



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
14.12.2005 Patentblatt 2005/50

(51) Int Cl.7: **F01L 1/344**

(21) Anmeldenummer: **05010197.1**

(22) Anmeldetag: **11.05.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR LV MK YU

(71) Anmelder: **INA-Schaeffler KG**
91074 Herzogenaurach (DE)

(72) Erfinder:
• **Kohrs, Mike**
02681 Wilthen (DE)
• **Golbach, Hermann**
91054 Erlangen (DE)

(30) Priorität: **08.06.2004 DE 102004027950**

(54) **Flügelzellen-Nockenwellenversteller**

(57) Flügelzellen-Nockenwellenversteller mit einem Stator, einem mit einer Nockenwelle verbindbaren Rotor mit mehreren radial abstehenden Flügeln, die in Flügelnuten eingesetzt sind, wobei eine Flügelnut Nutseitenflächen, einen Nutgrund und die Nutseitenflächen hin-

terschneidende, abgerundete Übergangsbereiche zwischen den Nutseitenflächen und dem Nutgrund aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die abgerundeten Übergangsbereiche zumindest teilweise als den Nutgrund (17, 35) hinterschneidende Kreisbogenabschnitte (18, 19, 33, 34) ausgebildet sind.

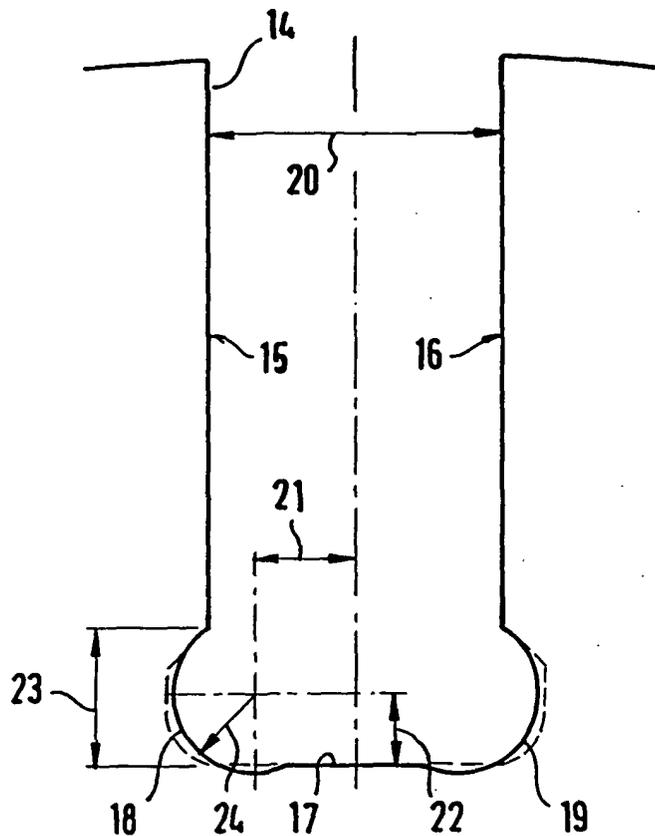


FIG. 3

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Flügelzellen-Nockenwellenversteller mit einem Stator, einem mit einer Nockenwelle verbindbaren Rotor mit mehreren radial abstehenden Flügeln, die in Flügelnuten eingesetzt sind, wobei eine Flügelnut Nutseitenflächen, einen Nutgrund und die Nutseitenflächen hinterschneidende, abgerundete Übergangsbereiche zwischen den Nutseitenflächen und dem Nutgrund aufweist.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Nockenwellenversteller werden eingesetzt, um die Steuerzeiten für das Öffnen oder Schließen der Ventile zu verändern. Die feste Winkelbeziehung zwischen der Nockenwelle und der sie antreibenden Kurbelwelle wird dadurch aufgehoben und die Steuerzeiten können in Abhängigkeit der Drehzahl und weiterer Parameter optimal eingestellt werden. Nockenwellenversteller ermöglichen eine relative Verdrehung der Nockenwelle zur Kurbelwelle.

[0003] Bekannte Flügelzellen-Nockenwellenversteller weisen einen Rotor mit mehreren radial abstehenden Flügeln auf, die durch die Kraft einer Feder radial nach außen gegen ein Statorgehäuse gedrückt werden. An dem Stator sind mehrere radial nach innen vorspringende Anschläge ausgebildet, die die Verstellbewegung des Rotors in beide Drehrichtungen begrenzen, wenn die Flügel gegen die Anschläge laufen. Die Flügel liegen mit ihren Stirnkanten am Stator an, so dass zwischen jeweils einer Flügelseite und der benachbarten Seite eines Anschlags des Stators eine Kammer gebildet wird, in die ein Fluid, in der Regel das Motoröl, über ein dem Nockenwellenversteller zugeordnetes Ventil gefördert wird. Der Stator dient einerseits zum Trennen und Abdichten der Fluidkammern, andererseits zur Festlegung des Verstellwinkels zwischen der Nockenwelle und der Kurbelwelle.

[0004] Das in den Rotor eingeleitete Drehmoment stützt sich über die in Nuten eingesteckten Flügel am Stator sowie hydraulisch am Ölpolster in den Statorkammern ab. Die dadurch auf die Flügel wirkende Kraft ruft ihrerseits Reaktionskräfte in der Nut des Rotors hervor. Eine Kraft wirkt an der Nutkante am Rotoraußendurchmesser, die zugehörige Reaktionskraft wirkt auf der gegenüberliegenden Nutseite im Nutgrund. Diese Kräfte bewirken eine kombinierte Zug- und Biegebeanspruchung in den beiden Übergängen der Nutseitenfläche zum Nutgrund. In dem Eckbereich am Übergang der Nutseitenfläche zum Nutgrund wird durch die Kerbwirkung eine dynamisch auftretende Spannungskonzentration erzeugt. Aus diesem Grund ist der Übergangsbereich bei herkömmlichen Flügelzellen-Nockenwellenverstellern abgerundet ausgebildet, so dass er die Nutseitenfläche hinterschneidet. Allerdings treten

dennoch erhebliche Spannungen in dem Eckbereich auf, die bei den üblichen Betriebslasten für die verwendeten Werkstoffe kritisch sein können.

5 Zusammenfassung der Erfindung

[0005] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Flügelzellen-Nockenwellenversteller anzugeben, bei dem geringere Spannungen auftreten.

10 [0006] Zur Lösung dieses Problems ist bei einem Flügelzellen-Nockenwellenversteller der eingangs genannten Art erfindungsgemäß vorgesehen, dass die abgerundeten Übergangsbereiche zumindest teilweise als den Nutgrund hinterschneidende Kreisbogenabschnitte ausgebildet sind.

15 [0007] Bei dem erfindungsgemäßen Flügelzellen-Nockenwellenversteller ist der Nutgrund nicht eben ausgebildet, sondern die Eckbereiche sind als den Nutgrund hinterschneidende Kreisbogenabschnitte gestaltet. Lediglich der mittlere Bereich des Nutgrundes ist 20 eben, da sich dort eine Feder abstützt. Die erfindungsgemäße Lösung weist den Vorteil auf, dass lediglich geringe fertigungstechnische Änderungen erforderlich sind. Durch den optimierten Querschnitt der Flügelnut kann die Beanspruchung insbesondere in dem Übergangsbereich reduziert werden, so dass auf höherwertige Werkstoffe verzichtet werden kann, wodurch sich Kosteneinsparungen ergeben.

25 [0008] Bei dem erfindungsgemäßen Flügelzellen-Nockenwellenversteller kann der Abstand des unteren Endes der Nutseitenfläche vom Nutgrund zur Nutbreite in einem Verhältnis von 0,4 bis 0,55, insbesondere näherungsweise 0,48, stehen. Mit diesen Parametern kann die Spannungskonzentration in dem Übergangsbereich bereits beträchtlich reduziert werden. Die Nutbreite ist ausreichend bemessen, so dass die in die Flügelnut eingesetzten Flügel den auftretenden Kräften standhalten können.

30 [0009] Bei dem erfindungsgemäßen Flügelzellen-Nockenwellenversteller wird es besonders bevorzugt, dass der Radius der Kreisbogenabschnitte das 0,5-fache bis 0,6-fache des Abstands des unteren Endes der Nutseitenfläche vom Nutgrund beträgt. Insbesondere kann der Radius das 0,56-fache des Abstands betragen.

35 [0010] Es kann auch vorgesehen sein, dass der horizontale Abstand des Mittelpunkts eines Kreisbogenabschnitts von der Symmetrielinie der Nut das 0,3-fache bis 0,4-fache der Nutbreite beträgt. Besonders bevorzugt wird der Wert 0,35.

40 [0011] Bei dem erfindungsgemäßen Flügelzellen-Nockenwellenversteller kann der vertikale Abstand des Mittelpunkts des Kreisbogenabschnitts zum Nutgrund das 0,90-fache bis 0,99-fache des Radius des Kreisbogenabschnitts betragen. Besonders bevorzugt wird der Wert 0,95. Die angegebenen geometrischen Werte und Parameter sind keine starren Grenzen, sie 45 können variiert werden, sofern sich dadurch die ge-

wünschte Spannungsreduzierung ergibt.

[0012] Bei dem erfindungsgemäßen Flügelzellen-Nockenwellenversteller lässt sich eine weitere Optimierung der auftretenden Spannungen erzielen, wenn eine Nutseitenfläche eine Entlastungskerbe aufweist. Bei dieser Erfindungsausgestaltung ist die geometrische Optimierung nicht auf den abgerundeten Übergangsbereich beschränkt, da die Nutseitenfläche ebenfalls eine optimierte Form aufweist. Durch die Entlastungskerbe wird der Kraftfluss ausgehend von der oberen Nutkante in Richtung der Rotormitte in einem weiten Bogen sanft umgelenkt, so dass keine hohe Spannungskonzentration im Nutgrund entsteht. Die auftretenden Kräfte und Spannungen werden durch die Entlastungskerbe gleichmäßiger verteilt, so dass die Materialbeanspruchung verringert wird.

[0013] Es wird besonders bevorzugt, dass die Entlastungskerbe von dem nutgrundseitigen Ende der Nutseitenfläche beabstandet ist. Der Flügel liegt damit am oberen, äußeren Ende der Nut an, ferner liegt der Flügel zwischen der Entlastungskerbe und dem abgerundeten Bereich in der Nähe des Nutgrundes an den Nutseitenflächen an, so dass er in der Nut geführt wird.

[0014] Eine besonders wirksame Spannungsreduzierung lässt sich erzielen, wenn die Entlastungskerbe des erfindungsgemäßen Flügelzellen-Nockenwellenverstellers zumindest teilweise als Kreisbogenabschnitt ausgebildet ist. Bei der Verwendung eines Kreisbogenabschnitts wird auf Ecken verzichtet, die zu einer Spannungserhöhung führen könnten.

[0015] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann es vorgesehen sein, dass das nutgrundseitige Ende der Entlastungskerbe näherungsweise senkrecht und das gegenüberliegende Ende der Entlastungskerbe tangential zur Nutseitenfläche verläuft. Bei einem derart aufgebauten Rotor lässt sich nochmals eine beträchtliche Reduzierung der Spannungen erzielen.

[0016] Es kann auch vorgesehen sein, dass der Radius des Kreisbogenabschnitts im Bereich des Nutgrundes derart gewählt ist, dass er tangential in den Kreisbogenabschnitt der Entlastungskerbe einmündet. Dementsprechend kann durch die Berandung beider Kreisbogenabschnitte ein Einhüllende gelegt werden, die einen bestimmten Radius besitzt.

[0017] Optimale Spannungsverhältnisse lassen sich erzielen, wenn der Radius des Kreisbogenabschnitts im Bereich der Entlastungskerbe das 0,75-fache bis das 0,85-fache der Nuthöhe beträgt. Besonders bevorzugt wird ein Wert von 0,81.

[0018] Bei dem erfindungsgemäßen Flügelzellen-Nockenwellenversteller kann der Radius des Kreisbogenabschnitts im Bereich des Nutgrundes etwa das 0,20-fache bis das 0,28-fache des Radius' des Kreisbogenabschnitts im Bereich der Entlastungskerbe betragen. Besonders bevorzugt wird ein Wert von 0,24.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0019]

- 5 Fig. 1 zeigt einen herkömmlichen Flügelzellen-Nockenwellenversteller mit einem Stator und einem Rotor mit eingesetzten Flügeln;
- 10 Fig. 2 zeigt einen vergrößerten Ausschnitt von Fig. 1 im Bereich einer Flügelnut;
- 15 Fig. 3 zeigt die Flügelnut eines Nockenwellenverstellers gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung; und
- 20 Fig. 4 die Flügelnut eines Nockenwellenverstellers gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

20 Detaillierte Beschreibung der Zeichnungen

[0020] Fig. 1 zeigt einen herkömmlichen Flügelzellen-Nockenwellenversteller 1 umfassend einen Stator 2 und einen Rotor 3 mit mehreren in Flügelnuten 4 eingesetzten Flügeln 5.

[0021] Der Stator 2 ist Teil eines Ketten- oder Riementriebs, wodurch die Drehung der Kurbelwelle über eine Kette oder einen Riemen über den Stator 2 und den Rotor 3 an eine Nockenwelle übertragen wird. Der Stator 2 weist Vorsprünge 6 auf, die als Anschläge für die Flügel 5 dienen. In Fig. 1 befindet sich der Flügel 5 in einer Endlage. In dem Rotor 3 befinden sich auf der linken und der rechten Seite jeder Flügelnut 4 Bohrungen, durch die ein Fluid in eine Kammer neben den Flügel 5 ein- oder ausströmen kann. Durch das ein- oder ausströmende Fluid wird eine Relativdrehung zwischen dem Rotor 3 und dem Stator 2 und damit zwischen der Kurbelwelle und der Nockenwelle eines Verbrennungsmotors erzielt.

[0022] An dem Flügel 5 greift die als Pfeil dargestellte Kraft 7 an, der das an der Welle des Rotors 3 angreifende Drehmoment 8 entgegenwirkt.

[0023] Fig. 2 zeigt einen vergrößerten Ausschnitt von Fig. 1 im Bereich der Flügelnut 4.

[0024] Die auf den Flügel 5 wirkende Kraft ruft eine Reaktionskraft 9 am äußeren Ende der Nutseitenfläche 10 hervor. Gleichzeitig wird eine weitere Reaktionskraft 11 an der gegenüberliegenden Nutseitenfläche 12 hervorgerufen. Die Kräfte 9, 11 bewirken eine kombinierte Zug- und Biegebeanspruchung im Bereich der Übergänge der Nutseitenflächen 10, 12 hin zum Nutgrund 13. Obwohl der Übergang zwischen dem Nutgrund 13 und den Nutseitenflächen 10, 12 als Hinterschnitt in der Nutseitenfläche ausgebildet ist, treten in den Eckbereichen, insbesondere in der in Fig. 2 links dargestellten Ecke sehr hohe Spannungen im Werkstoff auf.

[0025] Fig. 3 zeigt die Flügelnut eines Nockenwellenverstellers gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel der

Erfindung.

[0026] Die Kontur der herkömmlichen Flügelnut gemäß Fig. 2 ist in Fig. 3 zum Vergleich gestrichelt dargestellt.

[0027] Bei der in Fig. 3 dargestellten Flügelnut 14 sind die abgerundeten Übergangsbereiche zwischen den Nutseitenflächen 15, 16 und dem Nutgrund 17 als Kreisbogenabschnitte 18, 19 ausgebildet, die den Nutgrund 17 zumindest teilweise unterschneiden. Berechnungen haben gezeigt, dass durch die in Fig. 3 dargestellte optimierte Geometrie eine Reduzierung der maximalen Hauptspannung um 13 % erzielt werden kann.

[0028] In dem dargestellten Ausführungsbeispiel stehen der Abstand des unteren Endes der Nutseitenfläche 15, 16 vom Nutgrund 17 und die Breite der Flügelnut 14 in einem Verhältnis von etwa 0,48 zueinander. Der Radius der Kreisbogenabschnitte 18, 19 beträgt das 0,56-fache des Abstands des unteren Endes der Nutseitenflächen 15, 16 vom Nutgrund 17. Der horizontale Abstand des Mittelpunkts des Kreisbogenabschnitts 18, 19 von der Symmetrielinie der Flügelnut 14 beträgt das 0,35-fache der Breite der Flügelnut 14. Der vertikale Abstand des Mittelpunkts der Kreisbogenabschnitte 18, 19 zum Nutgrund 17 beträgt das 0,95-fache des Radius der Kreisbogenabschnitte 18, 19.

[0029] Fig. 4 zeigt die Flügelnut eines Nockenwellenverstellers gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0030] Anders als bei dem in Fig. 3 gezeigten Ausführungsbeispiel weist die Flügelnut im Bereich der Nutseitenflächen 26, 27 Entlastungskerven 28, 29 auf. Die Entlastungskerven 28, 29 sind von dem nutgrundseitigen Ende 30, 31 der Nutseitenflächen 26, 27 beabstandet, so dass ein Flügel in diesem Bereich an den Nutseitenflächen 26, 27 anliegt und geführt wird.

[0031] Die Entlastungskerven 28, 29 sind zumindest teilweise als Kreisbogenabschnitt mit einem Radius 32 ausgebildet. Das nutgrundseitige Ende der Entlastungskerbe 28, 29, das in Fig. 4 untere Ende, verläuft näherungsweise senkrecht zur Nutseitenfläche 26, 27. Das gegenüberliegende Ende, das in Fig. 4 obere Ende der Entlastungskerbe 28, 29 verläuft tangential zur Nutseitenfläche 26, 27. Da der Radius 32 der Entlastungskerven 28, 29 zumindest teilweise mit dem Radius der Kreisbogenabschnitte 33, 34 im Bereich des Nutgrunds 35 übereinstimmt, wird der Kraftfluss ausgehend von der oberen Nutkante in einem weiten Bogen umgelenkt, so dass in den Eckbereichen, insbesondere in der Nähe des in Fig. 4 links dargestellten Kreisbogenabschnitts 33 die Entstehung von Spannungskonzentrationen vermieden wird.

[0032] Der Radius 36 des Kreisbogenabschnitts 33, 34 im Bereich des Nutgrunds 35 ist derart gewählt, dass der Kreisbogenabschnitt 33, 34 tangential in den Kreisbogenabschnitt der Entlastungskerbe 28, 29 einmündet.

[0033] Der Radius 32 des Kreisbogenabschnitts im Bereich der Entlastungskerbe 28, 29 beträgt in dem dar-

gestellten Ausführungsbeispiel das 0,81-fache der Nuthöhe 37. Der Radius 36 des Kreisbogenabschnitts 33, 34 im Bereich des Nutgrunds 35 beträgt das 0,24-fache des Radius 32 des Kreisbogenabschnitts im Bereich der Entlastungskerbe 28, 29.

[0034] Berechnungen haben ergeben, dass durch die optimierte Geometrie gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel eine Spannungsreduzierung um 30 % erzielt wird.

Bezugszahlen

[0035]

1	Flügelzellen-Nockenwellenversteller
2	Stator
3	Rotor
4	Flügelnut
5	Flügel
6	Vorsprung
7	Kraft
8	Drehmoment
9	Reaktionskraft
10	Nutseitenfläche
11	Reaktionskraft
12	Nutseitenfläche
13	Nutgrund
14	Flügelnut
15	Nutseitenfläche
16	Nutseitenfläche
17	Nutgrund
18	Kreisbogenabschnitt
19	Kreisbogenabschnitt
20	Nutbreite
21	horizontaler Abstand
22	vertikaler Abstand
23	vertikaler Abstand
24	Radius
25	Flügelnut
26	Nutseitenfläche
27	Nutseitenfläche
28	Entlastungskerven
29	Entlastungskerven
30	Ende der Nutseitenfläche
31	Ende der Nutseitenfläche
32	Radius
33	Kreisbogenabschnitt
34	Kreisbogenabschnitt
35	Nutgrund
36	Radius
37	Nuthöhe

Patentansprüche

1. Flügelzellen-Nockenwellenversteller mit einem Stator, einem mit einer Nockenwelle verbindbaren Rotor mit mehreren radial abstehenden Flügeln, die

- in Flügelnuten eingesetzt sind, wobei eine Flügelnut Nutseitenflächen, einen Nutgrund und die Nutseitenflächen hinterschneidende, abgerundete Übergangsbereiche zwischen den Nutseitenflächen und dem Nutgrund aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die abgerundeten Übergangsbereiche zumindest teilweise als den Nutgrund (17, 35) hinterschneidende Kreisbogenabschnitte (18, 19, 33, 34) ausgebildet sind.
2. Flügelzellen-Nockenwellenversteller nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand (23) des unteren Endes der Nutseitenfläche (15, 16) vom Nutgrund (17) und die Nutbreite im Verhältnis von 0,4 bis 0,55, insbesondere näherungsweise 0,48, zueinander stehen.
3. Flügelzellen-Nockenwellenversteller nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Radius (24) der Kreisbogenabschnitte das 0,5-fache bis 0,6-fache, insbesondere das 0,56-fache, des Abstands (23) des unteren Endes der Nutseitenfläche (15, 16) vom Nutgrund (17) beträgt.
4. Flügelzellen-Nockenwellenversteller nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der horizontale Abstand (21) des Mittelpunkts des Kreisbogenabschnitts (18, 19) von der Symmetrielinie der Nut (14) das 0,3-fache bis 0,4-fache der Nutbreite (20), insbesondere das 0,35-fache beträgt.
5. Flügelzellen-Nockenwellenversteller nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der vertikale Abstand (22) des Mittelpunkts des Kreisbogenabschnitts (18, 19) zum Nutgrund (17) das 0,90-fache bis 0,99-fache des Radius' (24) des Kreisbogenabschnitts (18, 19), insbesondere das 0,95-fache beträgt.
6. Flügelzellen-Nockenwellenversteller nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Nutseitenfläche (26, 27) eine Entlastungskerbe (28, 29) aufweist.
7. Flügelzellen-Nockenwellenversteller nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Entlastungskerbe (28, 29) von dem nutgrundseitigen Ende (30, 31) der Nutseitenfläche (26, 27) beabstandet ist.
8. Flügelzellen-Nockenwellenversteller nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Entlastungskerbe (28, 29) zumindest teilweise als Kreisbogenabschnitt ausgebildet ist.
9. Flügelzellen-Nockenwellenversteller nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das nut-
- grundseitige Ende der Entlastungskerbe (28, 29) näherungsweise senkrecht und das gegenüberliegende Ende der Entlastungskerbe (28, 29) tangential zur Nutseitenfläche (26, 27) verläuft.
10. Flügelzellen-Nockenwellenversteller nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Radius (36) des Kreisbogenabschnitts (33, 34) im Bereich des Nutgrunds (35) derart gewählt ist, dass er tangential in den Kreisbogenabschnitt der Entlastungskerbe (28, 29) einmündet.
11. Flügelzellen-Nockenwellenversteller nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Radius (32) des Kreisbogenabschnitts im Bereich der Entlastungskerbe (28, 29) das 0,75-fache bis das 0,85-fache, insbesondere das 0,81-fache, der Nuthöhe beträgt.
12. Flügelzellen-Nockenwellenversteller nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Radius (36) des Kreisbogenabschnitts (33, 34) im Bereich des Nutgrunds (35) etwa das 0,20-fache bis das 0,28-fache, insbesondere das 0,24-fache, des Radius' (32) des Kreisbogenabschnitts im Bereich der Entlastungskerbe (28, 29) beträgt.

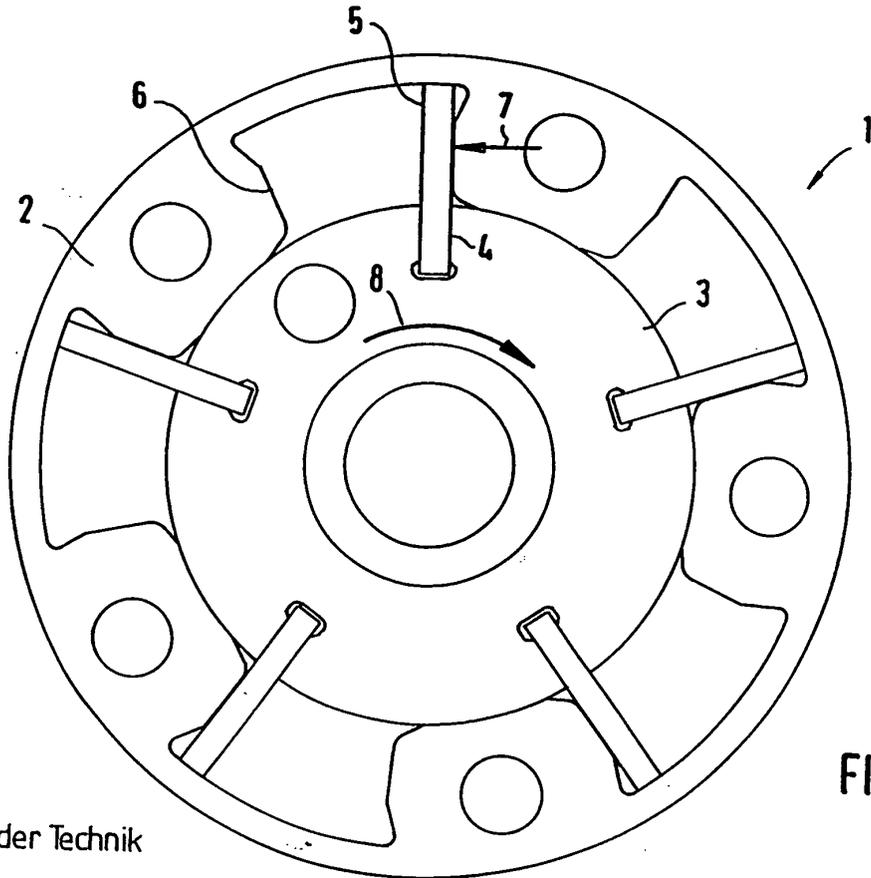


FIG. 1

Stand der Technik

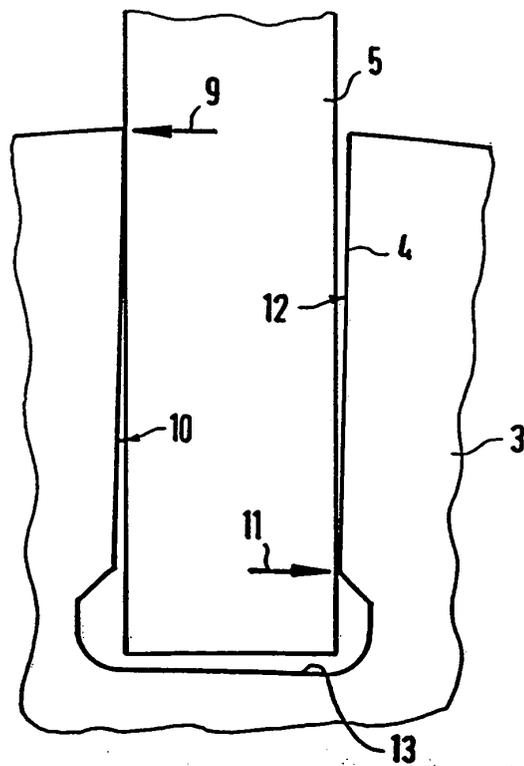


FIG. 2

Stand der Technik

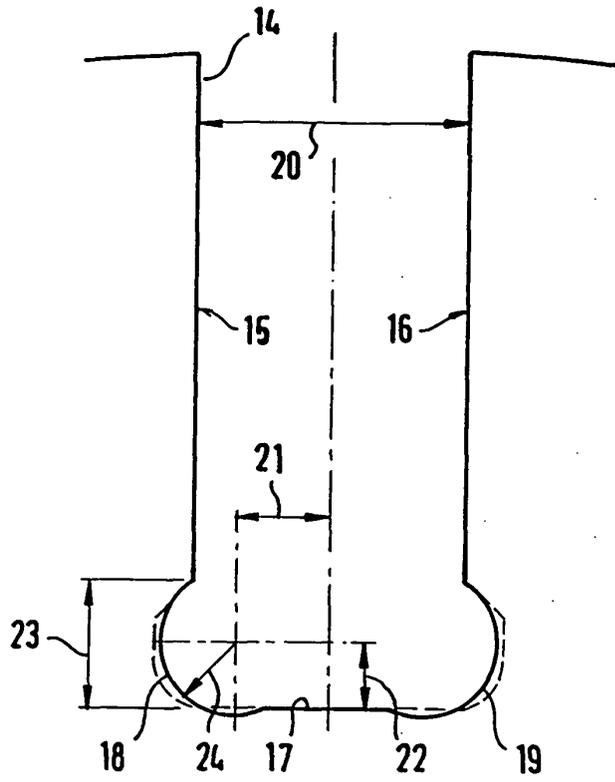


FIG. 3

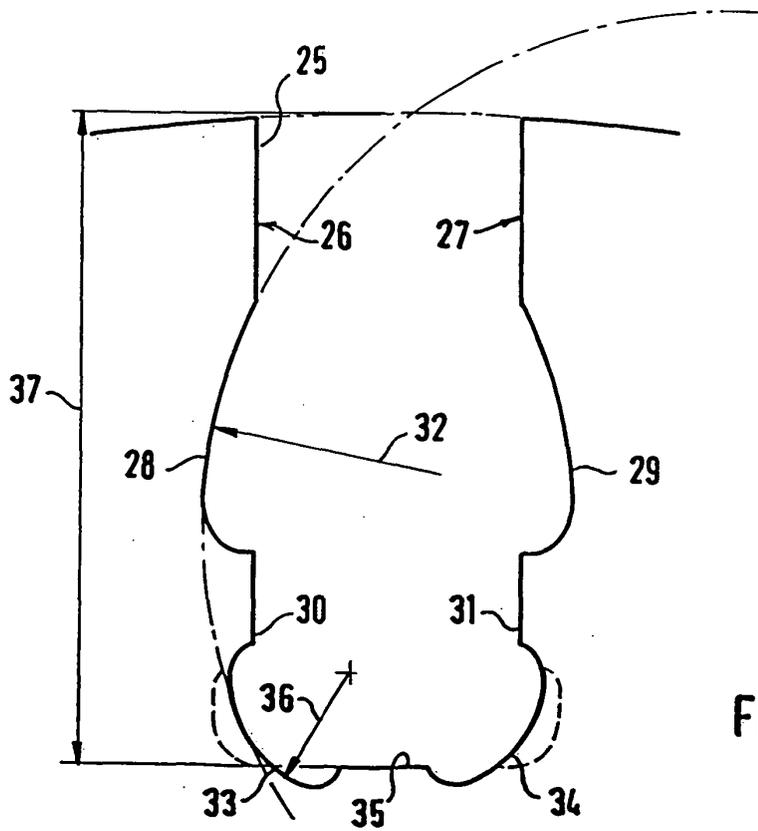


FIG. 4