

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges  
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum  
30. August 2012 (30.08.2012)



W I P O I P C T



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2012/113768 AI

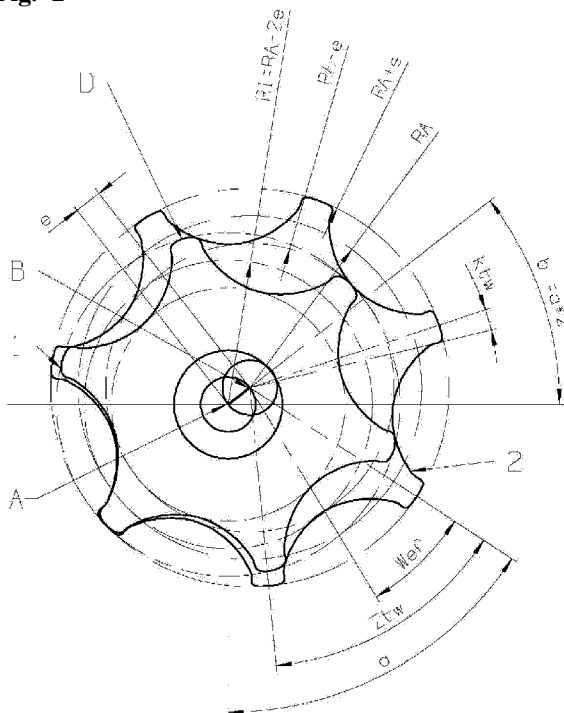
- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*F04C 2/08* (2006.01) *F16H 55/08* (2006.01)  
*F04C 2/10* (2006.01) *F16H 61/00* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/052894
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
21. Februar 2012 (21.02.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 201 1 000 880.2  
22. Februar 2011 (22.02.2011) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von *US*): **GERÄTE- UND PUMPENBAU GMBH DR. EUGEN SCHMIDT** [DE/DE]; Schwarzbacher Straße 28, 98673 Merbelsrod (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für *US*): **BLECHSCHMIDT, Andreas** [DE/DE]; Alte Strasse 24, 98544 Zella-Mehlis (DE).
- (74) Anwalt: **ENGEL, Christoph, K.**; engel patentanwaltskanzlei, Marktplatz 6, 98527 Suhl (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING THE TOOTH SHAPE OF THE INNER AND OUTER RING OF AN ANNULAR GEAR MACHINE AND TOOTHED RING PRODUCED BY MEANS OF SAID METHOD

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR ERZEUGUNG DER ZAHNFORM VON INNEN- UND AUSSENRING EINER ZAHNRINGMASCHINE SOWIE DAMIT ERZEUGTER ZAHNRING

Fig. 2



(57) Abstract: The invention relates to a method for producing the tooth shapes of two toothed rings of an annular gear machine. For this purpose, a starting geometry of a first toothed ring, at least one quality criterion of the annular gear machine, and a desired eccentricity (e) between the rotational axes (A, B) of the two toothed rings are defined. Subsequently a motion is carried out with the defined starting geometry, wherein the starting geometry carries out a rotational motion about its own rotational axis (B) and at the same time a revolving motion about the rotational axis (A) of the second toothed ring and wherein the rotational motion and the revolving motion are coupled to each other in such a way that the rotational angle (b) of the eccentricity (e) is always equal to the product of the rotational angle (a) of the first toothed ring and the tooth count (Z) of the first toothed ring. A tooth shape contour of the second toothed ring is generated by recording the path described by the envelope of the starting geometry. It is then checked whether the defined quality criterion, with the starting geometry and the recorded tooth shape contour, is met. If the quality criterion is not met, the previously used starting geometry and/or the defined eccentricity (e) is/are changed and the preceding Steps are repeated.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/113768 A1

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Erklärungen gemäß Regel 4.17:**
- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*
- Veröffentlicht:**
- *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

---

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung der Zahnformen von zwei Zahnringen einer Zahnringmaschine. Dafür werden eine Startgeometrie eines ersten Zahnrings, mindestens eine Gütekriterium der Zahnringmaschine sowie eine gewünschte Exzentrizität (e) zwischen den Drehachsen (A, B) der beiden Zahnringe festgelegt. Nachfolgend wird eine Bewegung mit der festgelegten Startgeometrie ausgeführt, wobei die Startgeometrie eine Drehbewegung um die eigene Drehachse (B) und gleichzeitig eine Umlaufbewegung um die Drehachse (A) des zweiten Zahnrings ausführt und wobei Drehbewegung und Umlaufbewegung so miteinander verkoppelt sind, dass der Rotationswinkel (b) der Exzentrizität (e) stets gleich dem Produkt aus dem Rotationswinkel (a) des ersten Zahnrings und der Zähnezahl (Z) des ersten Zahnrings ist. Durch Aufzeichnen des von der Hüllkurve der Startgeometrie beschriebenen Weges wird eine Zahnformkontur des zweiten Zahnrings generiert. Daraufhin wird geprüft, ob mit der Startgeometrie und der aufgezeichneten Zahnformkontur das festgelegte Gütekriterium erfüllt wird. Ist dies nicht der Fall, werden die zuvor verwendete Startgeometrie und/oder die festgelegte Exzentrizität (e) verändert und die vorhergehenden Schritte wiederholt.

Verfahren zur Erzeugung der Zahnform von Innen- und Außenring  
einer Zahnringmaschine sowie damit erzeugter Zahnring

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung der Zahnformen sowohl des Innenrings als auch des Außenrings einer Zahnringmaschine (auch als Gerotor bezeichnet), insbesondere einer Zahnringpumpe. Außerdem betrifft die Erfindung  
10 einen Zahnring einer Zahnringmaschine, der eine solche Verzahnung aufweist.

15

20

25

30

Zahnringmaschinen (Gerotormaschinen) besitzen einen Innenring und einen Außenring, die jeweils mit regelmäßig am Umfang verteilten Zähnen und Zahnluken versehen sind. Die Drehachsen des Innenrings und des Außenrings sind exzentrisch zueinander versetzt. Der Innenring besitzt üblicherweise genau einen Zahn weniger als Zahnluken an der Innenverzahnung des Außenrings vorgesehen sind. Heutzutage werden Zahnringmaschinen häufig  
als Zahnringpumpen verwendet, beispielsweise in Fahrzeugen als Hauptpumpe des Verbrennungsmotors. Der durch Zahnluken und Gehäusewände gebildete Verdrängungsraum ändert sich mit der Drehung der Zahnräder, so dass die Förderung der Hydraulikflüssigkeit bewirkt wird. Das Fördervolumen pro Umdrehung ist  
dabei konstant. Die Zähne des außen verzahnten Innenrings werden dabei üblicherweise nach diversen Bildungsvorschriften des Abrollverhaltens vom Außenring gebildet. Eine solche bekannte Bildungsvorschrift ist z.B. die Bewegung der Erzeugungskontur nach den Gesetzen von zyklodischen Rollkurven an  
einem festgelegten Teilkreis.

Auf das Förderverhalten, den Wirkungsgrad, die Laufruhe und den Verschleiß einer Zahnringmaschine haben die gewählten

Geometrien erheblichen Einfluss. Bei der Konstruktion lassen sich insbesondere die Zahnformen, die Exzentrizität der Drehachsen der beiden Zahnringe und das zwischen einzelnen Zahnabschnitten verbleibende Spiel gestalten, ohne unmittelbare  
5 Abhängigkeit von den äußeren Bedingungen, die durch die angeschlossene Antriebseinheit vorgegeben werden.

Aus der US 3,709,055 sind Zahnprofile für Zahnräder bekannt, die kreisförmige Zahnköpfe und kreisförmige Zahnfußprofile  
10 aufweisen, welche über gerade Flanken miteinander verbunden sind. Aus dieser Patentschrift ist auch ein Verfahren bekannt, um derartige Zahnprofile zu erzeugen, die beispielsweise in Zahnringmaschinen verwendet werden können. Mit der dort vorgeschlagenen Methode gelingt es jedoch nicht oder allenfalls in  
15 sehr engen Grenzen, ein wesentliches Ziel einer Zahnringmaschine zu erreichen, nämlich im Bewegungsablauf zwischen den beiden Zahnringen jederzeit eine geometrisch geschlossene Förderzelle auszubilden. Letzteres ist von besonderer Bedeutung für den Wirkungsgrad der Zahnringpumpe und die erreichbaren Drücke.  
20

In der US 2,960,884 sind ebenfalls Zahnringmaschinen und Möglichkeiten zur Bestimmung der Zahngeometrie beschrieben. Die angegebene Zahngenerierungsmethode ist schwerpunktmäßig  
25 geeignet, einen evolventenähnlichen Bewegungsablauf zwischen funktional gekoppelten Zahngeometrien zu erreichen. Das oben genannte Hauptziel einer Zahnringmaschine, nämlich die im Bewegungsablauf gleich bleibende Dichtheit der Förderzelle über den gesamten Drehwinkel, lässt sich mit dieser Methode  
30 nur eingeschränkt erreichen.

In der JP 10-205458 A ist ein Verfahren zur Bestimmung der Zahngeometrie einer Zahnringpumpe angegeben. Dazu wird der

Zahn eines Außenrings durch gekoppelte Kreisbögen beschrieben, woraufhin die Innenringverzahnung erzeugt werden kann. Die Definition von besonderen Geometrien der Verzahnungen mit Hinterschnitten oder beispielsweise zur Absenkung der Hertz-  
5 sehen Pressung ist durch die Beschränkung auf die Beschreibung der Zahnform mittels definierter Anzahl Kreisbögen nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich.

Aus der EP 1 340 913 B1 und der DE 102 08 408 A1 ist eine  
10 Zahnradmaschine bekannt, die als Zahnringpumpe Verwendung findet. Dabei ist es vorrangiges Ziel, die Geometrie der Zahnräder zu optimieren, um die Geräusche im Betrieb der Pumpe zu verringern. Die verwendeten Zahnköpfe und Zahnfüße besitzen dafür eine Geometrie, die durch Kurven zweiter oder höherer  
15 Ordnung beschrieben sind, wobei die Zahnfüße oder die Flanken der Zahnfüße von Kreisbögen gebildet werden. Für die Bestimmung der Profilkonturen der Verzahnungen wird vorgeschlagen, die Innenverzahnung des Außenrotors als Masterverzahnung vorzugeben. Die Zahnfußprofilkontur des Innenrotors wird aus  
20 der Zahnkopfprofilkontur der Innenverzahnung kinematisch nach dem Verzahnungsgesetz abgeleitet, während die Zahnkopfprofilkontur aus den Hüllschnitten der Zahnfußprofilkontur der Innenverzahnung erhalten wird. Die Stützstellen der die Zahnfüße der Außenverzahnung darstellenden Polygonzüge werden mit  
25 dem Verzahnungsgesetz ermittelt, während die Stützstellen der die Zahnköpfe der Außenverzahnung darstellenden Spline-Funktionen mit einer Hüllschnittmethode ermittelt werden. Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass die Zahnformen, die auf diese Weise erzeugt werden können, zu Beschränkungen bezüglich  
30 Wirkungsgrad und Strömungsbedingungen in der Zahnringmaschine führen. Ebenfalls nachteilig wirkt sich die starre Definition der Fußausrundung aus, die z.B. beschränkend für die Ausformung eines Schmutzaufnahmeraums wirkt.

Die US 5,030,072 zeigt ein Verfahren zum Entwurf der Zahnform einer Zahnringmaschine, bei welchem zunächst ein radialer Nockenabstand festgelegt wird, um anschließend einen Nockenradius iterativ zu verändern, bis ein Einzelpunktabstand und ein Doppelpunktabstand dem festgelegten Nockenabstand gleichen .

Die DE 30 26 222 AI zeigt eine Zahnringpumpe, bei welcher die theoretische Zahnform des Ritzels durch Abwälzen des Ritzelwälzkreises auf dem Hohlradwälzkreis bestimmt ist. Dabei wird zum Entwurf der Zahnform des Ritzels von einer bestimmten Form der Verzahnung ausgegangen. Das Verfahren ist nur für diese besondere Zahnform anwendbar.

Die US 2,666,336 zeigt ein Verfahren zum Entwurf von Verzahnungen von Rotoiden, welche im Gegensatz zu Gerotoren (Zahnringmaschinen) andere Zahnverhältnisse aufweisen. Als Ausgangspunkt dienen ein äußerer Kreis mit dem Durchmesser A und ein Ritzel-Kreis mit dem Durchmesser B, aus denen sich die Exzentrizität E ergibt.

In dem Artikel „Design of deviation-function based gerotors“, Shih-Hsi Tong et. al., Mechanism and Machine Theory 44 (2009) 1595-1606, wird ein neuartiges Verfahren zur Erzeugung von Gerotorprofilen erläutert. Dieses Verfahren basiert auf der Verwendung von Abweichungsfunktionen, erfordert jedoch aufwendige Berechnungen und Konstruktionsschritte und kann insbesondere bei Hinterschnitten zu Dimensionierungsproblemen führen.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht ausgehend vom Stand der Technik darin, ein Verfahren zur Erzeugung der Zahn-

formen von Innen- und Außenring einer Zahnringmaschine, insbesondere einer Zahnringpumpe anzugeben, welches einfach auszuführen ist, kein tieferes Wissen über mathematische Zusammenhänge voraussetzt und dem Konstrukteur einen großen Dimensionierungsspielraum bereitstellt, um unterschiedlichste Anforderungen an die zu erzeugende Zahnringmaschine erfüllen zu können. Dabei wird angestrebt, auf die bislang übliche Beschreibung der Zahnkonturen durch Zykloiden, Ellipsen, Evolventen, Kreisbögen oder ähnliche mathematisch einfach zu beschreibende Kurvensegmente verzichten zu können, da diese die möglichen Geometrien der Zahnformen beschränken. Gleichzeitig sollen die zu erzeugenden Zahnformen mit derzeit zur Verfügung stehenden technischen Hilfsmitteln, beispielsweise CAD- und CAM-Systemen ausreichend genau beschrieben werden können, um eine automatisierte Fertigung entsprechender Innen- und Außenringe mit vorhandenen Werkzeugmaschinen zu ermöglichen.

Die vorgenannte Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß dem beigefügten Anspruch 1 gelöst.

Die Erfindung beruht auf der grundlegenden Erkenntnis, dass sich die Zahnformen von Innen- und Außenring durch das Beschreiben bzw. Ausführen einer Relativbewegung zwischen den beiden Ringen erzeugen lassen, wenn einige wenige, einfach zu definierende Parameter bzw. Ausgangsbedingungen eingehalten werden. Für die Erzeugung der Zahnform wird daher eine Relativbewegung zwischen Innen- und Außenring ausgeführt bzw. mathematisch modelliert, unter Zuhilfenahme der Winkelbeziehung dieser Relativbewegung und einer vorbestimmten Exzentrizität zwischen den Drehachsen der Ringe und einem vorläufig definierten Entwurfsteilkreis an einem der beiden Ringe, beispielsweise am Außenring.

Grundsätzlich lässt sich das Verfahren ausgehend von der Startgeometrie des Innen- oder Außenrings ausführen. Soweit nachfolgend nichts anderes angegeben wird, beziehen sich die Erläuterungen auf ein Beispiel, bei welchem der Außenring als ein erster Zahnring betrachtet wird, dessen Startgeometrie gewählt wird. Eine Zähnezahl des Außenringes ist notwendigerweise als Bestandteil der Startgeometrie ebenfalls festzulegen. Diese notwendige Festlegung ist beeinflusst durch die Wahl der Exzentrizität und der Baugröße der Pumpe (Teilkreis). Die Zähnezahl des Außenrings lässt sich dabei auch aus der gewünschten Zähnezahl des Innenrings bestimmen (Zähnezahl des Innenrings + 1). Bestandteil der festzulegenden Startgeometrie ist auch der Teilkreisradius (z.B. des Außenrings), der üblicherweise als der Mittelwert zwischen dem Radius am Zahnkopf und demjenigen am Zahnfuß verstanden wird (Teilkreis = Abstand von Zahnmitte zu Zahnmitte auf dem Wälzkreis). Das Ausführen der die Zahnformkontur erzeugenden Bewegung erfolgt vorzugsweise rechnergestützt an einem CAD-Modell. Hierbei wird die vorläufige Erzeugungsgeometrie als Hüllkurve unter Einhaltung der nachfolgend noch erläuterten Bewegungsbedingung zur Erzeugung und Bewertung des Gegenzahnes (am zweiten Zahnring) schrittweise rotiert.

Darüber hinaus ist für die vorliegende Erfindung entscheidend, dass durch die mehrfache Wiederholung des zuvor genannten Bewegungsablaufs bei jeweils veränderten Startbedingungen eine schrittweise Optimierung der Zahnformen erreichbar ist. Dies geschieht beispielsweise im Rahmen eines iterativen Prozesses, um ein oder mehrere zuvor bestimmte Gütekriterien durch die jeweils erzeugte Zahnform zu erfüllen bzw. sich diesen Gütekriterien soweit als möglich anzunähern. Als Gütekriterien kommen alle denkbaren Anforderungen an die zu erzeugende Zahn-



ringmaschine in Betracht, beispielsweise der Wirkungsgrad, das  
Fördervolumen, der maximal zu erreichende Druck, ein verblei-  
bendes minimales Spaltmaß zwischen Innenring und Außenring  
oder auch eine festgelegte Formgebung in bestimmten Abschnit-  
5 ten der Zahngeometrie, wodurch sich beispielsweise das  
Geräuschverhalten der Zahnringmaschine wesentlich beeinflussen  
lässt .

Um das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen, wird in einem  
10 ersten Schritt eine Startgeometrie z.B. des Außenrings fest-  
gelegt, die diesen vollständig beschreibt. Dazu zählt neben  
der Zahnbreite und der Zähnezahl auch ein vorläufiger Teil-  
kreis und der Teilkreisradius am Außenring. Im Falle der  
Realisierung des Verfahrens durch eine Software geschieht  
15 diese Festlegung unter Nutzung der in üblichen CAD-Programmen  
vorhandenen Funktionen. Bei der Festlegung der Startgeometrie  
kann der Fachmann von aus dem Stand der Technik bekannten  
Zahnringformen ausgehen oder in weiten Grenzen eine Zahnring-  
form frei wählen, von der er sich für die Erreichung eines  
20 oder mehrerer speziell angestrebter Parameter (Gütekriterien)  
der zu dimensionierenden Zahnringmaschine gute Ergebnisse  
erwartet. Die Startgeometrie muss dabei lediglich sicherstel-  
len, dass sich damit eine Zahnringmaschine grundsätzlich  
aufbauen lässt.

25 Darüber hinaus ist es für die auszuführende Optimierung der  
Zahnringformen erforderlich, dass zumindest ein Gütekriterium  
der Zahnringmaschine definiert wird, dessen Erfüllung ein Ziel  
bei der Gestaltung der Zahnringe bzw. der an diesen zu verwen-  
30 denden Zahnformen darstellt. Ein mögliches aber nicht in jedem  
Fall notwendiges Gütekriterium wäre z.B. die durchgängige  
Konstanz des Zahnkopfspeies über dem Drehwinkel. Vorrangig  
ist das Kopfspielverhalten im Bereich der maximalen Annäherung

von Kopfkreis am Innenring und Fußkreis am Außenring zu berücksichtigen .

Es ist darauf hinzuweisen, dass die Festlegung der Startgeometrie entweder durch Generierung einer der zu erzielenden Zielverzahnung angepassten Geometrie, die sowohl Zahnkopf und Zahnfußbereich umfasst, oder vorzugsweise mathematische Beschreibung eines vollständigen Innen- oder Außenrings erfolgen kann. Ausreichend ist für die Festlegung der Startgeometrie bereits die vollständige Beschreibung mindestens einer halben Zahnperiode der Innen- oder Außenverzahnung. Die jeweilige Verzahnung am Innen- oder Außenring ist entlang des Umfangs des Rings wiederkehrend, wobei eine Zahnperiode jeweils aus einem Zahn und einer Zahnlücke besteht. Sowohl Zahn als auch Zahnlücke sind in sich symmetrisch, so dass die vollständige Zahnringgeometrie durch die Angabe eines Kurvenverlaufs innerhalb einer halben Zahnperiode beschrieben ist. Durch Spiegelung dieses Kurvenverlaufs kann die Zahnperiode vervollständigt werden, die nachfolgend mehrfach am Umfang des Zahnringes wiederholt wird.

Die festzulegende Startgeometrie umfasst auch die erforderlichen Daten zur Bestimmung des Radius des Zahnringes, wobei die geometrischen Zusammenhänge dem Fachmann hinlänglich bekannt sind und daher nicht detailliert beschrieben werden müssen.

Nachdem die zuvor genannten Ausgangswerte festgelegt sind, wird mit der Startgeometrie des ersten Rings eine Bewegung nach folgender grundlegender Bewegungsbedingung ausgeführt: Der erste Zahnring (z.B. Außenring) bzw. ein die Startgeometrie beschreibender Hüllkurvenabschnitt vollzieht eine Drehbewegung um seine eigene (erste) Drehachse; gleichzeitig eine Umlaufbewegung um die Drehachse des noch nicht definierten

zweiten Zahnring (Innenring), deren Lage zur ersten Drehachse durch die zuvor festgelegte Exzentrizität (Abstand der beiden Drehachsen A, B voneinander) bestimmt ist. Während dieser Doppelbewegung ist kontinuierlich folgende Winkelbeziehung einzuhalten :

$$b = a \times Z$$

wobei

a = Rotationswinkel des ersten Zahnring (Außenring)

b = Rotationswinkel der Exzentrizität

Z = Zähnezahl am ersten Zahnring (Außenring)

Wurde beispielsweise die Startgeometrie der Innenverzahnung des Außenring festgelegt, so erfolgt eine Drehbewegung des Außenring um einen bestimmten Rotationswinkel relativ zu dem Innenring, dessen Zahngeometrie zunächst noch nicht bekannt ist. Zum leichteren Verständnis sei darauf hingewiesen, dass im einfachsten Fall eine vollständige Umlaufbewegung des Außenring um den Innenring ausgeführt wird, währenddessen der von der Startgeometrie vollzogene Verlauf aufgezeichnet wird. Der Bahnverlauf der Hüllkurvenschnitte der Startgeometrie stellt dabei die gegenüberliegende Zahnform der Außenverzahnung des Innenring dar. Die Hüllkurve der Startgeometrie stellt dabei die Summe aller Hüllkurvenschnitte im vorgegebenen minimalen Bewegungsbereich dar.

Bei genauerer Betrachtung muss die Umlaufbewegung jedoch nicht notwendigerweise um eine vollständige Umdrehung ausgeführt werden, da für die Bestimmung der resultierenden Zahnformkontur des zweiten Zahnring (hier der Innenring) ebenfalls ausreichend ist, wenn mindestens eine halbe Periode der Abfolge Zahn-Zahnlücke beschrieben ist. Die Umlaufbewegung des ersten Zahnring muss daher mindestens um einen Rotationswinkel b vollzogen werden, der einer halben Zahnperiode des

dem ersten Zahnring gegenüberliegenden zweiten Zahnring entspricht. Dieser Rotationswinkel  $b$  unter Einhaltung der beschriebenen Bildungsbedingung generiert automatisch die Zähnezahlszahl des Innenrings, die grundsätzlich um eins kleiner als die Zähnezahlszahl des Außenrings ist, sodass sich der mindestens anzuwendende minimale Rotationswinkel leicht bestimmen lässt .

Nach dem Durchführen der erläuterten Doppelbewegung liegen die anfänglich festgelegte Startgeometrie des ersten Zahnring sowie eine erste generierte und dabei aufgezeichnete Zahnformkontur und damit eine grundsätzlich mögliche Geometrie des zweiten Zahnring vor. Im Regelfall wird das ebenfalls festgesetzte Gütekriterium nach dem ersten Schritt noch nicht erreicht sein. Erfindungsgemäß wird daher die Startgeometrie des ersten Zahnring in mindestens einem Parameter in eine (zunächst beliebige) Richtung verändert. Vorzugsweise können für die Veränderung Grenzbedingungen vorgegeben werden und/oder Verhältnisse für sinnvolle Änderungen zugrunde gelegt werden. Beispielsweise kann die Breite des Zahns des ersten Zahnring um 10% verändert werden, um die Startgeometrie für den nächsten Verfahrensschritt anzupassen. Alternativ oder kumulativ zur Änderung der Startgeometrie des ersten Zahnring kann auch die Exzentrizität zwischen den Drehachsen der beiden Zahnringe verändert werden, was ebenfalls Auswirkungen auf die sich ergebende Zahnformkontur hat. Vorteilhafterweise wird hier jedoch von einem Fixwert der Exzentrizität ausgegangen. Der angestrebte Zielwert ist dabei eine funktional optimierte Zahnform bei gleichzeitig minimalem Teilkreis und evtl. maximaler Zähnezahlszahl.

Im nächsten Verfahrensschritt wird unter Zugrundelegung der veränderten Ausgangsbedingungen erneut die Doppelbewegung des

ersten Zahnring um den zweiten Zahnring und um seine eigene Drehachse ausgeführt, unter Einhaltung der Bewegungs- bzw. Winkelbedingung, wie dies zuvor beschrieben wurde. Es entsteht eine zweite Zahnformkontur, die von der aus den vorangegangenen Schritten gewonnenen ersten Zahnformkontur abweicht, so dass nachfolgend eine Prüfung vorgenommen werden kann, welche der beiden ermittelten Zahnformkonturen das definierte Gütekriterium besser erfüllt. Schließlich können die vorgenannten Schritte iterativ wiederholt werden, um die Zahnformkonturen einem angestrebten Optimum in Bezug auf das Gütekriterium anzunähern .

Im Ergebnis der zuvor beschriebenen Erzeugung bzw. Optimierung von Zahnformen am Innen- und Außenring einer Zahnringmaschine liegen im Regelfall Zahnformkonturen bzw. -geometrien vor, die sich nur noch durch Splines höherer Ordnung (zum Beispiel 3. Ordnung) darstellen lassen. Zwar kann mit dem beschriebenen Verfahren im einfachsten Fall auch annähernd eine Zahnform erzeugt werden, wie sie durch herkömmliche Verfahren ebenfalls erreichbar ist, jedoch können abweichend vom Stand der Technik nunmehr auch Zahnformen erzeugt werden, die für verschiedene Anwendungen leicht zu optimieren sind, obwohl sie mit herkömmlichen Methoden nicht mehr darstellbar sind. Mit Hilfe der genannten Splines können die Konturen weiterhin mathematisch beschrieben werden, so dass sie sich in verfügbaren Datenverarbeitungsprogrammen verwenden lassen, insbesondere zur weiteren Optimierung und zur Ansteuerung von Werkzeugmaschinen.

Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht somit darin, dass im Gegensatz zur klassischen Verwendung von Rollkurven (Zykloiden) zur Beschreibung der Zahnformen, die sich zur Erzeugung der Zykloide am Teilkreis der Verzahnung abrollen und die eine Seite einer Verzahnungskontur bilden, keine

zwingende Kopplung zum Teilkreis als formerzeugende Bedingung vorausgesetzt wird.

Da durch das erfindungsgemäße Verfahren in jedem Durchlauf ausgehend von einer vorgegebenen Startgeometrie eines ersten Zahnringes die vollständige Zahnformkontur des Innen- und des Außenringes erzeugt wird, können die entstehenden Zahnformkonturen oder -geometrien einerseits und das Abroll- bzw. Gleitverhalten der Verzahnung beider Zahnringe andererseits einer Bewertung, d. h. einem Vergleich mit einem Gütekriterium unterzogen werden. Bei geeigneter Wahl der Gütekriterien können auf diese Weise auch Gerotorverzahnungen mit relativ großen Exzentrizitätswerten erzeugt werden. Dabei stellt das Einhalten der oben erläuterten Bewegungsbedingung einen harmonischen Bewegungsablauf zwischen Innen- und Außenverzahnung sowie einen kinematisch harmonischen Lauf bei hoher Effizienz sicher.

Speziell bei der Verwendung der Zahnringmaschine als Zahnringpumpe ermöglicht das erfindungsgemäße Verfahren die Dimensionierung mit großen Exzentrizitäten, wodurch sich strömungsoptimierte Förderkammern ausbilden lassen, die eine Verbesserung der Förderleistung bei höheren Drehzahlen bewirken. Das Verfahren ist grundsätzlich für unterschiedlichste Zahnformen, Zähnezahlen, Exzentrizitäten und Teilkreisradien einsetzbar. Vorteilhaft ist weiterhin, dass keine speziellen Maßnahmen getroffen werden müssen, um die Enden einzelner Kurvenabschnitte, die gewöhnlich für die Beschreibung der Zahnform eingesetzt werden, in ihrem Übergangsverhalten an mathematische Voraussetzungen der genutzten Beschreibung anzupassen. Vielmehr ergeben sich die Kurvenverläufe vollständig aufgrund des erläuterten Ablaufs bei der Optimierung der Zahnform. Die mathematische Beschreibung der resultierenden Geometrie

erfolgt vorzugsweise durch Splines höherer Ordnung, wobei üblicherweise bereits mit Splines 3. Ordnung eine für die praktischen Anforderungen hinreichende Genauigkeit erzielbar ist.

5

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform lassen sich mehrere Gütekriterien festlegen, deren Erfüllung bei der Bewertung mehrerer generierter Zahnformkonturen parallel geprüft wird. Beispielsweise kann neben einem zu fördernden Mindestvolumen auch eine Vorgabe für einzuhaltende Kräfteverhältnisse zwischen den Zahnflanken der sich gegenüberstehenden Zähne bestimmt werden. Auf diese Weise besteht die Möglichkeit, die Hertzsche Pressung beispielsweise durch Vergrößerung der lokalen Kontaktradien (Bögen) zu reduzieren.

10

15

Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn bereits bei der Festlegung der Startgeometrie eines ersten Zahnrings die Beschreibung der Zahnkontur nicht wie im Stand der Technik mit Kreisbögen, Ellipsen oder Segmenten von Winkelfunktionen und Evolventen erfolgt, sondern stattdessen die Startgeometrie durch einen veränderbaren Spline, vorzugsweise 3. Ordnung bestimmt wird. Mit gängiger Software (z.B. Inventor, Catia, Pro-E und UG) lassen sich derartige Splines beschreiben und durch die oben beschriebenen Optimierungsschleifen zielgerichtet variieren.

20

25

Weitere Vorteile, Ausführungsformen und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einer bevorzugten Vorgehensweise zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Es zeigen:

30

Fig. 1 einen Ablaufplan wesentlicher Schritte zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß einer ersten Ausführungsform;

Fig. 2 eine schematische Darstellung einer Zahnringmaschine mit einem außenverzahnten Innenring und einem innenverzahnten Außenring sowie kenntlich gemachten geometrischen Parametern;

5 Fig. 3 eine Detaildarstellung eines Zahns des Innenrings während eines Bewegungsabschnitts durch eine Zahnücke des Außenrings;

10 Fig. 4 eine schematische Darstellung des Bewegungsablauf zur Erzeugung der Zahnformkontur in einem ersten Zeitpunkt am Beginn der Bewegung

Fig. 5 eine schematische Darstellung des Bewegungsablauf zur Erzeugung der Zahnformkontur in einem zweiten Zeitpunkt am Ende der Bewegung.

15 Die nachfolgende Beschreibung wesentlicher und bevorzugter Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt unter Bezugnahme auf Fig. 1, in welcher der Verfahrensablauf zusammengefasst ist, sowie gleichzeitiger Bezugnahme auf die Fig. 2 und  
20 3, in denen wichtige geometrische Einzelheiten der Zähne einer Zahnringmaschine eingezeichnet sind.

Grundsätzlich wird durch das erfindungsgemäße Verfahren die Erzeugung von Zahnformen einer Zahnringmaschine angestrebt,  
25 wobei die Zahnringmaschine einen Innenring 1 mit einer Außenverzahnung sowie einen Außenring 2 mit einer Innenverzahnung als Hauptelemente aufweist. Bei einer typischen Anwendung kann der Innenring auf einer Abtriebswelle eines Antriebsaggregats angebracht sein, während der Außenring 2 in einem Gehäuse  
30 drehbar gelagert ist (nicht dargestellt). Im Betrieb rotiert der Innenring 1 um eine erste Drehachse A, während der Außenring 2 um eine zweite Drehachse B drehbar ist. Die Drehachsen



A, B sind um den Betrag einer Exzentrizität  $e$  zueinander versetzt bzw. beabstandet. Außerdem bewegt sich beim Betrieb der Zahnringmaschine der Außenring 2 in einer Umlaufbewegung um die erste Drehachse A, d.h. die Exzentrizität  $e$  rotiert um den Drehpunkt, durch welchen die erste Drehachse A verläuft.

In Fig. 3 ist die typische Zahnformkontur eines einzelnen Zahns des Innenrings 1 sowie einer komplementären Zahnücke des Außenrings 2 in vergrößerter Detaildarstellung erkennbar. Dort sind auch die geometrischen Bedingungen eingezeichnet, die für die Definition der Startgeometrie benötigt werden. In der Fig. 3 ist die maximale Erhebung des Zahns bei  $R_A + e$  sowie die minimale Tiefe der Zahnücke bei  $R_A - e$  eingezeichnet. Schließlich können noch die maximale Zahnkopfbreite sowie eine gegebenenfalls taillierte Zahnkopfbreite im Falle eingeschnürter Zähne für die Festlegung der Startgeometrie von Bedeutung sein. Auf die einzelnen geometrischen Merkmale der Zahnformkontur wird weiter unten noch eingegangen.

Der Teilkreis des Innenrings generiert sich automatisch durch die funktionalen Zusammenhänge die sich aus dem Teilkreis des Außenrings ableiten (bzw. umgekehrt wenn nicht der Außenring sondern der Innenring durch die festgelegte Startgeometrie vordefiniert wird) nach folgender Gesetzmäßigkeit:

$$R_i = R_A - 2e$$

wobei

$R_A$  = Teilkreis des Außenrings

$R_i$  = Teilkreis des Innenrings

$e$  = Exzentrizität zwischen den Drehachsen

Zur Beschreibung der Startgeometrie sind außerdem folgende Zusammenhänge bedeutsam:

$$Z_{tw} = 360^\circ / Z$$

wobei

$$Z_{tw} = \text{Zahnteilungswinkel am Außenring}$$

5

$$K_{tw} = Z_{tw} \cdot g$$

wobei

$$K_{tw} = \text{Zahnfußteilungswinkel am Außenring}$$

$$g = \text{Zahnteilung/Fußbreitenverhältnis,}$$

10

$$\text{vorzugsweise } 0,08 \text{ bis } 0,13$$

$$W_{ef} = 0,5Z_{tw}$$

wobei

$$w_{ef} = \text{Erzeugungsflankenwinkel}$$

15

$$E_{fv} = W_{ef} / K_{tw} = h$$

wobei

$$E_{fv} = \text{Erzeugungsf flankenwinkelverhältnis}$$

$$h = \text{Kopfbreiten/Fußbreitenverhältnis}$$

20

$$\text{vorzugsweise } 3 \text{ bis } 5,5$$

Bei dem in Fig. 3 dargestellten Beispiel wurde ein keulenförmiger Zahn am Innenring erzeugt. Die Keulenform kann durch den Keulenwinkel  $d$  definiert werden. Ein dargestellter abgeflachter Geometriebereich am Zahn des Innenrings stellt das Resultat einer Zahngeometrieoptimierung dar. Dieser Bereich dient der partiellen Absenkung der Hertzschen Pressung im Kontaktbereich zur Verzahnung am Außenring. Dieser Bereich wird erfahrungsgemäß bei Einleitung des Drehmomentes hoch belastet und kann bei zu hohen Hertzschen Pressungen zu möglichem Verschleiß führen.

25

30

Die Fig. 4 und 5 zeigen beispielhaft zwei Abschnitte bei der Erzeugung einer Zahnform. Für die Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird im ersten Schritt eine Startgeometrie eines ersten Zahnringes festgelegt. Als erster Zahnring kann  
5 der Innen- oder der Außenring bestimmt werden. Die Startgeometrie lässt sich vollständig definieren durch Beschreibung einer halben Zahnperiode. In Fig. 4 ist beispielhaft ein Abschnitt des Außenrings 2, bestehend aus einem halben Zahn und einer halben Zahnücke als Außenringkontur 6 (Volllinie)  
10 dargestellt. Vorzugsweise wird dieser Abschnitt der Startgeometrie durch einen Spline 4 dritter Ordnung mit beispielsweise acht Stützpunkten definiert. Der die Startgeometrie beschreibende Spline 4 wird durch zwei radial verlaufende Winkellinien (oder Teilungsbegrenzungslinien) eingeschlossen, die eine  
15 halbe Zahnperiode voneinander beabstandet verlaufen. Der zwischen den Winkellinien eingeschlossene Winkel  $W_{ef}$  (Fig. 2) wird als Erzeugungsflankenwinkel bezeichnet. Der Spline 4 verläuft an seinen beiden Enden senkrecht zu den Winkellinien. In radialer Richtung wird der Spline 4 durch den Zusammenhang  
20 zwischen Teilkreis des Außenrings  $R_A$  und Exzentrizität  $e$  begrenzt (Fig. 3). Am gegenüberliegenden Innenring soll durch die Bewegung eine Innenringkontur 7 erzeugt werden, deren erst noch entstehende Formgebung gestrichelt dargestellt ist.

25 Neben der Startgeometrie muss am Beginn des Verfahrens noch die Exzentrizität  $e$  zwischen der Drehachse A des Innenrings 1 und der Drehachse B des Außenrings 2, sowie mindestens ein Gütekriterium als Randbedingung, welche die zu erzeugende Zahnringmaschine erfüllen soll, festgelegt werden.

30 Wie oben bereits allgemein erläutert wurde, wird im nächsten Verfahrensschritt eine Drehbewegung der vordefinierten Startgeometrie 6 des Außenrings 2 um seine eigene Drehachse B sowie

gleichzeitig eine Umlaufbewegung um die Drehachse A des zu formenden Innenrings 1 ausgeführt. Während diese Doppelbewegung muss erfindungsgemäß die folgende allgemeine Bewegungsbedingung eingehalten werden:

5

$$b = a \times Z$$

wobei im hier beschriebenen Beispiel

a = Rotationswinkel des Außenrings

b = Rotationswinkel der Exzentrizität

10

Z = Zähnezahl am Außenring

Für die vollständige Beschreibung der Zahnkontur am zweiten Zahnring ist es grundsätzlich ausreichend, wenn die relative Drehbewegung über mindestens eine halbe Zahnperiode des zweiten Zahnrings ausgeführt wird, so dass die zuvor festgelegte Startgeometrie, d. h. die Hüllkurve, welche mindestens eine halbe Zahnperiode am vordefinierten ersten Zahnring beschreibt, entlang einer Bahn bewegt wird, welche die Zahnkontur des gegenüberliegenden zweiten Zahnrings beschreibt.

20

Fig. 5 zeigt die Situation zu einem späteren Zeitpunkt nach Ausführen der Doppelbewegung. Die Exzentrizität e und mit ihr die Außenringkontur 6 wurde hier um einen Rotationswinkel  $b = 707^\circ$  um die Drehachse A gegenüber der in Fig. 4 gezeigten Stellung weiter verschwenkt. Währenddessen hat sich der Rotationswinkel a von  $68^\circ$  (bei  $b = 476^\circ$ ) auf  $101^\circ$  verändert. Bei einer Zähnezahl des Außenrings von  $Z = 7$ , wurde die genannte Bewegungsbedingung somit eingehalten. Die Innenringkontur 7 ist in dem in Fig. 5 gezeigten Zustand fast vollständig beschrieben, d.h. die Erzeugungsbewegung ist beinahe abgeschlossen.

30

Nachdem durch das Ausführen der Doppelbewegung die Zahnformkontur des zweiten Zahnrings generiert und aufgezeichnet wurde, kann eine erste Überprüfung vorgenommen werden, ob die damit vorliegenden Zahnformkonturen beider Zahnringe bereits das zuvor festgelegte Gütekriterium erfüllen oder ob die Zahnformen angepasst werden müssen. Wenn das Gütekriterium noch nicht erfüllt ist, was nach dem ersten Durchlauf regelmäßig der Fall sein wird, wird die Startgeometrie und/oder die anfangs festgelegte Exzentrizität um einen vorbestimmten Wert verändert, vorzugsweise in einer vorgegebenen Richtung, die eine Verbesserung der Geometrie erwarten lässt. Diese Werteänderung kann automatisch unter vorbestimmten Grenzbedingungen erfolgen oder manuell vom Benutzer vorgegeben werden, der an dieser Stelle zur Dateneingabe aufgefordert werden kann. Der Benutzer kann über die Änderung der Startgeometrie seine Erfahrungen in der Dimensionierung einfließen lassen, wenngleich dies für den automatischen Ablauf des Verfahrens nicht notwendig ist. Mit den veränderten Ausgangswerten wird die Drehbewegung dann erneut ausgeführt, um eine zweite Zahnformkontur des zweiten Zahnrings aufzuzeichnen. Diese Wiederholungsschleife kann mehrfach ausgeführt werden, vorzugsweise unter Durchführung iterativer Schritte. Sobald die festgelegten Gütekriterien erfüllt sind, kann das Verfahren beendet werden und die zuletzt festgesetzten bzw. aufgezeichneten Zahnformkonturen der beiden Zahnringe stellen damit das Ergebnis des Erzeugungsverfahrens dar.

Durch die Anwendung der oben genannten Bewegungsbedingung wird eine im Vergleich zu im Stand der Technik verwendeten Bewegungsgleichungen sehr einfache Nachbildung des Bewegungsablaufes und damit eine einfache Erzeugungsmethode für die Zahngeometrien bereitgestellt. Dabei wird in jedem Fall eine geschlossene Hüllkurve zur Beschreibung der Zahnform am zwei-

ten Zahnring erzeugt, welche die Kontur der Zahngeometrie der dort anzuordnenden Zähne bei zwingender Einhaltung der Bewegungsbedingung am Außenring darstellt. Durch die Einbeziehung des Teilkreisdurchmessers  $R_A$  des Außenrings in die möglichen Variablen, die während mehrere Durchläufe des Verfahrens veränderbar sind, und die computerunterstützte Simulation/Modellierung der Bewegungsbedingung der Außenringkontur ist es in wenigen Iterationsschritten möglich, eine optimale Geometrie für die Innenring-Zahnkontur zu finden, die sich nachfolgend durch Splines darstellen lässt.

**Bezugs zeichenliste**

- 1 - Innenring  
2 - Außenring  
5 3 -  
4 - Spline  
5 -  
6 - Außenringkontur  
7 - Innenringkontur  
10
- A - Drehachse des Innenrings  
B - Drehachse des Außenrings  
e - Exzentrizität  
15  $W_{ef}$  - Erzeugungsflankenwinkel  
a - Rotationswinkel des ersten Zahnring (Außenrings)  
b - Rotationswinkel der Exzentrizität e  
Z - Zähnezahl am ersten Zahnring (Außenring)  
 $R_A$  - Teilkreis Außenring  
20  $R_i$  - Teilkreis des Innenrings  
 $Z_{tw}$  - Zahnteilungswinkel am Außenring  
 $E_{fv}$  - Erzeugungsflankenwinkelverhältnis  
 $K_{tw}$  - Zahnfußteilungsinkel am Außenring  
g - Zahnteilung/Fußbreitenverhältnis  
25 h - Kopfbreiten/Fußbreitenverhältnis  
d - Keulenwinkel

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung der Zahnform eines ersten und eines zweiten Zahnringes einer Zahnringmaschine, folgende Schritte umfassend :
- a ) Festlegung einer Startgeometrie des ersten Zahnringes, der Innen- (1) oder Außenring (2) der Zahnringmaschine ist, mindestens eines Gütekriteriums der Zahnringmaschine sowie einer gewünschten Exzentrizität (e) zwischen den Drehachsen (A, B) der beiden Zahnringe;
  - b ) Ausführen einer Bewegung mit der festgelegten Startgeometrie, wobei die Startgeometrie eine Drehbewegung um die eigene Drehachse (B) und gleichzeitig eine Umlaufbewegung um die Drehachse (A) des zweiten Zahnringes ausführt, und wobei diese Drehbewegung und diese Umlaufbewegung so miteinander verkoppelt sind, dass der Rotationswinkel (b) der Exzentrizität (e) kontinuierlich gleich dem Produkt aus dem Rotationswinkel (a) des ersten Zahnringes und der Zähnezahl (z) des ersten Zahnringes ist ( $b = a \times z$ );
  - c ) Generieren der Zahnformkontur des zweiten Zahnringes durch Aufzeichnen des von der Hüllkurve der Startgeometrie beim Ausführen der Bewegung nach Schritt b) beschriebenen Weges ;
  - d ) Prüfung, ob mit der Startgeometrie und der aufgezeichneten Zahnformkontur das festgelegte Gütekriterium erfüllt wird;
  - e ) sofern das Gütekriterium noch nicht erfüllt ist, Veränderung der zuvor verwendeten Startgeometrie und/oder der festgelegten Exzentrizität (e) ;
  - f ) iteratives Wiederholen der Schritte b) bis e) und Generieren einer veränderten Zahnformkontur bis zur Erfüllung des Gütekriteriums.



2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei als Startgeometrie mindestens eine halbe Zahnperiode der Innen- oder Außenverzahnung festgelegt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Ausführen der relativen Drehbewegung zwischen Innen- und Außenring rechnergestützt unter Verwendung eines mathematischen Modells von Innen- und Außenring durchgeführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Startgeometrie und/oder die aufgezeichnete Zahnformkontur durch Splines höherer Ordnung beschrieben werden, insbesondere durch Splines 3. Ordnung.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die iterative Wiederholung der Schritte b) bis e) unabhängig von der Erfüllung des Gütekriteriums abgebrochen wird, wenn ein zuvor bestimmtes Abbruchkriterium erfüllt ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Umlaufbewegung im Schritt b) um einen Rotationswinkel (b) der Exzentrizität (e) ausgeführt wird, der mindestens eine halbe Zahnperiode des zweiten Zahnringes überdeckt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der erste Zahnring der Außenring der Zahnringmaschine ist.
8. Zahnring einer Zahnringmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass die Zahnform seiner Verzahnung nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 hergestellt wurde.

Fig. 1

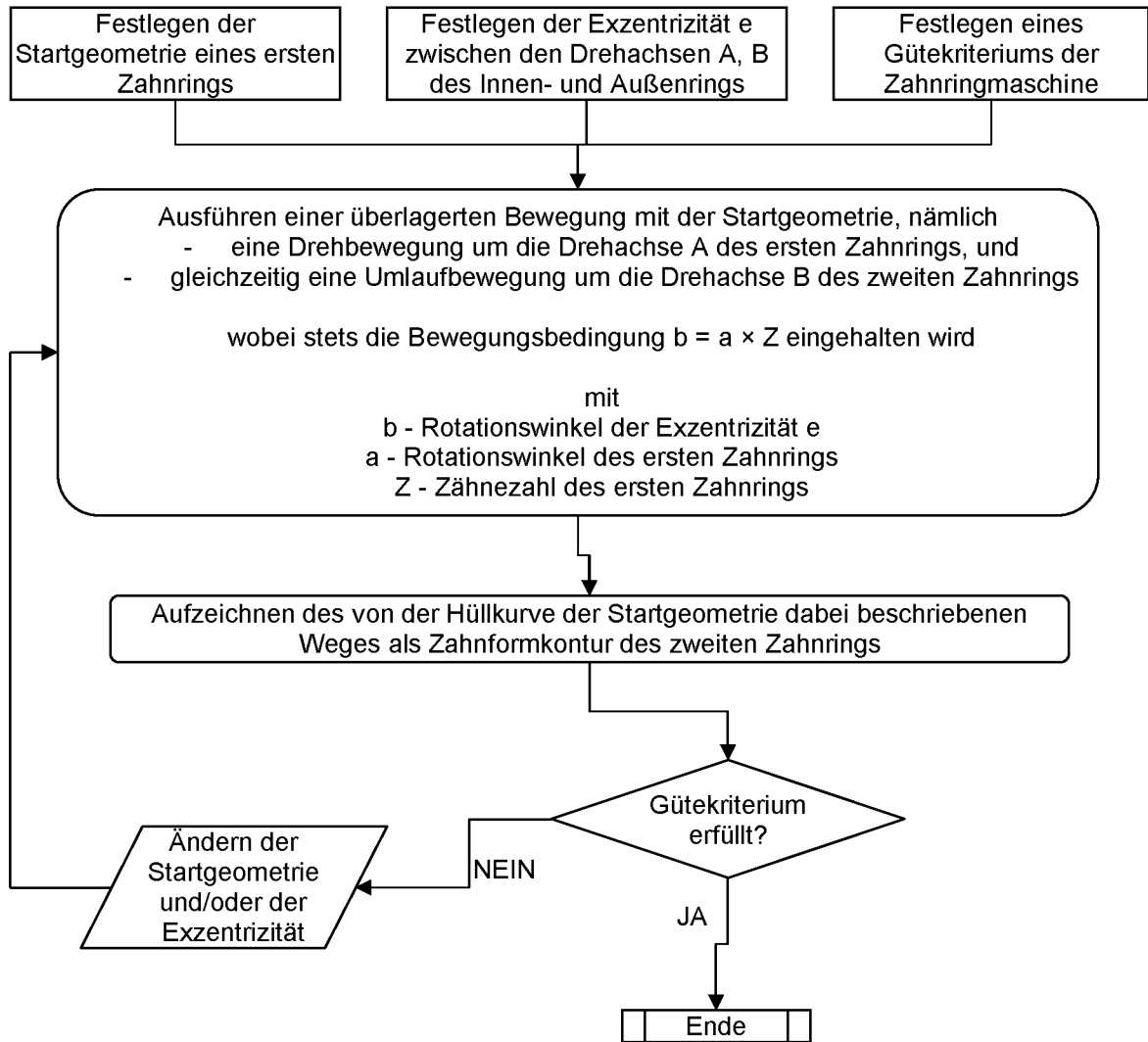


Fig. 2

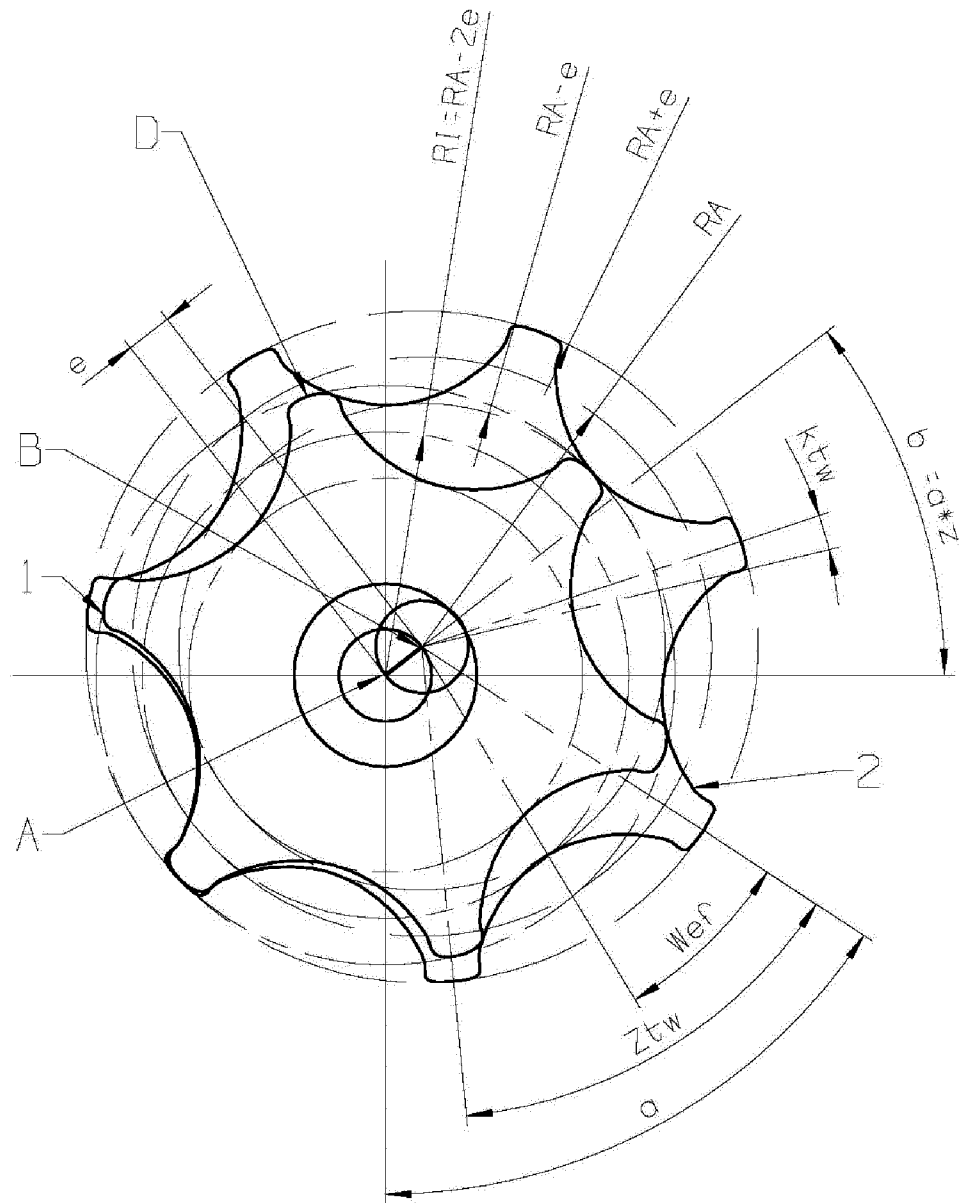


Fig. 3

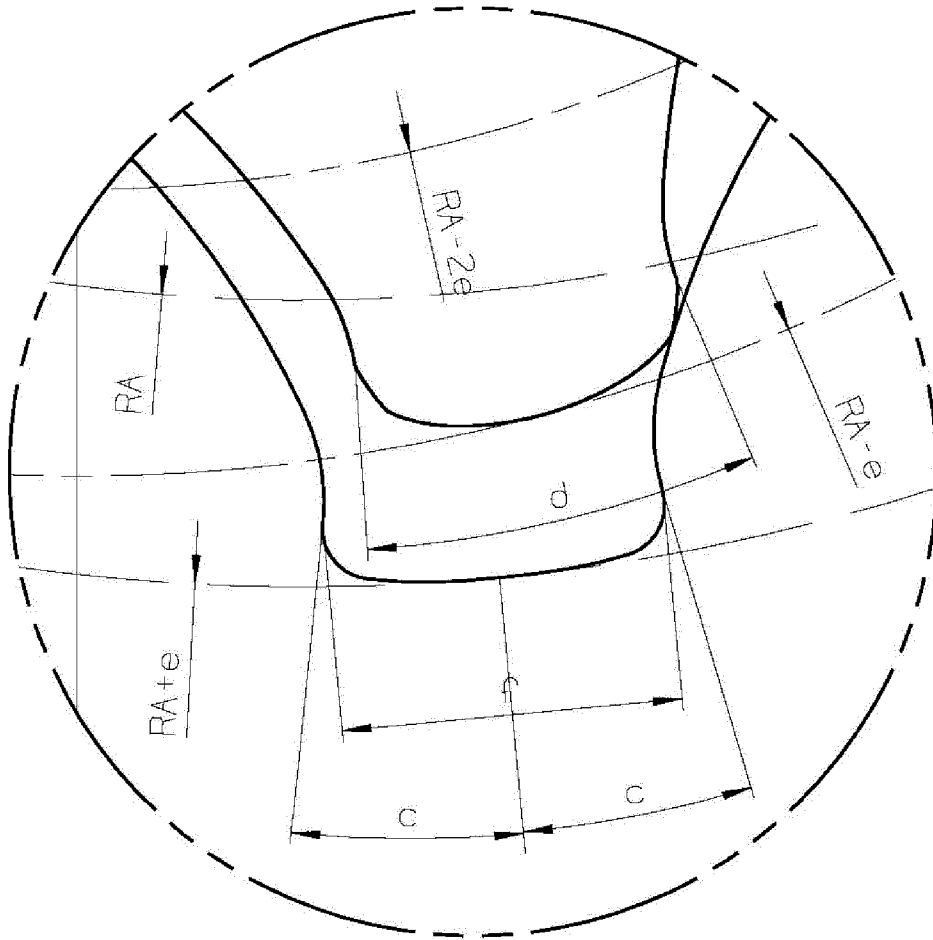
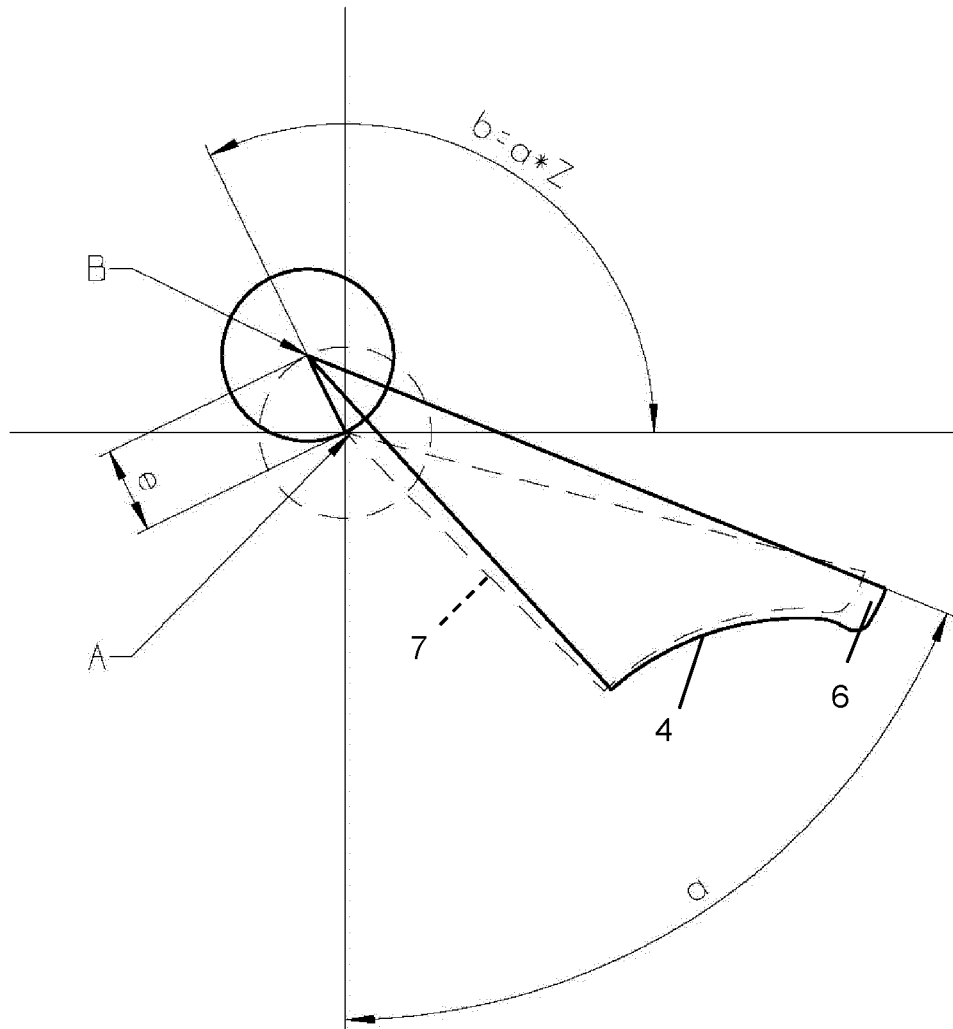
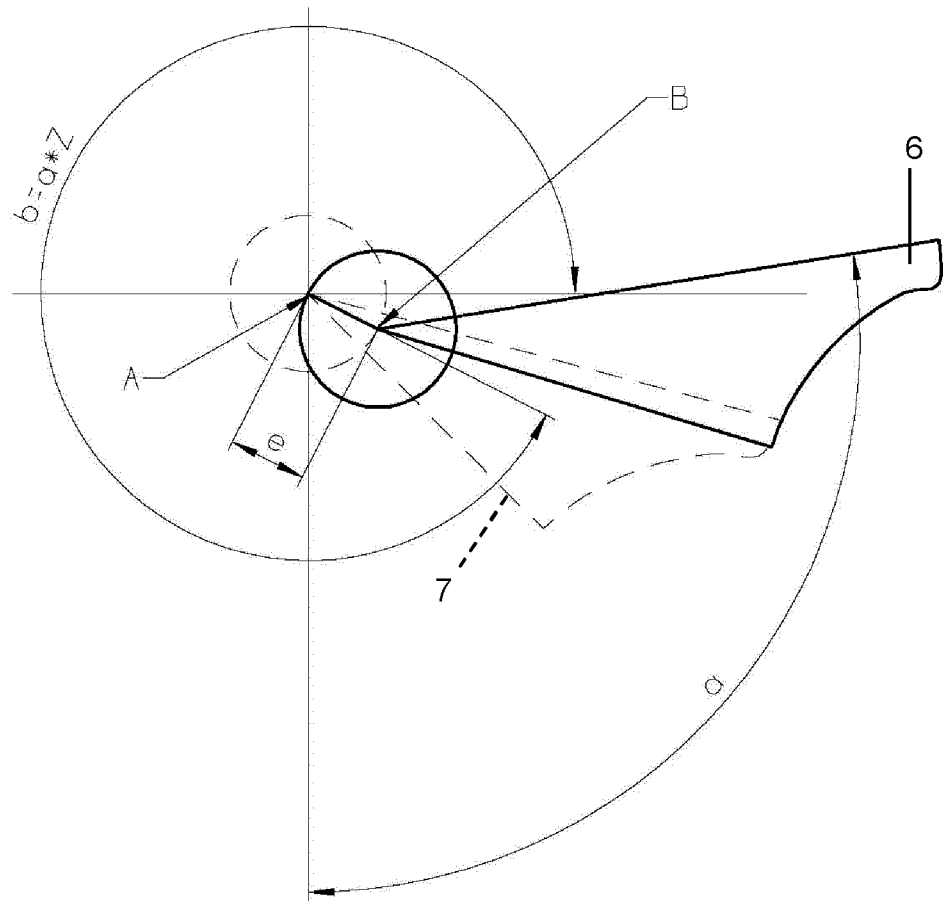


Fig. 4



**Fig. 5**



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2012/052894

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
**INV. F04C2/08 F04C2/10 F16H55/08**  
**ADD. F16H61/00**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national Classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (Classification System followed by Classification Symbols)  
**F04C F16H**

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
**EPO-Internal , WPI Data**

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No.
X	EP 1 462 653 A1 (SUMITOMO ELECTRIC SINTERED ALL [JP] ) 29 September 2004 (2004-09-29) paragraphs [0001] , [0005] - [0007] , [0017] - [0022] ; claim 1; figures 1-5 -----	1-8
X	EP 1 340 913 A2 (SCHWAEBISCHE HUETTENWERKE GMBH [DE] SCHWAEBISCHE HUETTENWERKEGMBH [DE] ) 3 September 2003 (2003-09-03) cited in the application	8
A	paragraphs [0001] , [0022] , [0034] , [0035] ; Claim 18; figures 1,8 -----	1,4,7
X	US 5 030 072 A (WENKER WAYNE B [US] ) 9 July 1991 (1991-07-09) cited in the application	8
A	the whole document -----	1
	-/- .	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general State of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search <b>2 May 2012</b>	Date of mailing of the international search report <b>30/05/2012</b>
--	---

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer <b>Wurzer, Oliver</b>
--	---

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2012/052894

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 978 667 A2 (IMS MORAT SOEHNE GMBH [DE] IMS GEAR GMBH [DE] ) 9 February 2000 (2000-02-09) paragraphs [0005] - [0007] ; claim 16 -----	1
X	DE 31 34 668 AI (EISENMANN SIEGFRIED DIPL ING) 17 March 1983 (1983-03-17) cited in the application	8
A	the whole document -----	1



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No <b>PCT/EP2012/052894</b>
--

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1462653	AI	29-09-2004	AT 362587 T 15-06-2007
			CN 1532403 A 29-09-2004
			DE 602004006456 T2 14-02-2008
			EP 1462653 AI 29-09-2004
			ES 2286567 T3 01-12-2007
			JP 4136957 B2 20-08-2008
			JP 2004353656 A 16-12-2004
			KR 20040084740 A 06-10-2004
			US 2004191101 AI 30-09-2004
			-----
EP 1340913	A2	03-09-2003	AT 372462 T 15-09 -2007
			DE 10208408 AI 11-09 -2003
			EP 1340913 A2 03-09 -2003
			ES 2292867 T3 16-03 -2008
			JP 4155841 B2 24-09 -2008
			JP 2003254409 A 10-09 -2003
			US 2004009085 AI 15-01 -2004
-----			
US 5030072	A	09-07-1991	NONE
-----			
EP 0978667	A2	09-02-2000	AT 287507 T 15-02 -2005
			DE 19835571 AI 17-02 -2000
			EP 0978667 A2 09-02 -2000
			ES 2232991 T3 01-06 -2005
			JP 4568020 B2 27-10 -2010
			JP 2000065163 A 03-03 -2000
			JP 2004286219 A 14-10 -2004
			US 6230587 BI 15-05 -2001
-----			
DE 3134668	AI	17-03-1983	NONE
-----			

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 INV. F04C2/08 F04C2/10 F16H55/08  
 ADD. F16H61/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )  
 F04C F16H

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)  
 EPO-Internal , WPI Data

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 462 653 AI (SUMITOMO ELECTRIC SINTERED ALL [JP] ) 29. September 2004 (2004-09-29) Absätze [0001] , [0005] - [0007] , [0017] - [0022] ; Anspruch 1; Abbi l dungen 1-5 -----	1-8
X	EP 1 340 913 A2 (SCHWAEBISCHE HUETTENWERKE GMBH [DE] SCHWAEBISCHE HUETTENWERKEGMBH [DE]) 3. September 2003 (2003-09-03) in der Anmeldung erwähnt	8
A	Absätze [0001] , [0022] , [0034] , [0035] ; Anspruch 18; Abbi l dungen 1,8 -----	1,4,7
X	US 5 030 072 A (WENKER WAYNE B [US] ) 9. Jul i 1991 (1991-07-09) in der Anmeldung erwähnt	8
A	das ganze Dokument -----	1

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen  Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
2. Mai 2012	30/05/2012

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Wurzer, O l i ver
--	--

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 978 667 A2 (IMS MORAT SOEHNE GMBH [DE] IMS GEAR GMBH [DE] ) 9. Februar 2000 (2000-02-09) Absätze [0005] - [0007] ; Anspruch 16 -----	1
X	DE 31 34 668 AI (EISENMANN SI EGFRI ED DI PL ING) 17. März 1983 (1983-03-17) in der Anmeldung erwähnt	8
A	das ganze Dokument -----	1

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/052894

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1462653	AI	29-09-2004	AT 362587 T 15-06-2007
			CN 1532403 A 29-09-2004
			DE 602004006456 T2 14-02-2008
			EP 1462653 AI 29-09-2004
			ES 2286567 T3 01-12-2007
			JP 4136957 B2 20-08-2008
			JP 2004353656 A 16-12-2004
			KR 20040084740 A 06-10-2004
			US 2004191101 AI 30-09-2004
-----			
EP 1340913	A2	03-09-2003	AT 372462 T 15-09-2007
			DE 10208408 AI 11-09-2003
			EP 1340913 A2 03-09-2003
			ES 2292867 T3 16-03-2008
			JP 4155841 B2 24-09-2008
			JP 2003254409 A 10-09-2003
			US 2004009085 AI 15-01-2004
-----			
US 5030072	A	09-07-1991	KEINE
-----			
EP 0978667	A2	09-02-2000	AT 287507 T 15-02-2005
			DE 19835571 AI 17-02-2000
			EP 0978667 A2 09-02-2000
			ES 2232991 T3 01-06-2005
			JP 4568020 B2 27-10-2010
			JP 2000065163 A 03-03-2000
			JP 2004286219 A 14-10-2004
			US 6230587 BI 15-05-2001
-----			
DE 3134668	AI	17-03-1983	KEINE
-----			