ritzels zwischen 7 und 11 gewählt.

Um den Einfluß von abrupten Schwankungen des Druckes im Förderstrom von Flüssigkeitspumpen zu verhindern, welche durch das Zusammenbrechen von durch Kravitation entstandenen Dampfblasen im flüssigen Förderstrom entstehen können, wird gemäß Anspruch 11 vorteilhaft im Zahnstückgrund wenigstens und vorzugsweise des Ritzels je eine schmale Axialnut vorgesehen.

Gemäß Anspruch 12 sind die Nuten vorteilhaft etwa ein Viertel bis ein Sechstel des Rollkreisumfangs vorzugsweise ein Fünftel desselben breit.

Gemäß Anspruch 13 sind die Nuten vorteilhaft 2- bis 3-mal so breit wie tief.

Die Axialnuten im Grund der Ritzelzahnstücken gewährleisten einen gewissen Totraum ohne daß jedoch die optimale Ausfüllung der Zahnstücken durch die Zahnköpfe des Zahnringes und damit auch die optimale Führung der Zahnräder aneinander und damit die einwandfreie Dichtung zwischen den Zähnen in störendem Umfang beeinträchtigt wird. In dem so erzeugten Totraum können sich mit Dampf der Betriebsflüssigkeit gefüllte Kravitationsblasen und Quetschöl sammeln ohne daß die Blasen durch die Funktion der Pumpe bzw. des Motors beschleunigt zum Zusammenbrechen gezwungen werden. Da sich die Kravitationsblasen wegen ihrer geringen Masse unter dem Einfluß der Fliehkraft nahe dem Zahngrund des Ritzels sammeln, wird die an sich negative Totraumwirkung der gemäß der Erfindung vorgesehenen Nuten auf ein vernachlässigbares Restminimum verringert.

Die oben gegebenen Richtlinien für die Bemessung der Nuten gehen davon aus, daß zu schmale Nuten ein zu geringes Aufnahmevermögen haben, während zu tiefe Nuten die Festigkeit des Ritzels beeinträchtigen und zu breite Nuten wiederum das Zusammenwirken der Zahnradkonturen beeinträchtigen.

Gibt man den Nuten Rechteckprofil, so hat dies den Vorteil eines relativ großen Fassungsvermögens; gibt man ihnen ein stark gerundetes Profil, wie etwa ein Kreisbogenprofil, so hat dies den Vorteil einer geringstmöglichen Schwächung der Ritzelfestigkeit. Bei Rechtecknuten sind vorteilhaft die Kanten zwischen den Seitenwänden und dem Grund der Nuten ausgerundet, um Kerbwirkungen zu vermeiden. Auch die Kanten zwischen den Seitenwänden der Nuten und dem anschließenden

Zahnstückgrund werden vorteilhaft kantig ausgebildet, um die volle Tragfähigkeit des Zahnstückgrundes so weit wie möglich beizubehalten. Diese Kanten sollen dennoch nicht scharfkantig sein.

5 Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung sind die Nuten auch im Zahnstückgrund des Hohlrades vorgesehen. Hier können die Nuten zwar keine Kravitationsblasen, wohl aber Quetschöl aufnehmen, was in manchen Fällen von Vorteil ist. 10 Diese Nuten können meist kleiner gehalten werden als die im Zahnstückgrund des Ritzels.

Die Nuten können beispielsweise im Axialschnitt gesehen Kreisbogenprofil haben. Aus Fertigungsgründen wird es jedoch bevorzugt, daß die 15 Nuten über die ganze Zahnbreite mit konstantem Profil durchlaufen.

Die beschriebene Nutenanordnung kann natürlich auch mit Vorteil bei anderen Zahnradmaschinen als denen nach dem Anspruch 1 eingesetzt werden; sie eignen sich sogar auch für Zahnradma- 20 schinen mit Füllstück, bei welchen also die Zähnezahldifferenz größer als 1 ist.

Nachfolgend ist die Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert.

25 Fig. 1 zeigt schematisch die Ansicht auf eine Zahnringpumpe nach der Erfindung, wobei der Deckel weggelassen ist, so daß die Zahnradkammer mit den Zahnrädern erkennbar ist.

30 Fig. 2 zeigt eine vorteilhafte geometrische Konstruktion für die Abflachung der Zykloiden in vergrößertem Maßstab.

35 Fig. 3a zeigt die linke Hälfte einer idealen spielfreien Verzahnung gemäß der Erfindung an der Stelle des tiefsten Zahneingriffs in noch stärker vergrößertem Maßstab.

40 Fig. 3b zeigt eine ein reales Spiel aufweisende Verzahnung gemäß der Erfindung in gleicher Darstellung wie Fig. 3a.

45 Fig. 4 und 5 zeigen die Zahnräder der Pumpe gemäß Fig. 1 in verschiedenen Umlaufpositionen.

Fig. 6 zeigt die Abhängigkeit der Ungleichförmigkeit des instantanen Fördervolumens in Abhängigkeit vom Verhältnis der Hohlradzahnbreite zur Ritzelzahnbreite für eine Pumpe mit dem Zähnezahzahlverhältnis 7 : 8.

55 Die in Fig. 1 gezeigte Zahnringpumpe besitzt ein Gehäuse 1, in welchem eine zylinderförmige Zahnringkammer 2 ausgespart ist. Auf der Umfangsfläche der Zahnringkammer 2 ist mit seiner

zylindrischen Umfangsfläche der Zahnring 3 drehbar gelagert. Der Zahnring 3 besitzt acht Zähne 4. Diese Zähne kämmen mit den Zähnen 5 des Ritzels 6, welches drehfest auf einer das Ritzel antreibenden Welle 7 sitzt. Die Drehachse des Hohlrades 3 ist mit 8 bezeichnet; die des Ritzels 6 mit 9. Die Pumpe läuft wie durch den Pfeil angedeutet in Fig. 1 im Uhrzeigersinn um. Sie besitzt eine Ansaugöffnung 10 und eine Auslaßöffnung 11. Die Konturen dieser beiden Öffnungen liegen in Fig. 1 hinter den Zahnrädern und sind daher gestrichelt gezeigt.

Die Zu- und Abführkanäle zur Ansaugöffnung 10 und von der Auslaßöffnung 11 sind in Fig. 1 der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt.

Soweit bisher im Rahmen der Figurenbeschreibung erläutert, ist die Pumpe allgemein bekannt.

Bis auf die Abflachung der Zykloiden, das Verhältnis von Ritzelzahnbreite zu Innenzahnringzahnbreite und die Nuten 12 im Grunde der Ritzelzahn-lücken entspricht die dargestellte Pumpe einer Pumpe gemäß dem deutschen Patent Nr. 39 38 346 bzw. der US-Patentanmeldung S.N. 593 135 vom 5. Oktober 1990.

Ferner ist in Fig. 4 die Breite der Ritzelzähne BE, die im Bogenmaß auf dem Ritzelwäzlkreis TR gemessen wird, sowie die analog auf dem Innenzahnringwäzlkreis TH gemessene Breite BH der Innenzahnringzähne eingetragen. In Fig. 4 ist ferner die theoretische Eingriffslinie E eingetragen. Der in Fig. 4 obere Teil dieser Eingriffslinie ist in Fig. 3a noch einmal vergrößert zu erkennen. Diese Eingriffslinie stellt wie gesagt den Weg des Punktes dar, an dem sich bei Umlauf der Zahnräder die Konturen der Ritzelzähne und Innenzahnringzähne berühren.

Geht man von der in Fig. 3a und Fig. 5 gezeigten Position der Zahnräder aus, so befindet sich der Eingriffspunkt zunächst am Ort EO (Fig. 3a). Von dort wandert der Eingriffspunkt längs des Halbkreises E1 zum Wälzpunkt C, also zu dem Punkt, an dem sich die beiden Wälzkreise TH und TR auf der Verbindungslinie der Zahnradmitten 8 und 9 berühren. Von C wandert der Eingriffspunkt auf dem Kreis E3 in Pfeilrichtung. Hat der Eingriffspunkt den Scheitelpunkt dieses Kreises auf der Geraden durch EO und C erreicht, so befindet sich die Mittellinie des in Fig. 3a links erkennbaren Ritzelzahnes auf der Geraden EO-C. Nun wandert der Eingriffspunkt weiter längs der linken Hälfte des Kreises E3 wieder zum Punkt C, an dem sich nun die linke Flanke des in Fig. 3a links ersichtlichen Ritzelzahnes befindet. Gleichzeitig wandert der Eingriffspunkt zwischen der Epizykloide des Ritzelzahnkopfes und der Hypozykloide des Innenzahnringes längs des Astes E2 zwischen den beiden Wälzkreisen nach unten in den Bereich gegenüber der Stelle tiefsten Zahneingriffs und dann wieder nach oben zum Punkt C (siehe Fig. 4).

Von diesem theoretischen Verlauf der Eingriffslinie weicht die Eingriffslinie in der Praxis oder, genauer gesagt, der Weg der Dichtstelle zwischen zwei Zähnen jedoch beträchtlich ab wegen des Spiels und der Fertigungsungenauigkeiten.

In Fig. 3a erkennt man ferner, daß in dem dort dargestellten theoretischen Idealfall dann, wenn sich der Hohlradzahn mit seiner Mittellinie auf der Achsabstandslinie der beiden Zahnräder befindet, sich zwischen der nacheilenden Zahnflanke des Hohlradzahnes und der treibenden Flanke des Ritzelzahnes bei einer Zykloidenverzahnung nur ein außerordentlich dünner Restvolumenstreifen VR befindet. Dieser muß während des noch folgenden Drehwinkelbereichs bis zur Optimalstelle verdrängt werden, bis das Verdrängungsmaximum erreicht ist.

In der Praxis kann eine Verzahnung jedoch nicht ganz spielfrei laufen. Insbesondere ist deswegen ein relativ großes Spiel bisher erforderlich gewesen, weil im Bereich gegenüber der Stelle tiefsten Zahneingriffs in dem dort notwendigen Abdichtbereich zwischen Saug- und Drucknieren ein für die Dichtwirkung an sich unerwünschtes ausreichendes Zahnkropfspiel vorhanden sein muß, damit dort kein Hemmen und kein Hämmern der Zähne gegeneinander auftritt. Dieses erforderliche Laufspiel am in Fig. 1 unteren Abdichtpunkt führt auch bei der bekannten Zykloidenverzahnung an der Abdichtstelle im Bereich tiefsten Zahneingriffs zu einem unerwünscht großen Spiel. Die Erfindung erlaubt es nun, an der Stelle tiefsten Zahneingriffs tatsächlich mit minimalem Spiel auszukommen, ohne deswegen das erforderliche relativ große Zahnspiel im Bereich gegenüber der Stelle tiefsten Zahneingriffs zu beeinträchtigen. Die bevorzugte Möglichkeit zur Erzeugung der hierfür erforderlichen Abflachung der die Zahn-lücken- und Zahnkonturen bildenden Zykloiden ist in Fig. 2 übertrieben dargestellt. Dort ist der Teilkreis des zu korrigierenden Zahnrades mit T bezeichnet. Nachfolgend sei angenommen, daß dies der Teilkreis des Ritzels sei.

In Fig. 2 erkennt man ferner den Rollkreis RH. Rollt dieser von der Stelle Z0 auf dem Teilkreis ausgehend auf der Innenseite des Teilkreises ab, so beschreibt der anfangs auf dem Punkt Z0 gelegene Punkt Y1 des Umfanges des Rollkreises RH eine Zykloide FR, die hier die Zahn-lücke des Ritzels begrenzt. Verschiebt man nun auf dem Radius rH des Rollkreises RH den die Zykloide beschreibenden Punkt ein kleines Stück nach innen auf den Mittelpunkt des Rollkreises RH zu bis in die Position X1, so befindet sich dieser Punkt X1 zunächst in der Ausgangslage, bei welcher der Punkt Y1 in Z0 ist, in der Position Z1. Rollt nun der Rollkreis RH auf den Teilkreis T wieder nach links, so beschreibt der Punkt X1 ebenfalls eine Zykloide FR1,

deren Endpunkt allerdings in geringem Abstand vom Teilkreis liegen. Dieser Abstand entspricht in Fig. 2 dem Abstand Z1-Z0. In analoger Weise kann durch Abrollen des Rollkreises RE die Epizykloide FH, welche den Zahnkopf des Ritzels begrenzt, abgeflacht werden. In diesem Fall befindet sich der die abgeflachte Zykloide FH1 beschreibende Punkt X2 in der Ausgangsposition bei Z2. Auf diese Weise wurde sowohl der große links befindliche Ritzelzahngrund radial nach außen zum Teilkreis T hin verschoben, während die Ritzelzahnkontur von der Zykloide FH weg radial zum Teilkreis T hin abgeflacht wurde.

In der gleichen Weise werden die Zähne und Zahnücken des Innenzahnringes abgeflacht. Die Konstruktion erfolgt so wie eben beschrieben, nur daß dann der Teilkreis T der Teilkreis des Innenzahnringes ist und der Rollkreis RH die Zahnkontur und der Rollkreis RE die Zahnückenkontur erzeugt. Die abgeflachten Zykloiden beginnen und enden bei der erfindungsgemäßen Konstruktion in geringfügigem Abstand vom Teilkreis T. In Fig. 2 ist dies der Abstand Z1-Z2. Dieser Abstand kann einfach durch eine Gerade überbrückt werden, da er gegenüber der stark übertriebenen Darstellung der Fig. 2 sehr gering ist. Hat man die Zähne wie eben beschrieben konstruiert, so erhält man zunächst eine im Bereich tiefsten Zahneingriffs spielfreie ideale Verzahnung, die Fig. 3a entspricht, jedoch gegenüber dem Bereich tiefsten Zahneingriffs ein Zahnspiel SR hat, das in der Position von Fig. 5 der Summe der Strecken Z0-Z1 und Z0-Z2 entspricht. Bei der Festlegung des Zahnspiels im Bereich tiefsten Zahneingriffs braucht nun nicht mehr auf die Unrundheit des Innenzahnringes Rücksicht genommen zu werden, solange die Summe der beiden Verringerungen der Zahnhöhe von Ritzel und Innenzahnring groß genug ist, um eine metallische Berührung der Zähne im Bereich gegenüber der Stelle tiefsten Zahneingriffs mit Sicherheit zu verhindern. In der Praxis wird man natürlich nicht sowohl die Zähne des Ritzels als auch die des Hohlrades abflachen sondern lediglich nur eine dieser beiden Zahngruppen. Das ist einfacher. Jetzt kommt man tatsächlich mit einem nur noch minimalen Zahnspiel aus, das am einfachsten gewonnen wird, indem entweder die Kontur des Innenzahnringes oder die des Ritzels auf eine um einen oder wenige Hundertstel Millimeter hinter der gemäß Fig. 2 gewonnenen Zahnkontur FR1, FH1 liegende äquidistante Linie zurückgenommen wird. In Fig. 5 ist die so gewonnene Zahnradpaarung noch einmal dargestellt. Man erkennt hier, daß das Umfangszahnspiel SU nur einen kleinen Bruchteil des Spiels SR zwischen den Zahnköpfen im Bereich gegenüber der Stelle des tiefsten Zahneingriffs zu betragen braucht.

Fig. 3b zeigt die durch die Erfindung geschaffene Verzahnung in gleicher Darstellung wie Fig. 3a. Man erkennt hier, daß das minimale durch die Zurücknahme einer Zahnkontur um beispielsweise ein Tausendstel des Wälzkreisdurchmessers bewirkte Zahnspiel durch das Flüssigkeitsvolumen VR ausgefüllt ist. Das so erzeugte Spiel oder der so erzeugte Spalt zwischen den beiden Zahnrädern in der in Fig. 3b gezeigten Position bewirkt, daß die vom angetriebenen Ritzel ausgeübte Antriebskraft nicht, wie im theoretischen Fall, im Punkt E0 übertragen, sondern über eine recht große Fläche verteilt wird, die dadurch entsteht, daß der minimale Spalt mit Förderflüssigkeit gefüllt ist und diese Förderflüssigkeitspolster auf großer Breite die Antriebskraft überträgt. Bei den bisher nötigen großen Zahnspielen war die Anschmiegung der beiden Zahnkonturen aneinander sehr viel schlechter, so daß der Flüssigkeitsfilm nur auf wesentlich geringerer Breite trug und die Quetschölmenge wesentlich größer war. Die Berührung zwischen treibendem Ritzelzahn und getriebenem Hohlradzahn erfolgt bei der Erfindung großflächig, da die Dickenunterschiede der dünnen Förderflüssigkeitsschicht zwischen den beiden Zahnflanken so gering sind, daß der zum Abquetschen der Förderflüssigkeit aus dem Spalt in Fig. 3b nach links erforderliche Druck ausreicht, um die Drehmomentübertragung auf das Hohlrad zu bewirken. An die Stelle der in Fig. 3a gezeigten Eingriffslinie E1 ist jetzt die in Fig. 3b gezeigte von dem Kurvenbündel E1' bedeckte Fläche getreten.

Analog das gleiche was eben für das Zusammenwirken von Ritzelzahnücke und Hohlradzahn beschrieben wurde, gilt für das Zusammenwirken von Ritzelzahn und Hohlradzahnücke. Hier wird die Eingriffslinie E3 zur Eingriffsfläche E3'.

Eine kraftübertragende Zahnberührung findet im Bereich der Eingriffslinienteile E4 und E5 der Fig. 3a nicht mehr statt.

Diese wird durch das große Zahnspiel im Umlaufbereich außerhalb des Bereiches tiefsten Zahneingriffs verhindert. Lediglich der erste Teil des Astes E2 bleibt noch erhalten für ein kurzes Stück.

Fig. 3b läßt schließlich noch erkennen, daß durch die erfindungsgemäße Ausbildung mit minimalem Spalt VR zwischen den Verzahnungen in der in Fig. 3 gezeigten Position auch eine hervorragende Dichtung gewährleistet ist, da der verbleibende Spalt VR auf seiner ganzen Länge außerordentlich schmal ist.

Wie aus Fig. 2 und 4 erkennbar, ist bei der Erfindung die auf dem Teilkreis T des jeweiligen Zahnrades 3, 6 gemessene Umfangserstreckung der durch Hypozykloiden FR1 begrenzten Zahnköpfe 4 bzw. Zahnücken doppelt so groß wie die entsprechende Erstreckung der durch Epizykloiden FH1 begrenzten Zahnücken bzw. -köpfe 5. Mit

anderen Worten: der Rollkreis RH, der die Hypozykloiden FR1 beschreibt, soll einen etwa doppelt so großen Durchmesser haben wie der Rollkreis RE.

Ein besonderer Vorteil der Erfindung liegt noch darin, daß bei ihr praktisch keine radialen und tangentialen Beschleunigungen und Verzögerungen zwischen den beiden Zahnrädern auftreten.

Allgemein gilt, daß für das radiale Laufspiel also die Verkürzung der Zahnprofile, die auch im Bereich tiefsten Zahneingriffs wirksam wird, auf eine einen oder wenige Hundertstel Millimeter zurückliegende Äquidistante zur Zyklode oder zur abgeflachten Zyklode in der Regel ein Sechstel bis ein Drittel des Laufspiels im Bereich gegenüber der Stelle tiefsten Zahneingriffs genügt.

Aus obigem erkennt man schließlich, daß durch die erfindungsgemäße Spielverringerung ein besonderer Vorteil bei der Zahnradmaschine nach der deutschen Patentschrift Nr. 39 38 346 erreicht wird, bei welcher die Verzahnungen ineinander gelagert sind.

Wie Fig. 3b erkennen läßt, ist bei der Erfindung die Restquetschölmenge, die bei der Weiterdrehung der Verzahnung aus der in Fig. 3b gezeigten Position in eine Position bei welcher die Mittellinie des Ritzelzahnes auf der Achsabstandslinie deckt - jedenfalls bei einer Ölpumpe -, nicht wesentlich mehr als der dünne Ölfilm, der sich ohne übermäßig hohe Drücke überhaupt nicht mehr von der Oberfläche entfernen läßt. Mit anderen Worten: es muß kaum noch Quetschöl verdrängt werden, da die im Spalt verbleibende Ölmenge den dünnen das Spiel gerade ausfüllenden Ölfilm mengenmäßig kaum überschreitet.

Das verringert die Förderstompulsation ganz erheblich. Im gleichen Sinne wirkt die oben dargelegte erfindungsgemäße unterschiedliche Zahnkopfbreite. In Fig. 6 ist in der Abszisse das Verhältnis von Zahnbreite des Hohlrades zur Zahnbreite des Ritzels oder mathematisch ausgedrückt das Verhältnis des Durchmessers des die Hypozykloiden erzeugenden Rollkreises zum Durchmesser des die Epizykloiden erzeugenden Rollkreises aufgetragen. Die Ordinate zeigt den Ungleichförmigkeitsgrad des instantanen Fördervolumens A. Der Ungleichförmigkeitsgrad ist dann durch die Formel gegeben:

$$\delta = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{A_{\text{mittel}}}$$

Fig. 6 zeigt die Verhältnisse bei einem Zähnezahlverhältnis von 7 : 8, wie es in Fig. 1, 4 und 5 gezeigt ist. Fig. 6 zeigt mit der dort erkennbaren Kurve die Abhängigkeit des Ungleichförmigkeitsgrades des instantanen Fördervolumens vom Ver-

hältnis der Zahnbreiten. Dieses Verhältnis hat bei BH/BE = 2 ein ausgeprägtes Minimum. Dort liegt der Ungleichförmigkeitsgrad nur noch bei etwa 2,5 %, während er bei gleich breiten Zähnen mehr als 5 % beträgt. Auf diese Weise trägt das gewählte Zahnbreitenverhältnis gemäß der Erfindung ganz erheblich zu einer Verringerung der Förderstompulsation bei, die wiederum geräuschmindernd wirkt.

Um bei Zahnradmaschinen gemäß der Erfindung, die sich bereits durch geringe Schallentwicklung auszeichnen, die Lärmentwicklung auch bei höheren Drehzahlen wesentlich zu verringern, sind jeweils in der Mitte des Zahnlückengrundes des Ritzels 6 die Axialnuten 16 vorgesehen. Diese Nuten haben, wie aus der Zeichnung ersichtlich, Halbkreisprofil und gehen kantig aber nicht scharfkantig in die Zahnflächenoberfläche des Ritzels über.

Rotiert nun die Zahnradmaschine im Uhrzeigersinn, so sammeln sich die bei höherer Drehzahl entstehenden Kravitationsblasen in der Förderflüssigkeit aufgrund der Fliehkraft in den Nuten 16, wo sie mit nur minimalem Totraumeffekt über die Stelle tiefsten Zahneingriffs also den Wälzpunkt C hinweg in den Saugbereich transportiert werden. Ebenso können die Nuten hier Quetschöl aufnehmen. Wie Versuche gezeigt haben, wird hierdurch eine sehr beachtliche Geräuschverminderung und damit auch eine entsprechende Wirkungsgradaufbesserung erreicht.

Zur Aufnahme von Quetschöl können auch analoge Nuten jeweils im Zahnlückengrund des Innenzahnrades bei 17 vorgesehen sein. Diese Nuten sind in Fig. 5 gestrichelt angedeutet.

Patentansprüche

1. Zahnradmaschine (Pumpe oder Motor für Flüssigkeiten oder Gase) mit einem Gehäuse, welches eine Zahnradkammer (2) enthält, die Zu- und Abflußöffnungen (10, 11) aufweist; und mit einem in der Zahnradkammer (2) angeordneten innenverzahnten Zahnring (3) und einem innerhalb des Zahnrings (3) im Gehäuse (1) drehbar angeordneten Ritzel (6), welches einen Zahn (5) weniger als der Zahnring aufweist, mit diesem im Eingriff ist und bei Drehung zwischen seinen Zähnen (5) und den Zähnen (4) des Zahnrings (3) umlaufende sich vergrößernde und verkleinernde Flüssigkeitszellen bildet, welche Flüssigkeit vom Zufluß zum Abfluß führen; wobei die Zahnköpfe des Ritzels (6) und die Zahnflächen des Zahnrings (3) die Form von Epizykloiden (FH) haben, die durch Abrollen eines ersten Rollkreises (RE) auf dem Wälzkreis (T) des Ritzels (6) bzw. Zahnrings (3)

gebildet sind (Fig. 2);

wobei die Zahn­lücken des Ritzels (6) und die Zahnköpfe des Zahn­rings (3) die Form von Hypozykloiden (FR) haben, die durch Abrollen eines zweiten Rollkreises (RH) auf dem Wälzkreis (T) des Ritzels (6) bzw. Zahn­rings (3) gebildet sind (Fig. 2);

und wobei der Radius des ersten Rollkreises (RE) anders ist als der des zweiten Rollkreises (RH);

dadurch gekennzeichnet,

daß die auf dem jeweiligen Wälzkreis (TH, TR) gemessene Umfangserstreckung (BH) der durch Hypozykloiden (FR1) begrenzten Ritzel­zahn­lücken und Ring­zähne (4) das 1,5-fache bis 3-fache der auf dem jeweiligen Wälzkreis (TH, TR) gemessenen Umfangserstreckung (BE) der durch Epizykloiden (FH1) begrenzten Ritzel­zähne (5) und Ring­zahn­lücken beträgt; und

daß die Epizykloiden (FH1) und/oder die Hypozykloiden (FR1) um ein solches Maß zu ihren Wälzkreisen (TH, TR) hin abgeflacht sind, daß die Abflachung bzw. die Summe der beiden Abflachungen (Z0-Z1; Z0-Z2) dem erforderlichen relativ großen Radialspiel (SR) zwischen den Zahn­köpfen im Bereich gegenüber der Stelle tiefsten Zahneingriffs entspricht, während die Zahn­räder (3, 6) an der Stelle tiefsten Zahneingriffs mit weitaus kleinerem Spiel miteinander kämmen.

2. Zahnradmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Umfangserstreckung (BH) der Ritzel­zahn­lücken und Ring­zähne (4) das 1,75-fache bis 2,25-fache der Umfangserstreckung (BE) der Ritzel­zähne (5) und Ring­zahn­lücken beträgt. 35
3. Zahnradmaschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Umfangserstreckung (BH) der Ritzel­zahn­lücken und Ring­zähne das 2-fache der Umfangserstreckung (BE) der Ritzel­zähne und Ring­zahn­lücken beträgt. 40
4. Zahnradmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Zy­kloiden einer der beiden Gruppen von Zy­kloiden (Hypo­zykloiden (FR) und Epizykloiden (FH)) um das volle Maß des erforderlichen Spiels abgeflacht sind, während die Abflachung der Zy­kloiden der anderen Gruppe gleich Null ist. 45
5. Zahnradmaschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Epizykloiden (FH) abgeflacht sind. 50

6. Zahnradmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Abflachung der Zy­kloiden (FR, FH) durch eine geringe radiale Verschiebung des die Zy­kloiden jeweils beschreibenden Punktes vom Umfang des Rollkreises (RH, RE) in Richtung zu dessen Mitte hin bewirkt ist (Fig. 2). 5

7. Zahnradmaschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Anfangspunkt (Z1, Z2) und der Endpunkt jeder abgeflachten Zy­kloide (FR1, FH1) mit dem Anfangs- bzw. Endpunkt (Z0) der ursprünglichen nicht abgeflachten Zy­kloide (FR, FH) auf dem Wälzkreis (T) durch eine Gerade verbunden sind. 10

8. Zahnradmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Abflachung bzw. die Summe der beiden Zy­kloidenabflachungen in der Zy­kloidenmitte gemessen den 2000-sten bis 500-sten Teil des Durchmessers des Wälzkreises (TH) des Zahn­rings (3) beträgt. 15

9. Zahnradmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das an der Stelle des tiefsten Zahneingriffs erforderliche minimale Zahn­flankenspiel durch eine äquidistante Zurücknahme der Zahn­kontur bewirkt ist. 20

10. Zahnradmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Ritzel (6) sieben bis elf Zähne aufweist. 25

11. Zahnradmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 10 für Flüssigkeiten, dadurch gekennzeichnet, daß im Zahn­lückengrund wenigstens des Ritzels (6) schmale Axialnuten (16) vorgesehen sind. 30

12. Zahnradmaschine nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Nuten (16) etwa ein Viertel bis ein Sechstel des Umfangs des die Zahn­lücke erzeugenden Rollkreises (RH, RE) ein Fünftel desselben breit sind. 35

13. Zahnradmaschine nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Nuten zweimal bis dreimal so breit wie tief sind. 40

Fig. 1

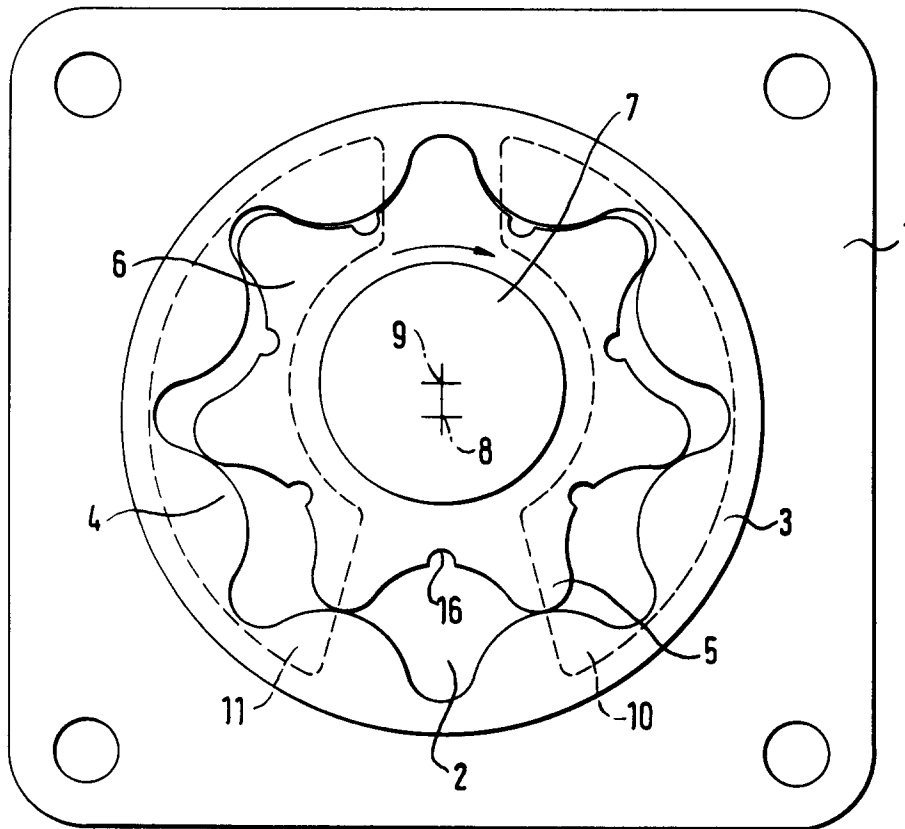


Fig. 2

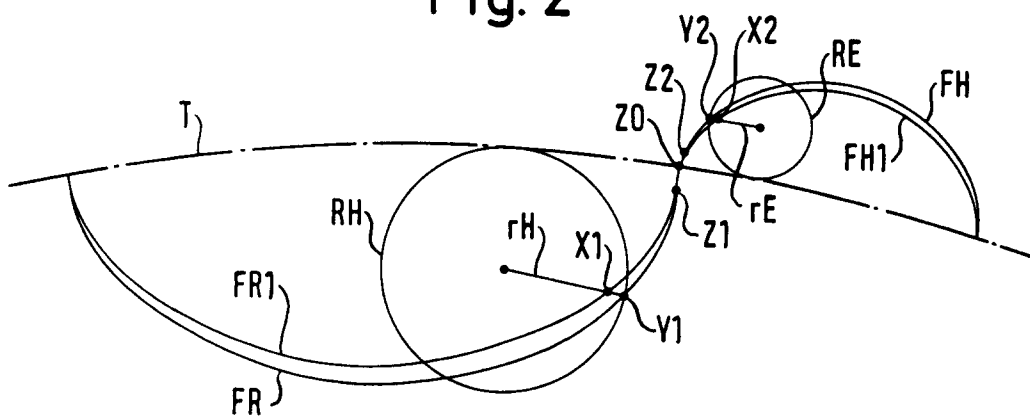


Fig. 3a

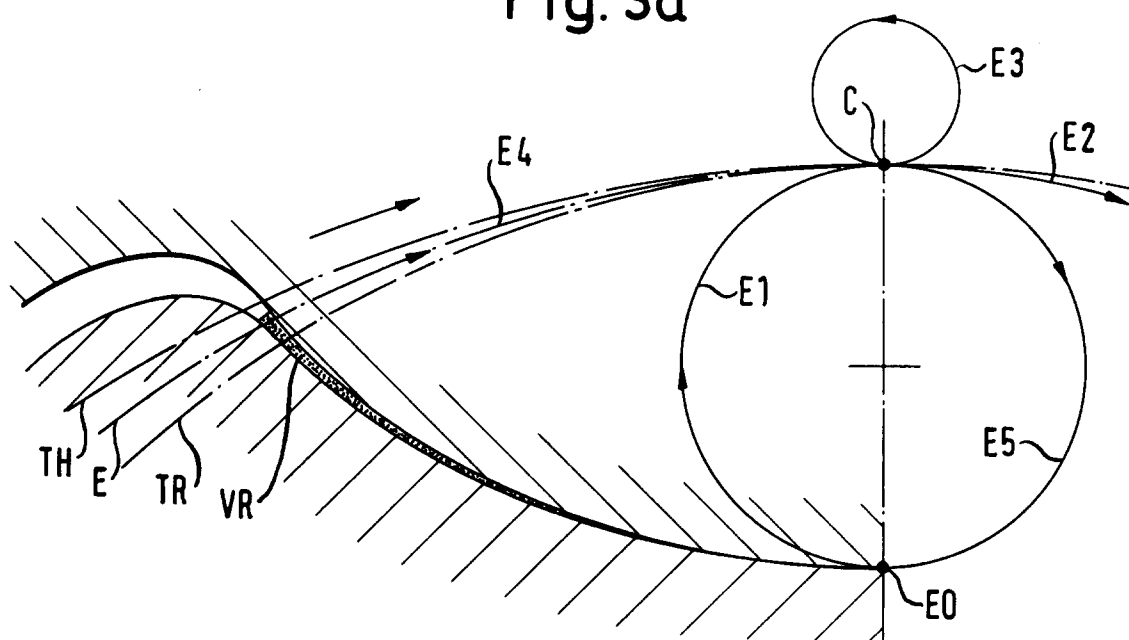
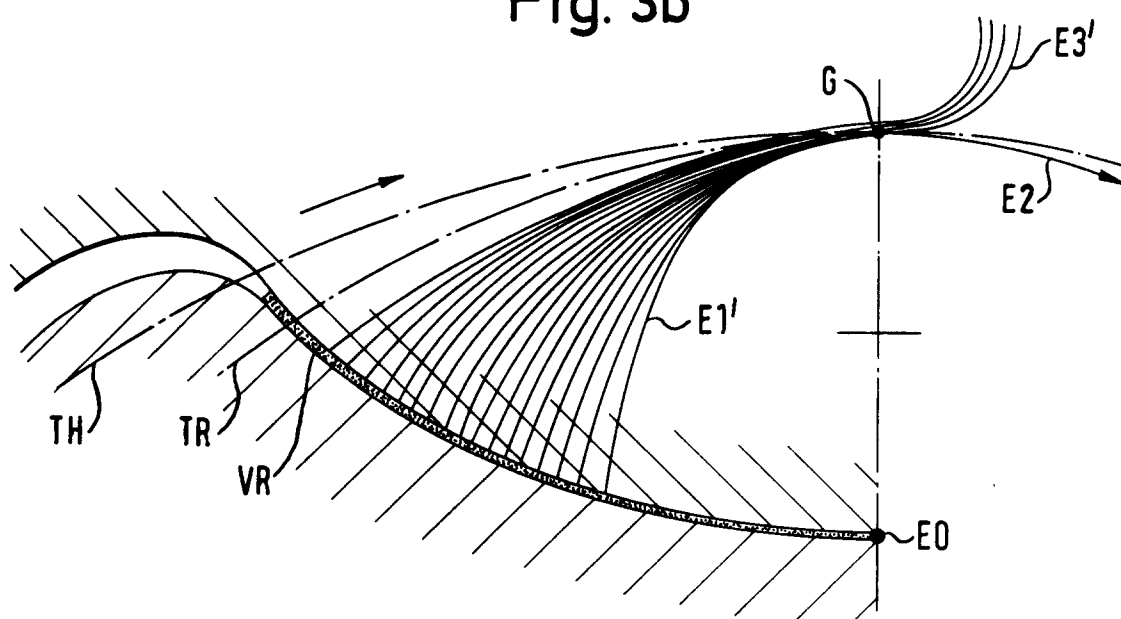
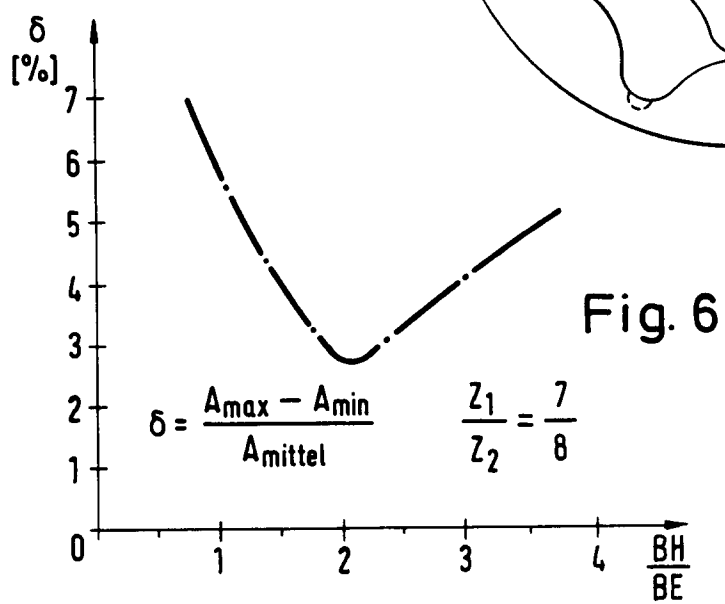
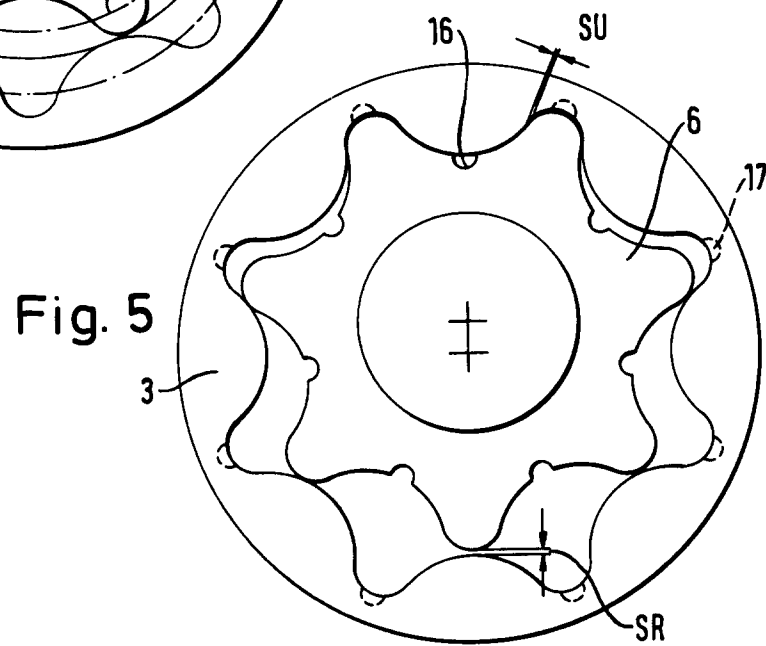
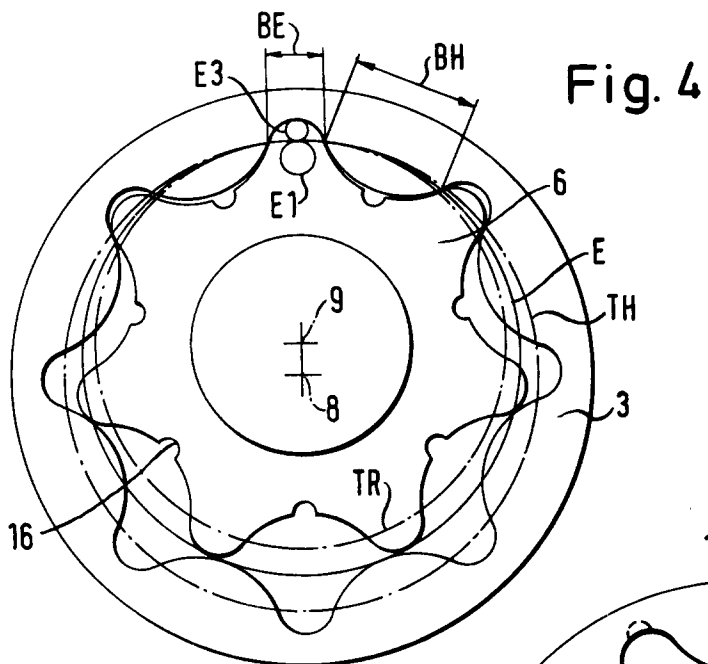


Fig. 3b







Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 92 12 0410

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A	GB-A-223 257 (DEHN) * Anspruch 5; Abbildungen 1,8 * ---	1,4,5,7,10	F01C1/10
A	US-A-4 976 595 (TANIGUCHI) * das ganze Dokument * ---	1	
D,A	DE-A-3 938 346 (EISENMANN) -----	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			F01C F04C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 07 MAI 1993	
		Prüfer CHRISTENSEN C. W.	
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 andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	