

(12)

# Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50107/2014  
 (22) Anmeldetag: 13.02.2014  
 (45) Veröffentlicht am: 15.02.2015

(51) Int. Cl.: F16H 55/14 (2006.01)

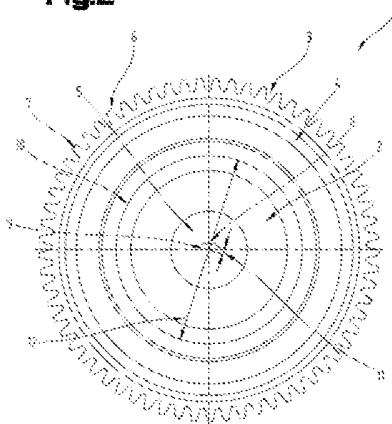
(56) Entgegenhaltungen:  
DE 4426325 A1

(73) Patentinhaber:  
MIBA SINTER AUSTRIA GMBH  
4663 LAAKIRCHEN (AT)

(74) Vertreter:  
ANWÄLTE BURGER UND PARTNER  
RECHTSANWALT GMBH  
4580 WINDISCHGARSTEN (AT)

## (54) Zahnrad

(57) Die Erfindung betrifft ein Zahnrad (1) umfassend ein erstes, radial inneres Ringelement (2) mit einer ersten Ringelementachse (9) in axialer Richtung, ein zweites, radial äußeres Ringelement (3) mit einer zweiten Ringelementachse (8) in axialer Richtung und ein Verbindungselement (4), wobei das zweite Ringelement (3) eine, um eine Rotationsachse rotierbare Verzahnung (6) mit Zähnen (7) aufweist, wobei weiter das Verbindungselement (3) in radialer Richtung zwischen dem ersten Ringelement (2) und dem zweiten Ringelement (3) angeordnet und mit diesen verbunden ist, und wobei das Verbindungselement (4) zumindest teilweise aus einem gummielastischen Werkstoff besteht. Die erste Ringelementachse (9) verläuft in axialer Richtung des ersten, radial inneren Ringelementes (2) oder die Rotationsachse der Verzahnung (6) verläuft in radialer Richtung versetzt zur zweiten Ringelementachse (8) in axialer Richtung des zweiten, radial äußeren Ringelementes (3) und/oder die Verzahnung (6) ist mit ungleichförmigen Zähnen (7) ausgebildet.

**Fig.2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Zahnrad umfassend ein erstes, radial inneres Ringelement mit einer ersten Ringelementachse in axialer Richtung, ein zweites, radial äußeres Ringelement mit einer zweiten Ringelementachse in axialer Richtung und ein Verbindungselement, wobei das zweite, radial äußere Ringelement eine, um eine Rotationsachse rotierbare Verzahnung mit Zähnen aufweist, wobei weiter das Verbindungselement in radialer Richtung zwischen dem ersten, radial inneren Ringelement und dem zweiten, radial äußeren Ringelement angeordnet ist und mit dem ersten, radial inneren Ringelement und dem zweiten, radial äußeren Ringelement verbunden ist, und wobei das Verbindungselement zumindest teilweise aus einem gummielastischen Werkstoff besteht.

**[0002]** Zum Ausgleich des Zahnflankenspiels sind aus dem Stand der Technik Zahnräder bekannt, die in axialer Richtung geteilt sind. Eine derartige Zahradanordnung ist beispielsweise aus der von der Anmelderin stammenden WO 2005/090830 A1 bekannt, die ein Zahnrad für eine spielfreie Stirnradstufe mit einer Nabe, mit einem von der Nabe getragenen Zahnkranz, der entlang einer achsnormalen Teilungsebene in zwei Teilkränze, nämlich in einen nabenfesten Kranzteil und in einen diesen gegenüber koaxial drehbar gelagerten Kranzring, geteilt ist, und mit einer die Nabe umschließenden Ringfeder, die sich mit ihren einander in Umfangsrichtung gegenüberliegenden Enden an einstückig mit den beiden Teilkränzen ausgebildeten, einander in axialer Richtung überlappenden Stützstegen abstützt, die in Umfangsrichtung des Zahnkranges hintereinander angeordnet sind.

**[0003]** Andererseits sind aus dem Stand der Technik auch in radialer Richtung geteilte Zahnräder zur Schwingungs- und Geräuschkämmung von Maschinenbauteilen bekannt. So beschreibt z.B. die DE 71 35 220 U1 ein schwingungsdämpftes Getriebezahnrad mit einem Innenteil, das an seiner äußeren Mantelfläche eine Ringnut aufweist, einem ringförmigen, konzentrisch und mit Abstand zum Innenteil angeordneten Außenteil, das an seiner inneren Mantelfläche ebenfalls eine Ringnut aufweist, die zusammen mit der am Innenteil angeordneten Ringnut einen Ringraum bildet, in dem ein Innen- und Außenteil drehfest verbindender gummielastischer Profilring eingesetzt ist, dessen unverformte Radialerstreckung größer ist, als die des zwischen Innen- und Außenteil gebildeten Ringraumes, wobei wenigstens eine der beiden Ringnuten vorzugsweise in regelmäßiger Teilung angeordnete Erweiterungen aufweist.

**[0004]** Ähnliche Zahnräder beschreiben die US 2,307,129 A, die US 4,674,351 A, die EP 2 623 820 A, die DE 31 53 109 C2, die DE 602 05 710 T2.

**[0005]** Es ist aber auch bekannt, dass derartige radial geteilte Zahnräder in einem axial geteilten Zahnrad zur Spielfreistellung eingebaut werden.

**[0006]** So beschreibt z.B. die DE 10 2011 120 676 A1 ein Zahnrad mit einem inneren Ringelement und einem äußeren Ringelement, wobei an dem Außenumfang des äußeren Ringelements eine Verzahnung ausgebildet ist, wobei das innere Ringelement und das äußere Ringelement über einen vulkanisierten Elastomerabschnitt miteinander verbunden sind, derart, dass die Ringelemente in radialer Richtung elastisch gegeneinander beweglich sind. Dieses Zahnrad wird auf der Nabe eines weiteren Zahnrades angeordnet, wie dies voranstehend beschrieben wurde.

**[0007]** Ähnliche Zahradanordnungen beschreiben auch die DE 10 2011 120 266 A1 und die DE 10 2009 015 958 A1.

**[0008]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine Möglichkeit zur Spielfreistellung von zwei kämmenden Zahnrädern zu schaffen.

**[0009]** Diese Aufgabe wird bei dem eingangs genannten Zahnrad dadurch gelöst, dass die erste Ringelementachse in axialer Richtung des ersten, radial inneren Ringelementes oder die Rotationsachse der Verzahnung in radialer Richtung versetzt zur zweiten Ringelementachse in axialer Richtung des zweiten, radial äußeren Ringelementes verläuft und/oder dass die Verzahnung mit ungleichförmigen Zähnen ausgebildet ist.

**[0010]** Von Vorteil ist dabei, dass eine Teilung des Zahnrades in axialer Richtung nicht mehr erforderlich ist, wodurch sich der Aufbau hinsichtlich spielfreier Zahnradpaarungen vereinfacht. Damit wird aber auch der Zusammenbau der Zahnradpaarung vereinfacht, da der Zahnrang bei axial geteilten Zahnrädern normalerweise vorgespannt und in dieser Lage gesichert wird. Nach dem Einbau wird dann die Positionssicherung herausgezogen, wodurch die Verzahnung des geteilten Zahnrades spielfrei in die Verzahnung des zweiten Zahnrades eingreift. Ein derartiges Sicherungselement sowie die Vorspannung beim Hersteller des Zahnrades sind bei dem Zahnrad nach der Erfindung nicht erforderlich. Durch die in axialer Richtung ungeteilte Ausbildung des Zahnrades ist es weiter möglich, die gesamte Verzahnungsbreite des Zahnrades mit der Verzahnung des weiteren Zahnrades in Eingriff zu bringen. Es ist damit möglich, die axiale Breite des Zahnrades zu verringern, wodurch die axiale Bauraumtiefe reduziert werden kann. Darüber kann mit dem Zahnrad auch eine Zahnradpaarung mit geringem Gewicht, verglichen mit einer Zahnradpaarung nach dem Stand der Technik und gleicher Funktionalität, zur Verfügung gestellt werden.

**[0011]** Die ungleichförmige Verzahnung kann in Form einer exzentrisch zur ersten Ringelementachse in axialer Richtung des ersten, radial inneren Ringelementes ausgebildeten Verzahnung ausgeführt sein. Dies hat den Vorteil, dass das Verbindungselement mit gleichbleibender Dicke in radialer Richtung ausgeführt werden kann, wodurch weniger Schwingungen im Zahnrad erzeugt werden. Damit kann die Geräuschentwicklung des Zahnrades während des kämmenden Eingriffs der Verzahnung mit der Verzahnung des weiteren Zahnrades reduziert werden, sodass insgesamt die Zahnradpaarung im Betrieb leiser wird. Es ist damit aber auch möglich, die Belastung der Verbindungsbereiche zwischen den beiden Ringelementen und dem Verbindungselement zu reduzieren.

**[0012]** Zur Vermeidung der exzentrischen Anordnung des zweiten, radial äußeren Ringelementes zum ersten, radial inneren Ringelement kann nach anderen Ausführungsvarianten des Zahnrades vorgesehen werden, dass die Zähne mit einer unterschiedlichen Zahndicke in Umfangsrichtung ausgebildet sind und/oder dass die Zähne mit einer Flankenballigkeit versehen sind, wobei die Flankenballigkeiten der Zähne unterschiedlich sind und/oder dass die Zahnradeilung über den Umfang der Verzahnung variiert. Es können damit die zur exzentrischen Ausbildung der Verzahnung genannten Vorteile erreicht werden. Von Vorteil ist dabei weiter, dass diese geometrischen Ausbildungen der Verzahnung relativ einfach darstellbar sind.

**[0013]** Es kann bei dem Zahnrade weiter vorgesehen werden, dass eine Wandstärke in radialer Richtung zwischen der radial innersten Kante und dem Fußkreis der Verzahnung des zweiten, radial äußeren Ringelementes mindestens so groß ist wie die halbe Zahnhöhe der Zähne der Verzahnung. Es kann damit die mechanische Belastung des Verbindungselementes durch die gleichmäßige Verteilung der Last im zweiten, äußeren Ringelement verringert werden, insbesondere bei der Ausführungsvariante des Zahnrades mit dem in Bezug auf das erste, radial innere Ringelement exzentrisch versetzte zweite, radial äußere Ringelement.

**[0014]** Nach einer anderen Ausführungsvariante des Zahnrades kann vorgesehen sein, dass Kanten des ersten, radial inneren Ringelementes im Verbindungsbereich zwischen dem ersten, radial inneren Ringelement und dem Verbindungselement und Kanten im Verbindungsbereich zwischen dem zweiten, radial äußeren Ringelement und dem Verbindungselement mit einer Rundung versehen sind. Von Vorteil ist dabei, dass damit die Dauerbelastbarkeit des Zahnrades, insbesondere des Verbindungselementes, verbessert werden kann. Durch die Ausbildung von runden Kanten an dem radial inneren und dem radial äußeren Ringelement kann die punktuelle Überbelastung des Verbindungsbereiches an den Kanten vermieden werden und damit dem Abreißen des Verbindungselementes besser vorgebeugt werden. Damit können die auftretenden, ständig wechselnden Druck- und Zugbelastungen des Verbindungselementes von diesem besser aufgenommen werden. Darüber hinaus kann aber auch die Kerbwirkung der Kanten vermieden werden. Es ist damit möglich, das Verbindungselement hinsichtlich seiner Geometrie einfach zu gestalten. Durch die Rundung werden weiter die Flächen, die für die Verbindung des radial inneren Ringelementes und des radial äußeren Ringelementes mit dem Verbindungselement zur Verfügung stehen, vergrößert, womit ebenfalls die Dauerbelastbarkeit

verbessert werden kann. Durch die Rundungen der Kanten wird auch erreicht, dass bei bündiger Ausbildung des Verbindungselementes zu den axialen Stirnflächen der beiden Ringelemente, das Verbindungselement die Ringelemente im Verbindungsbereich radial umgreift, womit Zug- und Druckbelastungen des Zahnrades in axialer Richtung ebenfalls besser aufgenommen werden können. Als Nebeneffekt haben die gerundeten Kanten den Vorteil, dass die beiden Ringelemente besser entformt werden können, wenn diese aus Sinterwerkstoffen hergestellt werden.

[0015] Weiter kann vorgesehen sein, dass sich das Verbindungselement in axialer Richtung über das erste, radial innere Ringelement und das zweite, radial äußere Ringelement vorstehend und in radikalischer Richtung das erste, radial innere Ringelement und/oder das zweite, radial äußere Ringelement teilweise überdeckend erstreckt. Es wird damit eine weitere Verbesserung des Verbundes des Verbindungselementes mit den beiden Ringelementen erreicht, wodurch in weiterer Folge die Dauerfestigkeit dieser Verbindung verbessert werden kann.

[0016] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

[0017] Es zeigen jeweils in vereinfachter, schematischer Darstellung:

[0018] Fig. 1 eine erste Ausführungsvariante des Zahnrades in Explosionsdarstellung;

[0019] Fig. 2 das Zahnrad nach Fig. 1 in Ansicht auf eine axiale Endfläche;

[0020] Fig. 3 eine Ausführungsvariante des Zahnrades in Ansicht auf eine axiale Endfläche;

[0021] Fig. 4 einen Ausschnitt aus dem zweiten, radial äußeren Ringelement einer Ausführungsvariante des Zahnrades in Ansicht auf eine axiale Endfläche;

[0022] Fig. 5 einen Zahn der Verzahnung des zweiten, radial äußeren Ringelementes einer Ausführungsvariante des Zahnrades in Schrägangsicht;

[0023] Fig. 6 einen Ausschnitt aus einer anderen Ausführungsvariante des Zahnrades in Seitenansicht geschnitten;

[0024] Fig. 7 eine spielfreie Zahnradpaarung mit einem Zahnrad nach der Erfindung, das in kämmenden Eingriff mit einem weiteren Zahnrad steht.

[0025] Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

[0026] In den Fig. 1 und 2 ist eine erste Ausführungsvariante eines Zahnrades 1 dargestellt. Das Zahnrad 1 besteht aus einem bzw. umfasst ein erstes, radial inneres Ringelement 2, einem/ein zweites, radial äußeres Ringelement 3 und einem/ein Verbindungselement 4. Das erste, radial innere Ringelement 2 kann auch als Nabenteil und das zweite, radial äußere Ringelement 3 als Zahnkranz bezeichnet werden.

[0027] Das erste, radial innere Ringelement 2 und/oder das zweite, radial äußere Ringelement 3 bestehen bevorzugt aus einem metallischen Werkstoff, beispielsweise aus einem Stahl, vorzugsweise aus einem Sinterwerkstoff, beispielsweise einem Sinterstahl. Es können aber auch andere metallische Werkstoffe für das radial innere Ringelement 2 und/oder das radial äußere Ringelement 3 verwendet werden, wobei das radial innere Ringelement 2 und/oder das radial äußere Ringelement 3 auch aus zumindest zwei unterschiedlichen metallischen Werkstoffen bestehen können.

[0028] Das Verbindungselement 4 besteht zumindest teilweise aus einem gummielastischen Werkstoff, beispielsweise aus einem (X)NBR ((carboxylierter) Acrylnitril- Butadien-Kautschuk),

HNBR (Hydrierter Nitril-Kautschuk), einem Silikon- Kautschuk (VMQ), NR (Naturgummi), EPDM (Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk), CR (Chloropren-Kautschuk), SBR (Styrolbutadienkautschuk) etc., wobei auch hier wiederum Werkstoffmischungen eingesetzt werden können.

**[0029]** Mit „zumindest teilweise“ ist gemeint, dass in dem Verbindungselement 4 z.B. Versteifungselemente, wie z.B. Fasern und/oder Fäden, beispielsweise aus Metall, Kunststoff, Naturfasern, etc., oder Stäbe, etc. eingelagert sein können. Vorzugsweise besteht das Verbindungselement 4 jedoch ausschließlich aus einem gummielastischen Werkstoff.

**[0030]** Das erste, radial innere Ringelement 2 weist eine in axialer Richtung verlaufende Ausnehmung 5, insbesondere eine Bohrung, auf. Dadurch kann das erste, radial innere Ringelement 2 auf einer nicht dargestellten Welle angeordnet werden.

**[0031]** Das zweite, radial äußere Ringelement 3 weist an der radial äußeren Stirnfläche eine Verzahnung 6 mit Zähnen 7 auf. Diese Verzahnung 6 kann eine dem jeweiligen Anwendungsfall des Zahnrades 1 angepasste Form aufweisen, beispielsweise für die Ausbildung eines Getriebezahnrades. Weiter kann sich die Verzahnung 6 in axialer Richtung des Zahnrades 1 über die gesamte Breite des zweiten, äußeren Ringelementes 3 oder nur über einen Teilbereich dieser Breite erstrecken.

**[0032]** Das zweite, radial äußere Ringelement 3 ist in radialer Richtung oberhalb des ersten, radial inneren Ringelementes 2 angeordnet.

**[0033]** Zwischen dem ersten, radial inneren Ringelement 2 und dem zweiten, radial äußeren Ringelement 3 ist das Verbindungselement 4 angeordnet. Mit diesem Verbindungselement 4 werden das erste, radial innere Ringelement 2 und das zweite, radial äußere Ringelement 3 zur Ausbildung des Zahnrades 1 miteinander verbunden.

**[0034]** Wie besser aus Fig. 2 zu ersehen ist, ist eine Ringelementachse 8 in axialer Richtung des radial zweiten Ringelementes 3 (in Fig. 2 mit einem Kreuz angedeutet) in radialer Richtung versetzt angeordnet zu einer Ringelementachse 9 in axialer Richtung des radial ersten Ringelementes 2 (in Fig. 2 mit einem Kreuz angedeutet). Mit anderen Worten ausgedrückt ist das zweite, radial äußere Ringelement 3 exzentrisch, also nicht koaxial, zum ersten, radial inneren Ringelement 2 angeordnet.

**[0035]** Um die Exzentrizität auszubilden, kann ein äußerer Umfang 10 des ersten, radial inneren Ringelements 2 von der Kreisgeometrie entsprechend abweichen, beispielsweise mit einer einseitigen Ausbauchung in radialer Richtung (d.h. annäherndnockenförmig) hergestellt sein.

**[0036]** Die Exzentrizität kann bei dieser Ausführungsvariante aber auch mithilfe des Verbindungselementes 4 erzeugt werden. Dies vor allem deshalb, da das Verbindungselement 4 vorzugsweise durch Aufvulkanisieren, insbesondere heiß Aufvulkanisieren, auf das erste, radial innere Ringelement 2 und das zweite, radial äußere Ringelemente 4 erzeugt wird. Die Exzentrizität kann also erzeugt werden, in dem das zweite, radial äußere Ringelement 3 mit einem Versatz seiner Ringelementachse 8 zur Ringelementachse 9 des ersten, radial inneren Ringelementes 2 positioniert wird, und danach eine Kautschukmasse in den Spalt zwischen den beiden Ringelementen 2, 3 eingebracht und vulkanisiert wird. Dies hat den Vorteil, dass die beiden Ringelemente 2, 3 mit einer kreisringförmigen Geometrie ausgebildet und damit einfacher hergestellt werden können.

**[0037]** Ein radialer Abstand 11 der ersten Ringelementachse 9 von der zweiten Ringelementachse 8 kann ausgewählt sein aus einem Bereich von 0,01 mm und 1 mm.

**[0038]** Die Zahndicke im Sinne der Erfindung und dem technischen Sprachgebrauch folgend ist definiert als die Breite des Zahnes in Höhe des Teilkreises, wobei der Teilkreis der Kreis mit jenem Durchmesser ist, an dem die Werte für die Dicke der Zähne und die Weite der Lücken einer Verzahnung gleich groß sind.

**[0039]** Gemäß einer Ausführungsvariante des Zahnrades 1 entsprechend den Fig. 1 und 2 kann auch vorgesehen sein, dass das erste, radial innere Ringelement 2 und das zweite, radial äußere Ringelement 3 konzentrisch zueinander angeordnet sind, dass sich also die beiden

Ringelementachsen 8, 9 decken. Um bei dieser Ausführungsvariante eine Exzentrizität zu erreichen, kann vorgesehen sein, dass lediglich die Verzahnung 6 exzentrisch zu den beiden Ringelementachsen 8, 9 ausgebildet ist. Damit ist eine Rotationsachse der Verzahnung 6, um die sich die Zähne 7 während der Drehung des Zahnrades 1 drehen, ungleich der Ringelementachsen 8, 9, d.h. diese Rotationsachse ist radial versetzt zu den in axialer Richtung verlaufenden Ringelementachsen 8, 9 ausgebildet. Die Rotationsachse kann dabei ebenfalls um den Abstand 11, wie dies bereits voranstehend ausgeführt wurde, in radialer Richtung gegenüber den Ringelementachsen 8, 9 versetzt sein, sodass in diesem Fall das Kreuz, das in Fig. 2 die Ringelementachse 9 des zweiten, radial äußeren Ringelementes 3 darstellt, bei der gegenständlichen Ausführungsvariante die Rotationsachse der Verzahnung 6 darstellt.

**[0040]** Anders ausgedrückt fallen die Rotationsachse des Zahnrades 1 an sich, die deckungsgleich mit der Ringelementachse 8 ist, und die Achse in axialer Richtung durch den Schwerpunkt des Zahnrades 1 nicht zusammen, sondern ist diese Schwerpunktachse um den Abstand 11 in radialer Richtung gegenüber der Ringelementachse 8 versetzt.

**[0041]** Diese Ausführungsvariante des Zahnrades 1 kann beispielsweise derart hergestellt werden, dass in einem ersten Schritt die beiden Ringelemente 2, 3 koaxial zueinander angeordnet und mit dem Verbindungselement 4 verbunden werden, und dass in einem weiteren Schritt die Verzahnung 6 exzentrisch zur Ringmittelachse 8 geschliffen wird.

**[0042]** In den folgenden Figuren 3 bis 6 sind jeweils weitere und gegebenenfalls für sich eigenständige Ausführungsformen des Zahnrades 1 gezeigt (teilweise sind nur Ausschnitte aus dem Zahnrad 1 dargestellt), wobei wiederum für gleiche Teile gleiche Bezugszeichen bzw. Bauteilbezeichnungen wie in den vorangegangenen Fig. 1 und 2 verwendet werden. Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, wird auf die detaillierte Beschreibung zu den vorangegangenen Fig. 1 und 2 hingewiesen bzw. Bezug genommen.

**[0043]** Alternativ oder zusätzlich zur voranstehend beschriebenen Ausführungsvariante des Zahnrades 1 besteht auch die Möglichkeit, dass die Verzahnung 6 mit ungleichförmigen Zähnen 7 ausgebildet ist.

**[0044]** Dazu kann gemäß einer ersten Ausführungsvariante der ungleichförmig ausgebildeten Zähne 7 vorgesehen sein, dass die Verzahnung 6 exzentrisch zur ersten Ringelementachse 9 in axialer Richtung des ersten, radial inneren Ringelementes 2 ausgebildet ist.

**[0045]** Zur Herstellung der exzentrisch ausgebildeten Verzahnung 6 können die Zähne 7 spanend bearbeitet werden, insbesondere exzentrisch geschliffen werden. Dabei wird vorzugsweise nur eine Zahnlippe 13 der beiden Zahnlippen 13, 14 der Zähne 7 geschliffen. Zahnköpfe 15 und/oder Zahnlücken 16 werden vorzugsweise nicht bearbeitet, wobei es jedoch möglich ist, die Zahnköpfe 15 und/oder die Zahnlippen 16 ebenfalls spanend zu bearbeiten, insbesondere zu schleifen.

**[0046]** Da das exzentrische Schleifen von Verzahnungen an sich aus dem Stand der Technik bekannt ist, wird auf weitere Ausführungen dazu verzichtet und sei dazu auf den einschlägigen Stand der Technik zum Schleifen von Verzahnungen verwiesen.

**[0047]** Zum Schleifen der Verzahnung wird die zweite Ringelementachse 8 in axialer Richtung des zweiten, radial äußeren Ringelementes 3 aus der Konzentrität zur ersten Ringelementachse 9 heraus in radialer Richtung verschoben (wie dies in Fig. 3 angedeutet ist) in einer Schleifmaschine fixiert. Damit verläuft ein Teilkreis 17 der Verzahnung (die Definition des Teilkreises 17 ist voranstehend wiedergegeben) im fertigen Zahnrad 1 exzentrisch, d.h. nicht koaxial, zum Umfang 10 des ersten, radial inneren Ringelementes 2.

**[0048]** Der radiale Abstand 11 zwischen der ersten Ringelementachse 9 in axialer Richtung des ersten, radial inneren Ringelementes 2 und dem Mittelpunkt des Teilkreises 17 kann für das Schleifen der Verzahnung 6 aus voranstehend genanntem Bereich für den Abstand 11 ausgewählt werden.

**[0049]** Das zweite, radial äußere Ringelement 3 wird dann in dem Zahnrad 1 in der Folge so

angeordnet, dass das Zahnrad nach dem Unwuchtschwerpunkt  $\pm 3$  Zähne 7 ausgerichtet wird.

[0050] Anstelle des Schleifens kann jede andere geeignete Art der materialabtragenden Bearbeitung der Verzahnung 6 angewandt werden.

[0051] Vorzugsweise ist die Verzahnung 6 um einen Wert exzentrisch zur ersten Ringelementachse 9 in axialer Richtung des ersten, radial inneren Ringelementes 2 ausgebildet, der ausgewählt ist aus einem Bereich von 0,01 mm bis 1 mm, bezogen auf die Drehachse des Zahnrades 1.

[0052] Alternativ oder zusätzlich zu den voranstehend beschriebenen Ausführungsvarianten des Zahnrades 1 kann zur Ausbildung der ungleichförmigen Zähne 7 der Verzahnung 6 vorgesehen sein, dass die Zähne 7 mit einer unterschiedlichen Zahndicke 18 in Umfangsrichtung ausgebildet sind, wie dies Ausschnittsweise in Fig. 4, die einen Ausschnitt aus dem zweiten, radial äußeren Ringelement 3 zeigt, dargestellt ist.

[0053] Die Zahndicke 18 der einzelnen Zähne 7 kann dabei um einen Wert verändert werden, der ausgewählt ist aus einem Bereich von 10 % bis 100 % der Zahndicke 18 des Zahnes 7 mit der geringsten Zahndicke 18.

[0054] Es ist dabei möglich, dass die Verzahnung 6 eine Abfolge von dickeren und dünneren Zähnen 7 aufweist, wobei auf einen dickeren Zahn 7 ein dünnerer Zahn 7 folgt. Die Verzahnung 6 kann in diesem Fall nur Zähne mit zwei unterschiedlichen Zahndicken 18 aufweisen.

[0055] Es ist aber auch möglich, die Zähne 7 der Verzahnung mit mehreren unterschiedlichen Zahndicken 18 auszubilden, beispielsweise drei, vier, fünf, sechs, etc., sodass also eine größere Varianz der Zahndicken 18 in die Verzahnung 6 eingebracht wird. Die Anordnung kann dabei beispielsweise so erfolgen, dass zwei oder mehrere dünneren Zähne 7 nebeneinander angeordnet werden, und daran anschließend ein dickerer Zahn 7 oder mehrere dicke Zähne 7 angeordnet werden, wie dies in Fig. 4 beispielhaft dargestellt ist.

[0056] Es kann weiter vorgesehen sein, dass die Zahndicke 18 der Zähne 7 in Umfangsrichtung über den Bereich eines Kreissegmentes kontinuierlich zunimmt und über einen weiteren Bereich eines daran anschließenden Kreissegments wieder kontinuierlich abnimmt, wobei auch mehrere Bereiche mit kontinuierlicher Zunahme und daran anschließender kontinuierlicher Abnahme der Zahndicke 18 in Umfangsrichtung hintereinander angeordnet sein können. Beispielsweise können jeweils zwei oder drei oder vier oder fünf Bereiche mit kontinuierlicher Zunahme der Zahndicke 18 angeordnet sein, die jeweils in Umfangsrichtung von einem Bereich mit kontinuierlicher Abnahme der Zahndicke 18 voneinander getrennt sind. Die Zahndicke 18 kann dabei maximal um einen Wert vergrößert werden, der ausgewählt ist aus einem Bereich von 5 % der Zahndicke 18 des dünnsten Zahnes 7 bis 100 % der Zahndicke 18 des dünnsten Zahnes 7. Entsprechendes gilt für die Verringerung der Zahndicke 18.

[0057] Nach einer weiteren Ausführungsvariante des Zahnrades 1 kann vorgesehen werden, dass die Zähne mit einer Flankenballigkeit versehen ist, wobei die Flankenballigkeit der Zähne unterschiedlich ist. Es ist dazu in Fig. 5 ein Zahn 7 mit einer Flankenballigkeit dargestellt. Die unterschiedlichen Flankenballigkeiten können dabei derart ausgebildet sein, dass ein Radius der Flankenballigkeit variiert wird.

[0058] Hinsichtlich der Abfolge an Zähnen 7 mit unterschiedlicher Flankenballigkeit sei auf voranstehende Ausführungen bzgl. der variierenden Zahndicke 18 verwiesen, die entsprechend angewandt werden können.

[0059] Zusätzlich dazu kann vorgesehen sein, wie dies in Fig. 5 dargestellt ist, dass die Flankenballigkeit zumindest einer Zahnflanke 13 innerhalb eines Zahnes 7 asymmetrisch ausgebildet ist, sodass sich beispielsweise ein vertiefter Bereich 20 der Flankenballigkeit in einer Richtung verläuft, die in einem Winkel zur Axialrichtung des Zahnrades 1 verläuft.

[0060] Nach einer anderen Ausführungsvariante des Zahnrades 1 kann vorgesehen sein, dass die Zahnradteilung über den Umfang der Verzahnung variiert.

**[0061]** Die Zahnradteilung bezeichnet dabei einen Abstand 22 von einem Zahn 7 zum nächsten auf Höhe des Teilkreises 17.

**[0062]** Diese Ausführungsvariante ist ebenfalls in Fig. 4 dargestellt.

**[0063]** Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass bei der Ausbildung der Zähne 7 mit unterschiedlicher Zahndicke 18 die Zahnradteilung, also der Abstand 22 zwischen den Zähnen 7, auch gleich groß sein kann.

**[0064]** Durch das exzentrische spanende Bearbeiten der Verzahnung 6 kann auch eine Wandstärke 24 in radialer Richtung zwischen einer radial innersten Kante 25 (Fig. 4) und einem Fußkreis 26 der Verzahnung 6 des zweiten, radial äußeren Ringelementes 3 verringert werden. Dabei ist bevorzugt, wenn die Wandstärke 24 in radialer Richtung zwischen der radial innersten Kante 25 und dem Fußkreis 26 der Verzahnung 6 des zweiten, radial äußeren Ringelementes 3 mindestens der Hälfte einer Zahnhöhe 27 in radialer Richtung der Zähne 7 der Verzahnung 6 beträgt. Insbesondere kann diese Wandstärke 24 ausgewählt sein aus einem Bereich von 50 % der Zahnhöhe 27 bis 150 % der Zahnhöhe 27.

**[0065]** Wie in Fig. 6 dargestellt kann nach einer weiteren Ausführungsvariante des Zahnrades 1 vorgesehen sein, dass axial äußere Kanten 28, 29, d.h. die Kanten 28, 29 im Übergangsbereich von einer radial äußeren Stirnfläche 30 zu axialen Endflächen 31, 32, des ersten, radial inneren Ringelementes 2 und axial äußere Kanten 33, 34, d.h. die Kanten 33, 34 im Übergangsbereich von einer radial inneren Stirnfläche 35 zu axialen Endflächen 36, 37, des zweiten, radial äußeren Ringelementes 3 abgerundet ausgeführt sind, also mit einer Rundung versehen sind.

**[0066]** Der Radius der Rundungen ist vorzugsweise ausgewählt aus einem Bereich von 0,1 mm bis 2 mm, insbesondere aus einem Bereich von 0,4 mm bis 1,5 mm.

**[0067]** Es ist möglich, dass der Radius aller Rundungen gleich groß ist. Es ist aber auch möglich, dass zumindest eine der Rundungen einen zu den restlichen Rundungen unterschiedlichen Radius aufweist. Beispielsweise können die beiden Rundungen des ersten, radial inneren Ringelementes 2 einen größeren Radius aufweisen, als die beiden Rundungen des zweiten, radial äußeren Ringelementes 3. Es ist aber auch möglich, dass die Rundungen im Bereich einer axialen Seite des Zahnrades 1, also z.B. im Bereich der axialen Endflächen 31, 36, einen größeren Radius aufweisen, also die Rundungen der zweiten axialen Seite des Zahnrades 1, also z.B. im Bereich der axialen Stirnflächen 32, 37. Mit diesen Ausführungsvarianten des Zahnrades 1, d.h. der unterschiedlichen Gestaltung der Rundungen, können unterschiedlichste Belastungsfälle des Zahnrades 1 in axialer und radialer Richtung besser berücksichtigt werden.

**[0068]** Im einfachsten Fall sind die Rundungen 21 bis 24 als Teilkreise, beispielsweise Vierteilkreise, ausgeführt. Es sind aber auch andere Ausführungen der Rundungen möglich.

**[0069]** Wie aus Fig. 6 ersichtlich, kann sich das Verbindungselement 4 in axialer Richtung über das erste, radial innere Ringelement 2 und das zweite, radial äußere Ringelement 3 vorstehend und in radialer Richtung das erste, radial innere Ringelement 2 und/oder das zweite, radial äußere Ringelement 3 teilweise überdeckend erstrecken. Das Verbindungselement 4 kann also insbesondere einen zumindest annähernd H-förmigen bzw. einen H-förmigen Querschnitt aufweisen.

**[0070]** Es ist aber auch möglich, dass das Verbindungselement 4 flächenbündig mit den axialen Endflächen 31, 32 des ersten, radial inneren Ringelementes 2 und/oder flächenbündig mit den axialen Endflächen 36, 37 des zweiten, radial äußeren Ringelementes 3 ausgebildet ist.

**[0071]** Weiter kann vorgesehen sein, dass das erste, radial innere Ringelement 2 und/oder das zweite radial, äußere Ringelement 3 an zumindest einer der axialen Endflächen 31, 32 bzw. 36, 37, vorzugsweise in sämtlichen Endflächen 31, 32, 36, 37, zumindest eine Nut, insbesondere eine Ringnut, aufweist bzw. aufweisen und dass sich das Verbindungselement 4 bis in diese Nut(en) erstreckt.

**[0072]** Alternativ oder zusätzlich dazu kann vorgesehen sein, dass das erste, radial innere Ringelement 2 in der Stirnfläche 30 und/oder das zweite radial, äußere Ringelement 3 in der

Stirnfläche 35 zumindest eine Nut, insbesondere eine Ringnut, aufweist bzw. aufweisen und dass sich das Verbindungselement 4 bis in diese Nut(en) erstreckt.

**[0073]** Es können dabei auch mehrere Nuten nebeneinander angeordnet sein, sodass die Stirnfläche 30 und/oder die Stirnfläche 35 und/oder zumindest eine der Endflächen 31, 32 bzw. 36, 37 in diesem Bereich bzw. diesen Bereichen in Art einer Verzahnung ausgebildet ist bzw. sind.

**[0074]** Weiter besteht die Möglichkeit, dass anstelle von Nuten zumindest ein Vorsprung an der Stirnfläche 30 und/oder die Stirnfläche 35 und/oder zumindest eine der Endflächen 31, 32 bzw. 36, 37 in diesem Bereich bzw. diesen Bereichen in Art einer Verzahnung ausgebildet ist bzw. sind.

**[0075]** Weiter besteht die Möglichkeit einer gemischten Ausführung, dass also beispielsweise an der Stirnfläche 30 des ersten, inneren Ringelementes 2 zumindest eine Nut und an der Stirnfläche 35 des zweiten, äußeren Ringelementes 3 zumindest ein Vorsprung ausgebildet ist, der in Richtung auf die Stirnfläche 30 über die Stirnfläche 35 vorspringt.

**[0076]** Sämtliche Kanten in Bereich der Nut(en) können aus voranstehend genannten Gründen ebenfalls mit einer Rundung versehen sein.

**[0077]** Zur Herstellung des Zahnrades 1 kann das Verbindungselement 4 vorgeformt werden und danach mit dem ersten, radial inneren Ringelement 2 und dem zweiten, radial äußeren Ringelement 3 verbunden werden, beispielsweise ausschließlich aufgrund der Haftreibung oder durch die Verwendung eines Haftmittels, wie z.B. eines Klebstoffes.

**[0078]** In der bevorzugten Ausführungsvariante des Zahnrades 1 wird das Verbindungselement 4 jedoch in einer entsprechenden Form auf das radial innere Ringelement 2 und das radial äußere Ringelement 3 aufvulkanisiert, insbesondere heiß aufvulkanisiert.

**[0079]** Für die Verbesserung der Verbindungsbildung besteht weiter die Möglichkeit, dass die zumindest einzelne, insbesondere sämtliche, Flächen zumindest im Bereich der Verbindung mit dem Verbindungselement 4 aufgeraut wird bzw. werden, beispielsweise durch (Sand)Strahlen oder durch Schleifen, etc.

**[0080]** Von Vorteil ist es aber auch, wenn zumindest in den Verbindungsgebieten offenporige Sinterbauteile für das erste, radial innere Ringelement 2 und/oder das zweite, radial äußere Ringelement 3 verwendet werden, da damit ebenfalls eine Art Verkrallung zwischen dem Verbindungselement 4 und dem ersten, radial inneren Ringelement 2 und/oder dem zweiten, radial äußeren Ringelement 3 erreicht werden kann.

**[0081]** Es kann weiter von Vorteil sein, wenn zumindest die Flächen des ersten, radial inneren Ringelementes 2 und/oder des zweiten, radial äußeren Ringelementes 3 im Bereich der Verbindung mit dem Verbindungselement 4 einer Plasmavorbehandlung bzw. Plasmaaktivierung unterzogen werden.

**[0082]** Der Vollständigkeit halber ist in Fig. 7 eine spielfreie Zahnradpaarung 38 gezeigt. Diese besteht bzw. umfasst das Zahnrad 1 nach der Erfindung und ein weiteres Zahnrad 39. Die Verzahnung 6 des Zahnrades 1 steht zur Übertragung eines Drehmomentes mit einer Verzahnung 40 des weiteren Zahnrades 39 in Eingriff. Dabei können entweder das Zahnrad 1 oder das weitere Zahnrad 39 angetrieben und das Zahnrad 1 vom weiteren Zahnrad getrieben oder das weitere Zahnrad 39 vom Zahnrad 1 getrieben sein.

**[0083]** Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten des Zahnrades 1, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind.

**[0084]** Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus des Zahnrades 1 dieses bzw. dessen Bestandteile teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

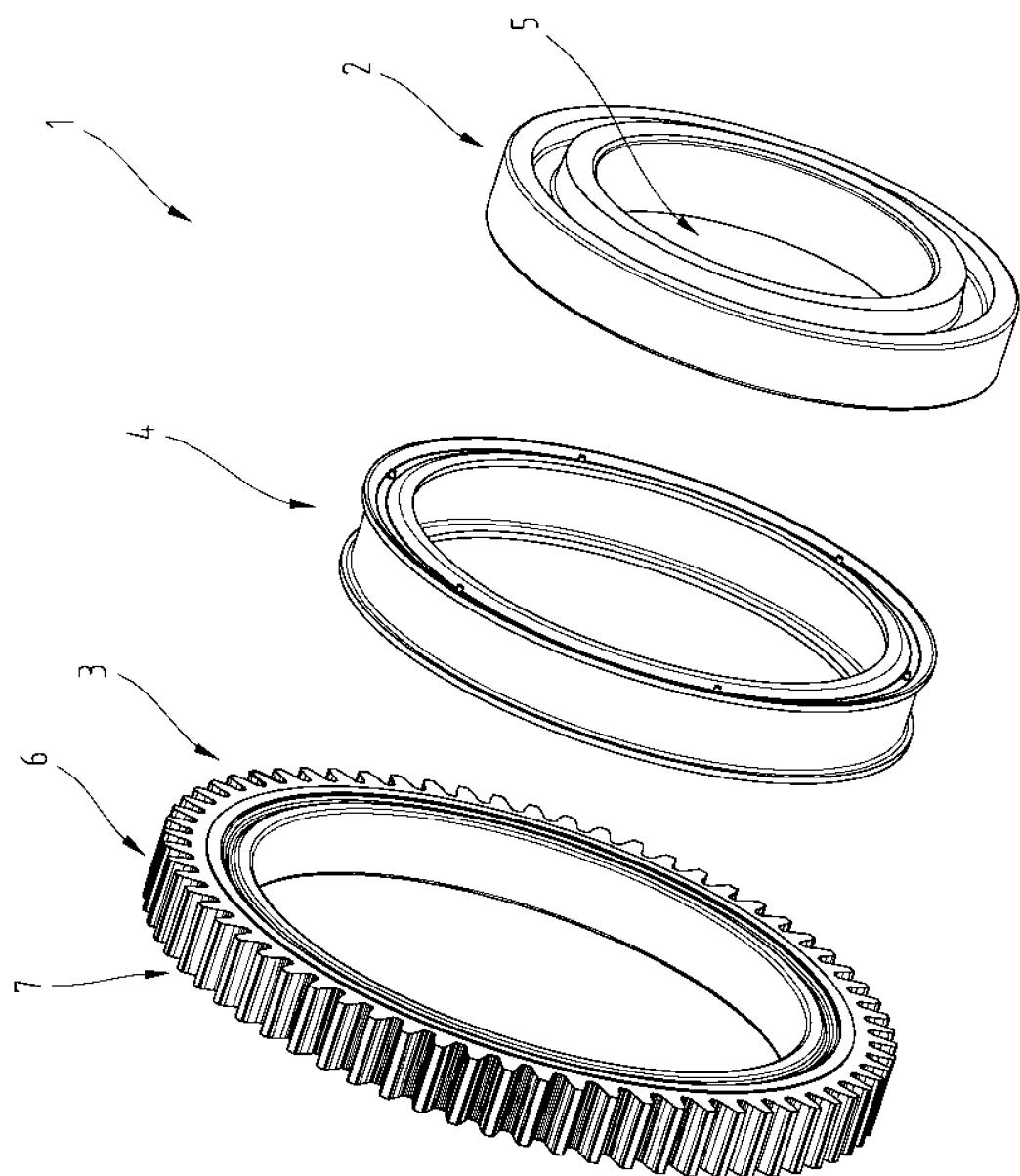
## BEZUGSZEICHENLISTE

- |    |                    |    |                |
|----|--------------------|----|----------------|
| 1  | Zahnrad            | 31 | Endfläche      |
| 2  | Ringelement        | 32 | Endfläche      |
| 3  | Ringelement        | 33 | Kante          |
| 4  | Verbindungselement | 34 | Kante          |
| 5  | Ausnehmung         | 35 | Stirnfläche    |
| 6  | Verzahnung         | 36 | Endfläche      |
| 7  | Zahn               | 37 | Endfläche      |
| 8  | Ringelementachse   | 38 | Zahnradpaarung |
| 9  | Ringelementachse   | 39 | Zahnrad        |
| 10 | Umfang             | 40 | Verzahnung     |
| 11 | Abstand            |    |                |
| 12 | Durchmesser        |    |                |
| 13 | Zahnflanke         |    |                |
| 14 | Zahnflanke         |    |                |
| 15 | Zahnkopf           |    |                |
| 16 | Zahnlücke          |    |                |
| 17 | Teilkreis          |    |                |
| 18 | Zahndicke          |    |                |
| 19 | Radius             |    |                |
| 20 | Bereich            |    |                |
| 21 | Richtung           |    |                |
| 22 | Abstand            |    |                |
| 23 | Zahnkopfkreis      |    |                |
| 24 | Wandstärke         |    |                |
| 25 | Kante              |    |                |
| 26 | Fußkreis           |    |                |
| 27 | Zahnhöhe           |    |                |
| 28 | Kante              |    |                |
| 29 | Kante              |    |                |
| 30 | Stirnfläche        |    |                |

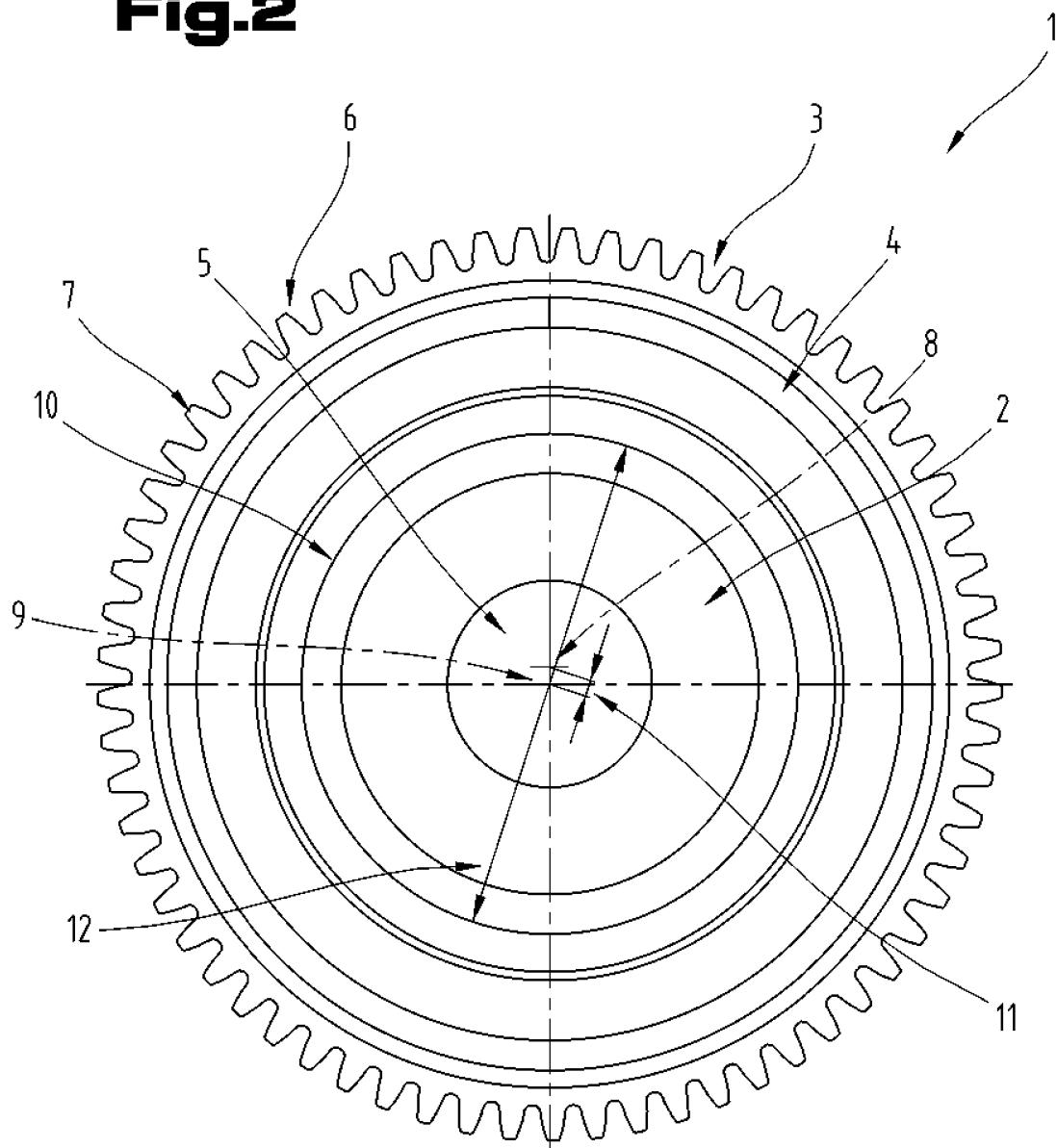
## Patentansprüche

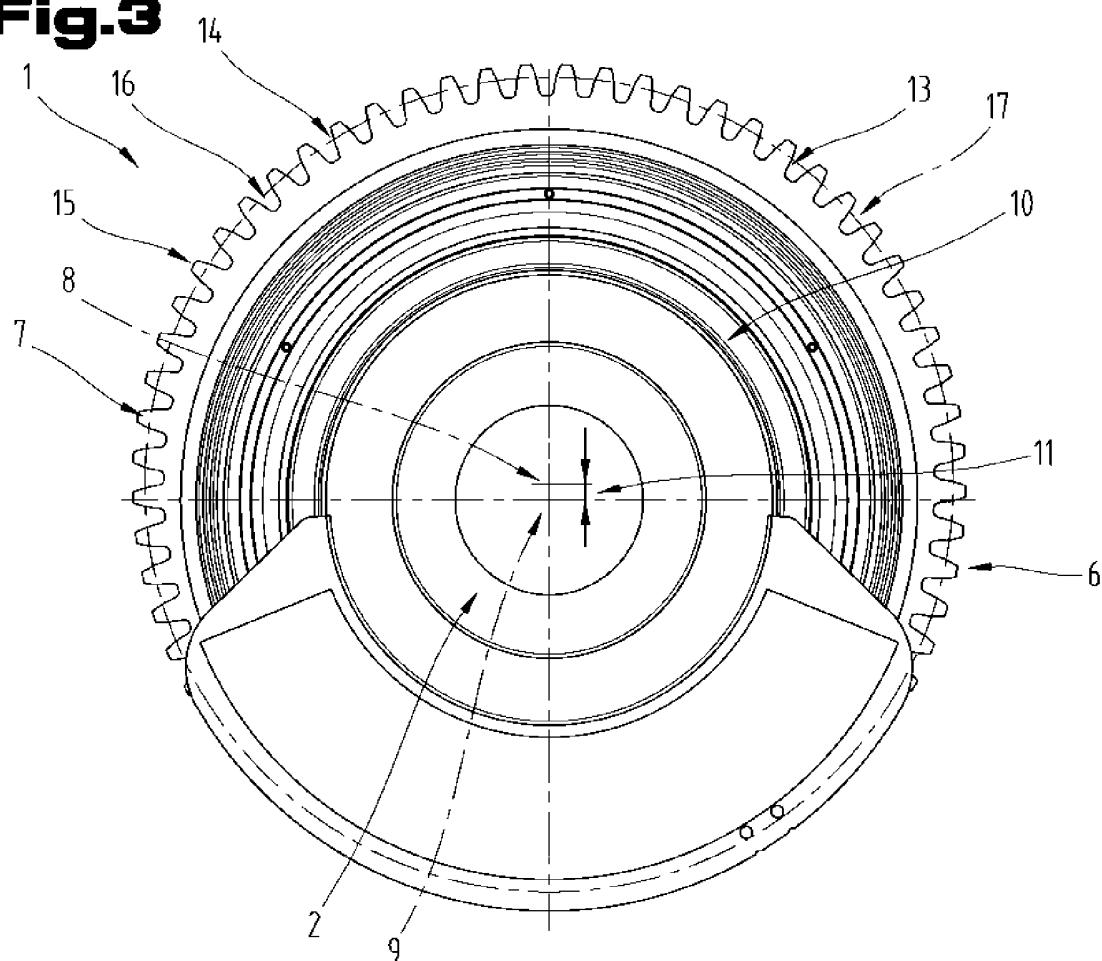
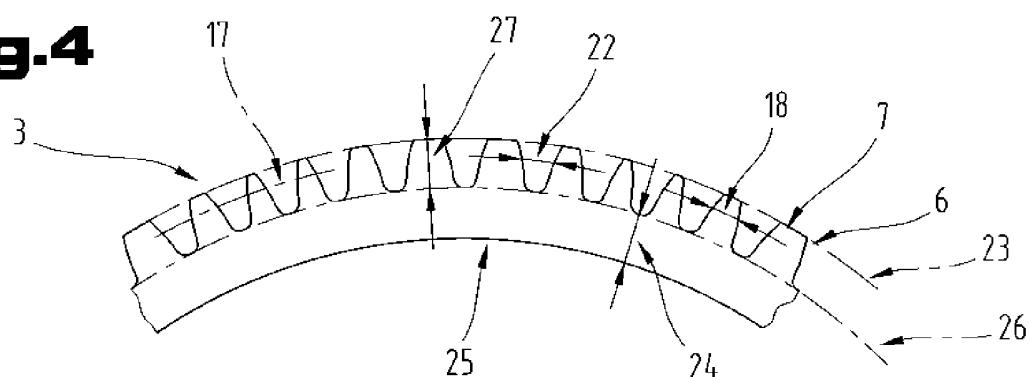
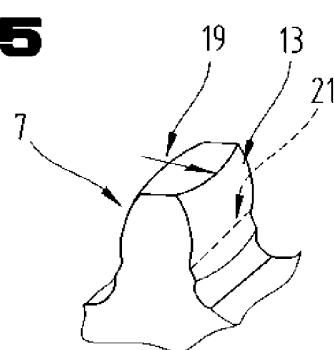
1. Zahnrad (1) umfassend ein erstes, radial inneres Ringelement (2) mit einer ersten Ringelementachse (9) in axialer Richtung, ein zweites, radial äußeres Ringelement (3) mit einer zweiten Ringelementachse (8) in axialer Richtung und ein Verbindungselement (4), wobei das zweite, radial äußere Ringelement (3) eine, um eine Rotationsachse rotierbare Verzahnung (6) mit Zähnen (7) aufweist, wobei weiter das Verbindungselement (3) in radialer Richtung zwischen dem ersten, radial inneren Ringelement (2) und dem zweiten, radial äußeren Ringelement (3) angeordnet ist und mit dem ersten, radial inneren Ringelement (2) und dem zweiten, radial äußeren Ringelement (3) verbunden ist, und wobei das Verbindungselement (4) zumindest teilweise aus einem gummielastischen Werkstoff besteht, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Ringelementachse (9) in axialer Richtung des ersten, radial inneren Ringelementes (2) oder die Rotationsachse der Verzahnung (6) in radialer Richtung versetzt zur zweiten Ringelementachse (8) in axialer Richtung des zweiten, radial äußeren Ringelementes (3) verläuft und/oder dass die Verzahnung (6) mit ungleichförmigen Zähnen (7) ausgebildet ist.
2. Zahnrad (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verzahnung (6) exzentrisch zur ersten Ringelementachse (9) in axialer Richtung des ersten, radial inneren Ringelementes (2) ausgebildet ist.
3. Zahnrad (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zähne (7) mit einer unterschiedlichen Zahndicke (18) in Umfangsrichtung ausgebildet sind.
4. Zahnrad (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zähne (7) mit einer Flankenballigkeit versehen sind, wobei die Flankenballigkeiten der Zähne (7) unterschiedlich sind.
5. Zahnrad (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zahnradeilung über den Umfang der Verzahnung (6) variiert.
6. Zahnrad (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Wandstärke (24) in radialer Richtung zwischen der radial innersten Kante (25) und einem Fußkreis (26) der Verzahnung (6) des zweiten, radial äußeren Ringelementes (3) mindestens so groß ist wie die Hälfte einer Zahnhöhe (27) der Zähne (7) der Verzahnung (6).
7. Zahnrad (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass Kanten (28, 29) des ersten, radial inneren Ringelementes (2) im Verbindungsbereich zwischen dem ersten, radial inneren Ringelement (2) und dem Verbindungselement (4) und Kanten (33, 34) im Verbindungsbereich zwischen dem zweiten, radial äußeren Ringelement (3) und dem Verbindungselement (4) mit einer Rundung versehen sind.
8. Zahnrad (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich das Verbindungselement (4) in axialer Richtung über das erste, radial innere Ringelement (2) und das zweite, radial äußere Ringelement (3) vorstehend und in radialer Richtung das erste, radial innere Ringelement (2) und/oder das zweite, radial äußere Ringelement (3) teilweise überdeckend erstreckt.

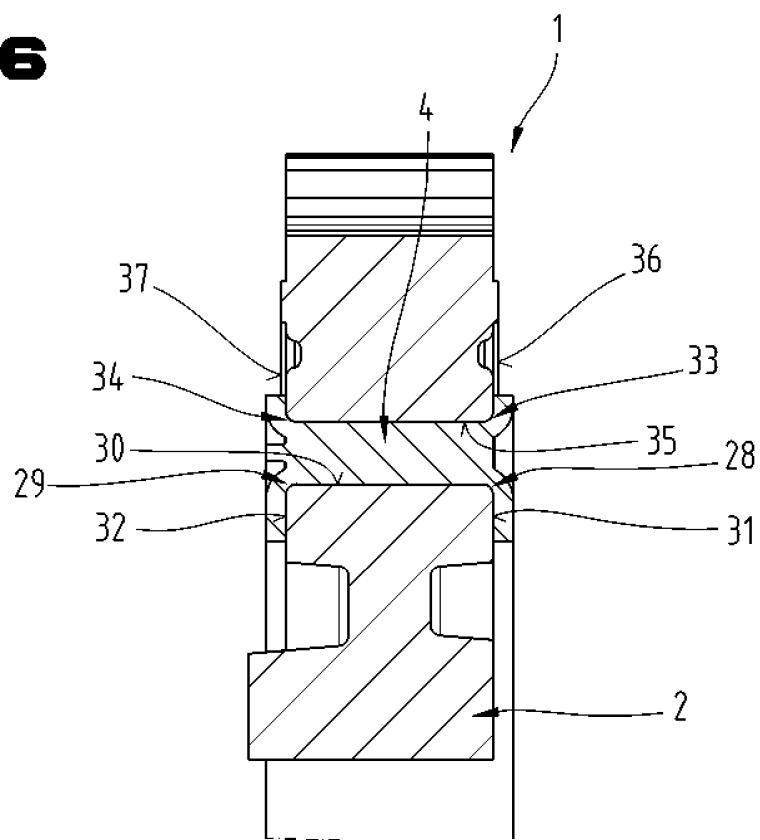
Hierzu 4 Blatt Zeichnungen



**Fig.1**

**Fig.2**

**Fig.3****Fig.4****Fig.5**

**Fig.6****Fig.7**