



(10) **DE 10 2010 001 316 A1** 2011.08.18

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 001 316.1**

(22) Anmeldetag: **28.01.2010**

(43) Offenlegungstag: **18.08.2011**

(51) Int Cl.: **B23F 17/00** (2006.01)

B23F 5/20 (2006.01)

B23F 23/00 (2006.01)

B23Q 1/44 (2006.01)

B23Q 39/02 (2006.01)

(71) Anmelder:
Universität Bremen, 28359, Bremen, DE

(74) Vertreter:
**von Ahnen, Erwin-Detlef, Dipl.-Ing., 85354,
Freising, DE**

(72) Erfinder:
**Piwiek, Volker, Dr.-Ing., 28201, Bremen, DE;
Schenck, Christian, Dr.-Ing., 28359, Bremen, DE;
Kuhfuß, Bernd, Prof. Dr.-Ing., 28359, Bremen, DE;
Goch, Gert, Prof. Dr.-Ing., 28209, Bremen, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	199 03 481	A1
DE	26 30 406	A1
DD	2 41 214	A1
US	45 43 020	
JP	59-0 19 628	A
JP	58-0 15 624	A

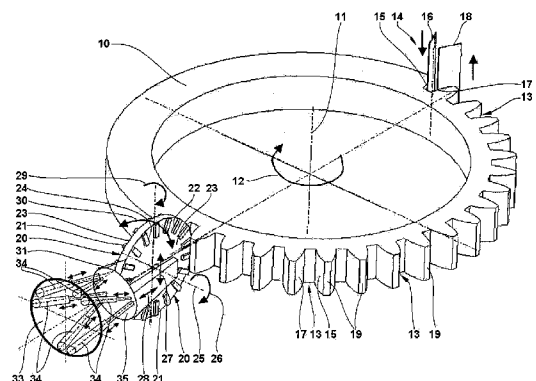
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Herstellen von, insbesondere großen, Zahnrädern**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herstellen von, insbesondere großen Zahnrädern (10) durch spanabhebende Bearbeitung. Ein solches Verfahren bzw. eine solche Vorrichtung soll erfindungsgemäß derart weitergebildet werden, durch das sich Zahnräder mit einem von der Zahngeometrie unabhängigen Werkzeug bei hohen Zeitspannvolumen fertigen lassen. Zur Lösung dieses Problems ist erfindungsgemäß vorgesehen, zunächst eine Zahnücke (13) zwischen zwei benachbarten Zähnen (19) vorzuräumen, und anschließend die Zahngeometrie zu fräsen. Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist zu diesem Zweck eine Vorräumeinrichtung (14), insbesondere eine Band-Säge, durch welche eine Zahnücke (13) zwischen zwei benachbarten Zähnen (19) zunächst vorgeräumt wird, und eine Fräseinrichtung, insbesondere einen Scheibenfräser (20), zum anschließenden Fräsen der Zahngeometrie auf.

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung eignen sich insbesondere zum Herstellen von Großverzahnungen, wie sie zum Beispiel für Windenergieanlagen benötigt werden.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Herstellen von, insbesondere großen, Zahnrädern durch spanabhebende Bearbeitung.

[0002] Ein solches Verfahren und eine solche Vorrichtung sind aus der DE 199 03 481 A1 oder der DD 241 214 A1 bekannt.

[0003] Die Erfindung befasst sich allgemein mit der Herstellung von Zahnrädern jeder Größe. Besonders bevorzugtes Einsatzgebiet für die Erfindung ist die Herstellung von Großverzahnungen, wie sie zum Beispiel für Windenergieanlagen, aber auch für andere Anwendungen, benötigt werden. Solche Zahnräder werden aus Schmiederohlingen oder gewalzten Ringen hergestellt. Nach dem Erkalten wird die Verzahnung in einer Weichbearbeitung durch spanabhebende Bearbeitung aus dem Vollen erzeugt. Dieses erfolgt beispielsweise durch Wälzfräsen, Wälzstoßen oder Wälzhobeln. Diese und andere Fertigungsverfahren sind zum Beispiel in „Dubbel-Taschenbuch für den Maschinenbau“, 14. Auflage, Springer-Verlag 1981, Seiten 1050 bis 1060 beschrieben. Im Anschluss an die spanabhebende Bearbeitung muss die Verzahnung oft noch einer Wärmebehandlung, beispielsweise einer Vergütungsbehandlung und/oder einer Oberflächenhärtung, unterzogen werden, um bestimmte Materialeigenschaften, wie beispielsweise die Verschleißfestigkeit, einzustellen.

[0004] Beim Wälzfräsen wird ein Wälzfräser eingesetzt, der ähnlich einer Schnecke in einem Schneckengetriebe ausgebildet ist. Der rotierende Wälzfräser wird in Achsrichtung des Zahnrades verschoben werden und so werden die Zahnflanken gefräst. Die Kinematik von Zahnrad und Wälzfräser verhält sich dabei wie bei einem Schneckengetriebe.

[0005] Beim Wälzstoßen und Wälzhobeln wird die Zahngeometrie durch eine lineare Relativbewegung zwischen dem Werkzeug und dem Zahnrad parallel zur Achsrichtung des Zahnrades erzeugt. Zusätzlich zu dieser linearen Relativbewegung führt das Werkzeug mit dem Zahnrad eine Wälzbewegung aus. Das Werkzeug, welches auch als Stoßkamm oder Hobelkamm bezeichnet wird, gleicht im Wesentlichen einer Zahnstange, die beim Erzeugen der Zahngeometrie mit dem zu fertigenden Zahnrad eine Bewegung ähnlich der Kinematik zwischen Zahnstange und Zahnrad ausführt.

[0006] Allen genannten Fertigungsverfahren ist gemeinsam, dass für jede Zahngeometrie ein anderes, speziell auf diese Zahngeometrie abgestimmtes Werkzeug benötigt wird. Hierdurch lohnt sich die wirtschaftliche Fertigung erst ab größeren Stückzahlen, da sich erst bei größeren Stückzahlen die Werkzeug-

kosten auf eine entsprechende Zahl von Werkstücken umlegen lassen. Großzahnräder beispielsweise für Windenergieanlagen werden aber in Einzelfertigung oder Kleinserienfertigung hergestellt. In diesem Bereich und ganz besonders im Reparaturbereich und Servicebereich ist man an Produktionsverfahren interessiert, die durch schnelle Verfügbarkeit der Werkzeuge erheblich schnellere Reaktionszeiten bei gleichzeitig günstiger Fertigung bieten.

[0007] In der DE 199 03 481 A1 wird vorgeschlagen, einen Schaft- oder Fingerfräser zum Fräsen der Zahngeometrie einzusetzen. Aufgrund der Verwendung dieses Fräsertyps ist kein auf die Zahngeometrie abgestimmtes Werkzeug nötig. Damit lässt sich die Reaktionszeit erheblich verkürzen. Allerdings sind die auf den Schaft- oder Fingerfräser beim Fräsen einwirkenden Quer- und damit Biegekräfte sehr groß, weshalb der Fräser nach der DE 199 03 481 A1 auch an beiden Enden abgestützt ist. Ferner sind die mit diesem Fräser am Zahnrad fräsbaren Innenradien durch den Radius des Fräasers begrenzt und das Zeitspanvolumen unbefriedigend.

[0008] Die DD 241 214 A1 schlägt eine Vorrichtung vor, mit welcher gehärtete Großzahnräder beispielsweise mittels eines Scheibenfräasers hergestellt werden. Anschließend wird das Zahnrad durch Teilwälzschleifen fertig bearbeitet. Auch mit dieser Vorrichtung ist das Zeitspanvolumen unbefriedigend.

[0009] Unter www.depo.de/content/view/43/88/lang/ wird eine Software beworben, mit welcher sich Zahnräder auf konventionellen Werkzeugmaschinen ohne einen auf die Zahngeometrie abgestimmten Formfräser fräsen lassen.

[0010] Aus der GB 1 420 641 ist eine Vorrichtung zum Fräsen einer spiralförmigen Nocke bekannt, bei der ebenfalls ein Schaft- oder Fingerfräser verwendet wird.

[0011] Hiervon ausgehend liegt der Erfindung das Problem zugrunde, ein Fertigungsverfahren zum Fertigen von Zahnrädern vorzuschlagen, durch das sich Zahnräder mit einem von der Zahngeometrie unabhängigen Werkzeug bei hohem Zeitspanvolumen fertigen lassen.

[0012] Zur Lösung dieses Problems ist das erfindungsgemäße Verfahren dadurch gekennzeichnet, dass eine Zahnücke zwischen zwei benachbarten Zähnen zunächst vorgeräumt und anschließend die Zahngeometrie gefräst wird. Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist zur Lösung dieses Problems durch eine Vorräumeinrichtung, insbesondere eine (Band-)Säge, durch welche eine Zahnücke zwischen zwei benachbarten Zähnen zunächst vorgeräumt wird, und eine Fräseinrichtung, insbesondere

re einem Scheibenfräser, zum anschließenden Fräsen der Zahngeometrie gekennzeichnet.

[0013] Das grobe Vorschneiden eines Werkstücks mittels einer Bandsäge ist zwar prinzipiell beispielsweise aus der JP 59 019 628 A bekannt, bisher aber noch nicht im Zusammenhang mit der Zahnradfertigung vorgeschlagen worden. Da zunächst eine Zahnücke vorgeräumt wird und anschließend die Zahngeometrie nur noch aus dem durch das Vorräumen entstandenen Zahnrohling herausgefräst werden muss, ist das auf die gesamte Bearbeitungszeit bezogene Zeitspanvolumen gegenüber den bekannten Vorrichtungen deutlich verbessert. Das Fräsen eines Zahnrohlings und das Vorräumen einer Zahnücke für einen nachfolgenden Zahnrohling kann dabei gleichzeitig erfolgen, was die Durchlaufzeit für die Bearbeitung verringert. Auch macht das Vorräumen den Einsatz eines Scheibenfräasers besonders wirtschaftlich. Mit dem Scheibenfräser lassen sich unterschiedliche Zahngeometrien, darunter auch Schräg- oder Kegelradverzahnungen auf einfache Weise bei hohem Zeitspanvolumen fräsen.

[0014] Zum Fräsen der Zahngeometrie wird der Scheibenfräser relativ zum Zahnrad in Radialrichtung desselben und in einer Richtung parallel zur Rotationsachse des Zahnrades zugestellt. Diese Beweglichkeit reicht aus, um die Zahngeometrie einer Geradverzahnung zu fräsen. Zusätzlich kann der Scheibenfräser auch gekippt werden, nämlich um eine Achse parallel zur Rotationsachse des Zahnrades und/oder einer hierzu senkrechten Achse, wodurch das Fräsen von Geradverzahnungen weiter optimiert und auch das Fräsen von Schräg- und anderen Verzahnungen möglich wird. Es versteht sich, dass die vorstehend genannten Bewegungen immer relativ zum Zahnrad gemeint sind. Ob nun letztlich der Fräser oder, entsprechend entgegengesetzt, das Zahnrad bewegt wird, ist für das Erreichen des Ziels unerheblich. Bevorzugt ist es aber, dass das Zahnrad während der Bearbeitung still steht und der Scheibenfräser bewegt wird, da bei bewegtem Zahnrad die Bandsäge zum Vorräumen bei gleichzeitigem Fräsen entsprechend der Zahnradbewegung mitbewegt werden müsste.

[0015] Die Zahnücke kann nach einer Weiterbildung der Erfindung mit jeweils einem Trumm zweier gesonderter Bandsägen V-förmig ausgesägt werden. Alternativ können aber auch beide Trumms ein und derselben Bandsäge zum Vorräumen verwendet werden.

[0016] Bei schräg verzahnten Zahnrädern sind die Zahnflanken, wenn man radial von außen auf ihre Köpfe schaut, leicht gebogen. Dieses kann bereits beim Vorräumen berücksichtigt werden, indem das zum Sägen aktive Arbeitstrumm der Bandsäge mit einer entsprechenden Führung versehen wird, die das

Arbeitstrumm korrespondierend zur Zahngeometrie führt.

[0017] Der Scheibenfräser wird vorzugsweise an einer Parallelkinematik bestehend aus einer Anzahl teleskopartig ein- und ausfahrbarer Teleskopstangen gelagert. Als Teleskopstangen eignen sich insbesondere Servoachsen, vorzugsweise mit Kugelumlaufspindel. Es sind aber auch Druckmittelzylinder, vorzugsweise Hydraulikzylinder geeignet. Pneumatikzylinder sind zwar auch denkbar, wegen ihres Schwingungsverhaltens aber zumindest ohne entsprechende Dämpfung weniger geeignet. Mittels dieser Parallelkinematik lässt sich der Scheibenfräser durch gezieltes Ansteuern der Ein- und Ausfahrbewegung der Teleskopstangen in alle drei Raumrichtungen verschieben sowie auch um die in der normalen Rotationsachse des Scheibenfräasers senkrechten Achsen schwenken bzw. kippen, nämlich um die zu der normalen Rotationsachse des Zahnrades parallelen Hochachsen schwenken bzw. einer Längsachse, welche der Radialachse des Zahnrades entspricht, kippen. Besonders geeignet ist ein Hexapod als Parallelkinematik.

[0018] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

[0019] Fig. 1 eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens mit den Erfindungsmerkmalen mit teilgefertigtem Zahnrad in schematischer, perspektivischer Darstellung.

[0020] Fig. 1 zeigt ein teilgefertigtes Zahnrad 10. Konkret handelt es sich um ein teilgefertigtes Großzahnrad beispielsweise für eine Windenergieanlage. Solche Zahnräder 10 werden aus Schmiederohlingen oder gewalzten Ringen hergestellt. Das zu fertigende Zahnrad 10 ist um seine Rotationsachse 11 rotierbar auf einem Maschinentisch gelagert, wie durch den Pfeil 12 angedeutet.

[0021] Bei der Fertigung des Zahnrades 10 wird zunächst eine Zahnücke 13 durch eine Bandsäge 14 ausgesägt. Dieses geschieht entweder bei still stehendem, also nicht rotierendem Zahnrad 10 oder die Bandsäge 14 wird synchron mit dem rotierenden Zahnrad 10 mitbewegt. Das Aussägen der Zahnücke 13 erfolgt durch jeweils ein Arbeitstrumm zweier gesonderter Bandsägen. Im vorliegenden Fall wird eine Flanke 15 der Zahnücke 13 durch ein sich aufwärts bewegendes Trumm 16 gesägt, während das Aussägen der anderen Flanke 17 der Zahnücke 13 durch ein sich abwärts bewegendes Trumm 18 erfolgt. Die Trumms 16 und 18 werden jeweils in ihrer Ebene zugestellt. Alternativ kann die Zahnücke auch durch eine einzige Bandsäge 14 ausgesägt werden, wobei dann das eine Trumm 16 die eine Flanke 15 und gleichzeitig das andere Trumm 18 die an-

dere Flanke **17** sägt. Auf diese Weise wird eine etwa V-förmige Zahnücke **13** ausgesägt. Es entstehen Zahnrohlinge **19**, aus denen nachfolgend die eigentlichen Zähne mit der konkret benötigten Zahngeometrie (Evolvente) hergestellt werden. Die Zahnücke **13** wird also vorgeräumt.

[0022] Die Herstellung der fertigen Zähne erfolgte durch einen Scheibenfräser **20** mittels spanabhebender Bearbeitung. Der Scheibenfräser **20** ist ein handelsüblicher Scheibenfräser, der mit am Umfang verteilten Schneiden **21** versehen ist, die über den Mantel **22** des Scheibenfräasers **20** und an beiden Stirnflächen **23** vorstehen und jeweils mit Schnittkanten **24** versehen sind.

[0023] Der Scheibenfräser **20** rotiert in der üblichen Weise um seine Rotationsachse **25** (Pfeil **26**). Ferner ist er parallel zur Rotationsachse **11** des zu fertigenden Zahnrades **10** gemäß Doppelpfeil **27** und in Radialrichtung des zu fertigenden Zahnrades **10** gemäß Doppelpfeil **28** linear beweglich. Schließlich ist es noch möglich, den Scheibenfräser um eine Achse parallel zur Rotationsachse **11** des zu fertigenden Zahnrades **10** zu schwenken, wie dieses durch den Doppelpfeil **29** angedeutet ist. Durch eine geeignete Kombination dieser Bewegungen des Scheibenfräasers **20** und gegebenenfalls Drehen des zu fertigenden Zahnrades **10** um seine Rotationsachse **11** im Uhrzeigersinn oder im Gegenuhrzeigersinn lässt sich die endgültige Zahngeometrie fertigen. Die konkrete Kinematik entspricht dabei im Wesentlichen der Kinematik, die von Zahnflankenschleifmaschinen bekannt ist.

[0024] Weiterhin ist es auch möglich, den Scheibenfräser **20** um eine zur Radialrichtung des Zahnrades **10** parallele Achse zu kippen, wie dieses durch den Doppelpfeil **30** angegeben ist. Diese Kippmöglichkeit ist insbesondere zur Herstellung von schräg verzahnten Zahnrädern von Vorteil.

[0025] Erreicht wird die Beweglichkeit des Scheibenfräasers **20** durch seine ebenfalls in [Fig. 1](#) dargestellte Halterung. Der Scheibenfräser **20** ist zunächst an einem Gabelkopf **31** drehend antreibbar gelagert. Der Gabelkopf **31** ist seinerseits mittels einer Parallelkinematik **32** an einem geeigneten Halteorgan gelagert, welches in [Fig. 1](#) schematisch als Scheibe **33** dargestellt ist. Die Parallelkinematik **32** weist im vorliegenden Fall sechs Teleskopstangen **34** auf, die, wie durch die Doppelpfeile angedeutet, teleskopartig ein- und ausfahrbar sind. Die Teleskopstangen **34** sind als Servoachsen ausgebildet. Sie können aber auch als z. B. doppelt wirkende Druckmittelzylinder ausgebildet sein. Die Parallelkinematik **32** ist im vorliegenden Fall konkret als Hexapod ausgebildet. Zwei benachbarte Teleskopstangen **34** sind jeweils so angeordnet, dass sie gemeinsam mit der Scheibe **33** oder der Rückseite **35** des Gabelkopfes **31** ein Drei-

eck bilden. Jeweils zwei benachbart zueinander liegende Teleskopstangen **34** sind also unmittelbar nebeneinander an der Scheibe **33** bzw. an der Rückseite **35** gelenkig angebracht, wie dieses in [Fig. 1](#) gut zu erkennen ist. Diese Befestigungspunkte der Teleskopstangen **34** sind äquidistant am Umfang der Scheibe **33** bzw. der Rückseite **34** verteilt angeordnet, bilden also ein gleichseitiges Dreieck. Abgewickelt würden die Teleskopstangen **34** eine Zick-Zack-Struktur ergeben. Durch gezieltes Ein- und Ausfahren bestimmter Teleskopstangen **34** lässt sich nun der Gabelkopf **31** und mit ihm der Scheibenfräser **20** in der oben beschriebenen Weise linear verschieben, drehen, schwenken und/oder kippen. Zusätzlich kann auch noch die Scheibe **33** selbst in den gleichen Achsen linear verschieblich oder ihrerseits um ihre drei Achsen drehbar, schwenkbar bzw. kippbar sein. Aber auch nur mit den Teleskopstangen **34** selbst ergeben sich oft schon hinreichende Bewegungsmöglichkeiten für den Scheibenfräser **20**, so dass ein Zahnrohling **19** bei stillstehenden Zahnrad **10** bearbeitet werden kann. Auf diese Weise muss die Bandsäge **14** nicht während des Vorräumens mit dem sich bewegenden Zahnrad **10** mit bewegt werden, was deren konstruktiven Aufbau erheblich vereinfacht.

[0026] Mit der insoweit beschriebenen Vorrichtung lassen sich unter anderem gerade und schräg verzahnte Zahnräder sowie Kegelzahnräder herstellen. Bei schräg verzahnten Zahnrädern sind die Flanken **15**, **17**, wenn man radial von außen auf den Zahn schaut, gebogen. Auch dieses lässt sich beim Vorräumen berücksichtigen, in dem die Trumms **16**, **18** entsprechend gebogen werden. Hierfür kann eine Führung für die Trumms **16**, **18** vorgesehen werden, welche die Trumms **16**, **18** korrespondierend zum Verlauf der Flanken **15**, **17**, während des Sägens biegt. Die Führung ist am einfachsten ein auf der Rückseite (den Sägezähnen gegenüberliegend) an den Trumms **16**, **18** angeordnetes U-förmiges Blech, in welchem die Trumms **16**, **18** jeweils geführt sind. Die Führung kann als Gleitführung, hydrodynamische Führung oder als Wälzlagerführung ausgebildet sein.

Bezugszeichenliste

10	Zahnrad
11	Rotationsachse
12	Pfeil
13	Zahnücke
14	Bandsäge
15	Flanke
16	Trumm
17	Flanke
18	Trumm
19	Zahnrohling
20	Scheibenfräser
21	Schneide
22	Mantel
23	Stirnfläche

- 24 Schnittkante
- 25 Rotationsachse
- 26 Pfeil
- 27 Doppelpfeil
- 28 Doppelpfeil
- 29 Doppelpfeil
- 30 Doppelpfeil
- 31 Gabelkopf
- 32 Parallelkinematik
- 33 Scheibe
- 34 Teleskopstange
- 35 Rückseite

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 19903481 A1 [0002, 0007, 0007]
- DD 241214 A1 [0002, 0008]
- GB 1420641 [0010]
- JP 59019628 A [0013]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- „Dubbel-Taschenbuch für den Maschinenbau“, 14. Auflage, Springer-Verlag 1981, Seiten 1050 bis 1060 [0003]
- www.depo.de/content/view/43/88/lang/ [0009]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von, insbesondere großen, Zahnrädern (10) durch spanabhebende Bearbeitung, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Zahnücke (13) zwischen zwei benachbarten Zähnen (19) zunächst vorgeräumt und anschließend die Zahngeometrie gefräst wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zahnücke (13) durch Aussägen, insbesondere mittels einer Bandsäge (14), vorgeräumt und die Zahngeometrie mittels eines Scheibenfräasers (20) gefräst wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Zahngeometrie eines der Zähne gefräst wird, während eine der anderen Zahnücken vorgeräumt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Scheibenfräser (20) in Radialrichtung (28) des Zahnrades (10) sowie in einer Richtung (27) parallel zur Rotationsachse (11) des Zahnrades (10) zugestellt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Scheibenfräser (20) um eine Achse parallel zur Rotationsachse (11) des Zahnrades (10) und/oder einer dazu senkrechten Achse schwenken bzw. gekippt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Zahnrad als Teil einer Zustellbewegung während des Fräsens um seine Rotationsachse (11) gedreht wird.

7. Vorrichtung zum Herstellen von, insbesondere großen, Zahnrädern (10) durch spanabhebende Bearbeitung mit einem Fräser, gekennzeichnet durch eine Vorräumeinrichtung (14), insbesondere eine (Band-)Säge, durch welche eine Zahnücke (13) zwischen zwei benachbarten Zähnen (19) zunächst vorgeräumt wird, und eine Fräseinrichtung, insbesondere einem Scheibenfräser (20), zum anschließenden Fräsen der Zahngeometrie.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Zahnücke (13) mit je einem Arbeitstrumm (16, 18) zweier gesonderter (Band-)Sägen oder von beiden Trumms derselben Bandsäge V-förmig vorgeräumt wird.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Scheibenfräser (20) in Radialrichtung (28) des Zahnrades (10) sowie in einer Richtung (27) parallel zur Rotationsachse (11) des Zahnrades (10) zustellbar und/oder um eine Achse parallel zur Rotationsachse (11) des Zahnrades (10) und/oder einer dazu senkrechten Achse kippbar ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass den Trumms (16, 18) der Bandsäge(n) (14) eine Führung zugeordnet ist, durch welche die Trumms (16, 18) korrespondierend zu einer Krümmung von Zahnflanken (15, 17) der Zähne (19) geführt werden.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Scheibenfräser (20) an einer Parallelkinematik (32), insbesondere einem Hexapod, bestehend aus einer Anzahl teleskopartig ein- und ausfahrbarer, beispielsweise als Druckmittelzylinder, oder als Servoachse, ausgebildete, Teleskopstangen (34) gelagert ist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

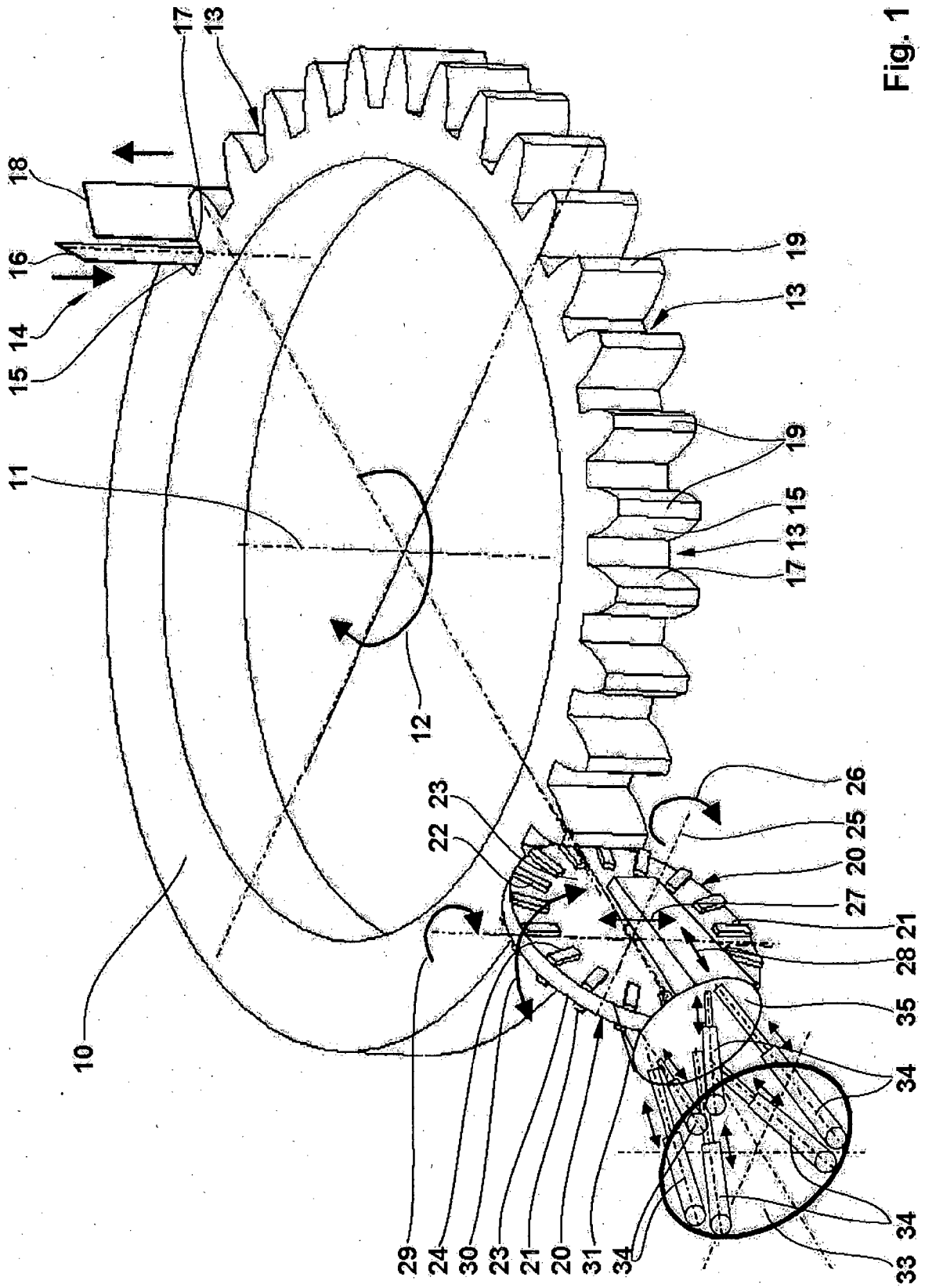


Fig. 1