

(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
16. März 2023 (16.03.2023)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2023/036630 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B23F 23/00 (2006.01) B23Q 17/22 (2006.01)
B23F 23/12 (2006.01) G05B 19/401 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2022/073814

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. August 2022 (26.08.2022)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
CH070259/2021 10. September 2021 (10.09.2021) CH

(71) Anmelder: REISHAUER AG [CH/CH]; Industriestrasse
36, 8304 Wallisellen (CH).

(72) Erfinder: SENNHAUSER, Erwin; Zielackerstrasse 6,
8451 Kleinandelfingen (CH). MARX, Hartmut; Froh-
heimstrasse 1, 8304 Wallisellen (CH). BACHL, Franz; Hö-
henstrasse 4, 8304 Wallisellen (CH). WINKLER, Lorenz;
Neuwiesenstrasse 69a, 8400 Winterthur (CH).

(74) Anwalt: DETKEN, Andreas; c/o Isler & Pedrazzini AG,
Postfach 1772, 8027 Zürich (CH).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ,
DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO,
JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) Title: MACHINE TOOL WITH CALIBRATING DEVICE FOR CALIBRATING A CENTRING SENSOR

(54) Bezeichnung: WERKZEUGMASCHINE MIT KALIBRIERVORRICHTUNG ZUR KALIBRIERUNG EINES EINZENTRIERSENSORS

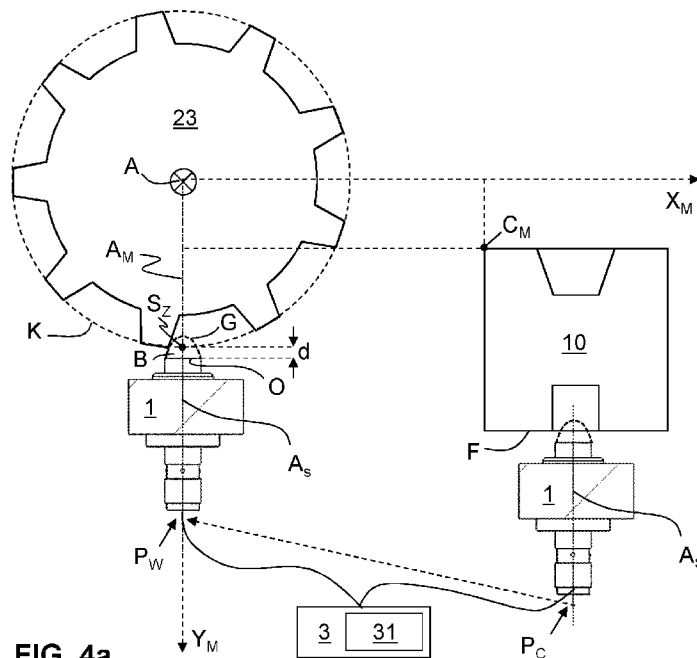


FIG. 4a

(57) Abstract: A machine tool for machining workpieces with precut teeth has a workpiece carrier (20), a workpiece spindle (21) with a workpiece spindle housing (211) and a workpiece spindle shaft (212) which can be rotated about a workpiece spindle axis (A). Furthermore, the machine tool has a centring sensor (1) which is designed to determine a phase position of teeth of a workpiece (23) rotating about the workpiece spindle axis (A), a calibrating piece (10) which is situated at a defined calibrating location (CM) relative to the workpiece spindle (21), and a sensor controller which is designed to carry out the following method: moving the centring sensor (1) relative to the workpiece spindle (21) into a calibrating position in which the centring sensor (1) is situated at the calibrating piece (10); determining a response behaviour of the centring sensor (1) in that the sensor controller (3) moves the centring sensor (1)



WO 2023/036630 A1

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST,
SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

relative to the calibrating piece (10) and in so doing receives sensor-calibrating signals from the centring sensor (1), and moving the centring sensor (1) into a workpiece-measuring position (PW) in which the centring sensor (1) is situated at the workpiece, wherein the workpiece-measuring position depends on the determined response behaviour.

(57) Zusammenfassung: Eine Werkzeugmaschine für die Bearbeitung vorverzahnter Werkstücke weist einen Werkstückträger (20), eine Werkstückspindel (21) mit einem Werkstückspindelgehäuse (211) und einer um eine Werkstückspindelachse (A) rotierbare Werkstückspindelwelle (212) auf. Weiter weist die Werkzeugmaschine einen Einzentriersensors (1) auf, welcher dazu ausgebildet ist, eine Phasenlage von Zähnen eines um die Werkstückspindelachse (A) rotierenden Werkstücks (23) zu ermitteln, ein Kalibrierstück (10), das sich an einem definierten Kalibrierort (CM) relativ zur Werkstückspindel (21) befindet, sowie eine Sensorsteuerung, die dazu ausgebildet ist, folgendes Verfahren auszuführen: Bewegen des Einzentriersensors (1) relativ zur Werkstückspindel (21) in eine Kalibrierposition, in der sich der Einzentriersensor (1) beim Kalibrierstück 10 befindet; Ermitteln eines Ansprechverhaltens des Einzentriersensors (1), indem die Sensorsteuerung (3) den Einzentriersensor (1) relativ zum Kalibrierstück (10) bewegt und währenddessen Sensorkalibrier-signale des Einzentriersensors (1) aufnimmt, und Bewegen des Einzentriersensors (1) in eine Werkstückmessposition (PW), in der sich der Einzentriersensor (1) beim Werkstück befindet, wobei die Werkstückmessposition vom ermittelten Ansprechverhalten abhängt.

5

TITEL

**WERKZEUGMASCHINE MIT KALIBRIERVORRICHTUNG ZUR KALIBRIERUNG EINES
EINZENTRIERSENSORS**

10

TECHNISCHES GEBIET

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Werkzeugmaschine für die Bearbeitung vorverzahnter Werkstücke, welche eine Kalibriervorrichtung aufweist, die zur Kalibrierung eines Einzentriersensors der Werkzeugmaschine ausgebildet ist.

15

STAND DER TECHNIK

Bei der Feinbearbeitung von vorverzahnten Werkstücken müssen vor Beginn jeder Bearbeitung das Werkzeug und das zu bearbeitende Werkstück derart zueinander ausgerichtet werden, dass das Werkzeug kollisionsfrei in die Zahnücke des Werkstückes eintauchen kann. Diese Prozedur ist in der Fachwelt als „Einzentrieren“ bekannt.

20

Ein solches Einzentrieren ist insbesondere bei kontinuierlich arbeitenden Wälzbearbeitungsverfahren erforderlich. Bei solchen Verfahren wird das zu bearbeitende Werkstück mit einem schneckenförmigen Werkzeug in Eingriff gebracht und in Wälzkopplung mit dem Werkzeug bearbeitet. Bei modernen, NC-gesteuerten Verzahnmaschinen wird dazu das Werkstück auf einer NC-gesteuerten, drehangetriebenen Werkstückspindel aufgespannt. Das Werkzeug wird auf einer ebenfalls NC-gesteuerten, drehangetriebenen Werkzeugspindel aufgespannt. Die Wälzkopplung zwischen Werkzeugspindel und Werkstückspindel wird dann elektronisch durch die NC-Steuerung hergestellt. Auch bei anderen Verfahren als Wälzbearbeitungsverfahren, z.B. beim Profilschleifen, ist eine genaue Kenntnis der Lage der Zahnücken des zu bearbeitenden Werkstücks erforderlich.

25

30

35

Üblicherweise werden zum Einzentrieren berührungslose Einzentriersensoren verwendet,

welche auf induktiver oder kapazitiver Basis arbeiten und die Lage der Zahnflanken bestimmen, während sich das Werkstück dreht. Der Wälzkopplungswinkel wird aufgrund einer solchen berührungslosen Messung elektronisch festgelegt.

- 5 Ein derartiges berührungsloses Einzentrierverfahren ist z.B. aus der DE 36 15 365 C1 bekannt. Bei diesem Verfahren wird das zu bearbeitende Werkstück in Drehung versetzt, und es wird die Phasenlage von Signalen bestimmt, die entstehen, wenn die Zähne des Werkstücks an einem feststehenden Einzentriersensor vorbeistreichen. Diese Phasenlage wird mit der Phasenlage verglichen, die in einer Referenzmessung mit einem Zahnrad
10 bekannter Orientierung ermittelt wurde. Entsprechend der Differenz dieser Phasenlagen wird der Wälzkopplungswinkel zwischen Werkstück und Werkzeug eingestellt.

Anhand der Phasenlage der Signale aller Zähne über eine Werkstückdrehung hinweg können auch noch andere Prüfungen vorgenommen werden. Beispielsweise kann eine
15 Prüfung auf Vorbearbeitungsfehler und Rundlaufabweichungen erfolgen, und es kann anhand der Zahnlückenweite eine Abschätzung des vorhandenen Aufmasses erfolgen.

Die vom Einzentriersensor ermittelte Phasenlage hängt im Allgemeinen von der Position des Einzentriersensors relativ zum Werkstück ab. Wenn sich beispielsweise zwischen der
20 Referenzmessung und der Messung an einem zu bearbeitenden Werkstück die Position des Einzentriersensors relativ zum Zahnrad in tangentialer Richtung, bezogen auf die Drehachse des Zahnrads, ändert, entspricht die ermittelte Phasenlage nicht mehr der tatsächlichen Lage der Zähne. Dies führt dazu, dass bei der anschließenden Bearbeitung von den rechten Zahnflanken mehr Material als erwünscht und von den linken Zahnflanken
25 weniger Material als erwünscht abgetragen wird oder umgekehrt. Im Extremfall erfolgt von einem Teil der Zahnflanken überhaupt kein Materialabtrag mehr. Bei Schrägverzahnungen hängt die ermittelte Phasenlage zudem auch von der axialen Position des Einzentriersensors entlang der Drehachse des Zahnrads ab. Abweichungen bezüglich der radialen Position des Einzentriersensors relativ zur Drehachse können dazu führen, dass
30 die Zahnlückenweite bzw. das vorhandene Aufmass über- oder unterschätzt wird.

Für eine ordnungsgemäße Funktion eines Einzentriersensors ist es daher wichtig, dass die räumliche Position des Einzentriersensors relativ zur Werkstückspindel von Messung zu Messung immer dieselbe ist. Allerdings ist das nicht immer einfach sicherzustellen.
35 Beispielsweise kann sich diese Position des Einzentriersensors im Betrieb der Verzahnmaschine aufgrund von thermischen Ausdehnungen verändern. Das gilt in

besonderem Masse dann, wenn der Einzentriersensor bauartbedingt nicht in unmittelbarer Nähe der Werkstückspindel an der Maschine montiert ist. Besonders herausfordernd wird eine reproduzierbare Positionierung des Einzentriersensors dann, wenn der Einzentriersensor relativ zur Werkstückspindel beweglich ist. Beispielsweise kann sich der Einzentriersensor an einem Werkzeugträger der Maschine befinden und gemeinsam mit dem Werkzeug relativ zur Werkstückspindel bewegbar sein. Es ist daher wünschenswert, die exakte räumliche Position des Einzentriersensors relativ zur Werkstückspindel feststellen zu können, um den Einzentriersensor relativ zur Werkstückspindel reproduzierbar positionieren zu können.

10

Zudem müssen Einzentriersensoren häufig getauscht werden, z.B. um einen defekten Einzentriersensor zu ersetzen. Die Einzentriersensoren weisen aber nicht immer genau dasselbe Ansprechverhalten auf. Wenn es sich beispielsweise beim Einzentriersensor um einen Einzentriersensor handelt, der einen Schaltbereich aufweist, wobei ein Vorhandensein von Material innerhalb des Schaltbereichs durch eine Veränderung des vom Einzentriersensor ausgegebenen Ausgangssignal angezeigt wird, so kann die genaue Form und Lage des Schaltbereichs bezüglich einer Einzentriersensoroberfläche von Einzentriersensor zu Einzentriersensor variieren. Es ist daher wünschenswert, das Ansprechverhalten des Einzentriersensors ermitteln zu können, um den Einzentriersensor zu kalibrieren und entsprechend das Ansprechverhalten bei der Positionierung des Einzentriersensors relativ zur Werkstückspindel mitberücksichtigen zu können.

20

In der DE102019104812A1 wird ein Messtaster oder berührungslos arbeitendes Messelement eingesetzt, um das effektive Aufmass auf Zahn- oder Profilflanken zu ermitteln. Zusätzlich wird die Verwendung eines Schaltsignale ausgebenden, induktiven Einzentriersensors vorgeschlagen, um in Kombination des Einzentriersensors mit dem Messtaster bzw. dem berührungslos arbeitenden Messelement einen weiter optimierten Verfahrensablauf zu realisieren. Die Positionierung des Messtasters bzw. des berührungslos arbeitenden Messelements erfolgt bevorzugt über eine Linearachse der Schleifmaschine. Das Dokument offenbart, dass nach einer Kalibrierung des Messtasters mittels eines Referenzkörpers bekannter Geometrie (z. B. Kugel mit bekanntem Durchmesser) der Messtaster mittels der Linearachse gezielt in die benötigte Position verfahren werden kann. Die erfassten Messwerte des Messtasters bzw. des berührungslos arbeitenden Messelements werden von der Maschinensteuerung erfasst und in an sich bekannter Weise verarbeitet, um bezüglich der Verzahnung bzw. Profilierung die optimale Mittenposition des Werkstücks relativ zum Schleifwerkzeug zu finden. Eine Kalibrierung des

30

35

induktiven, schaltenden Einzentrirsensors wird in diesem Dokument allerdings nicht erwähnt.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

5

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Werkzeugmaschine für die Bearbeitung vorverzahnter Werkstücke mit einer Kalibriervorrichtung anzugeben, welche zur Kalibrierung der räumlichen Position eines in der Werkzeugmaschine verwendeten Einzentrirsensors geeignet ist.

10

Die Aufgabe wird durch eine Werkzeugmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Weitere Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

15

Es wird also eine Werkzeugmaschine für die Bearbeitung vorverzahnter Werkstücke angegeben. Dieses weist auf:

einen Werkstückträger;

20

eine auf dem Werkstückträger angeordnete Werkstückspindel, welche eine Werkstückspindelachse definiert, wobei die Werkstückspindel ein Werkstückspindelgehäuse und eine im Werkstückspindelgehäuse um die Werkstückspindelachse rotierbare Werkstückspindelwelle zum rotatorischen Antrieb eines zu bearbeitenden vorverzahnten Werkstücks aufweist, und

einen Einzentrirsensor, welcher dazu ausgebildet ist, eine Phasenlage von Zähnen des Werkstücks zu ermitteln, wenn das Werkstück um die Werkstückspindelachse rotiert.

25

Die Werkzeugmaschine weist ausserdem ein Kalibrierstück auf, das sich an einem definierten Kalibrierort relativ zur Werkstückspindel befindet, sowie eine Sensorsteuerung, die dazu ausgebildet ist, folgendes Verfahren auszuführen:

Bewegen des Einzentrirsensors relativ zur Werkstückspindel in eine Kalibrierposition, in der sich der Einzentrirsensor beim Kalibrierstück befindet;

30

Ermitteln eines Ansprechverhaltens des Einzentrirsensors, indem die Sensorsteuerung den Einzentrirsensor relativ zum Kalibrierstück bewegt und währenddessen Sensorkalibriersignale des Einzentrirsensors aufnimmt, und

Bewegen des Einzentrirsensors in eine Werkstückmessposition, in der sich der Einzentrirsensor beim Werkstück befindet, wobei die Werkstückmessposition vom ermittelten Ansprechverhalten abhängt.

35

Das Bewegen des Einzentrirsensors relativ zum Kalibrierstück kann Bewegungen in eine

axiale Richtung und/oder in eine radiale Richtung und/oder in eine tangentielle Richtung bezüglich der Werkstückspindel beinhalten.

Je nach Anordnung in der Werkzeugmaschine kann das Kalibrierstück unterschiedliche
5 Formen und Strukturen aufweisen. Allen Ausführungsformen des Kalibrierstücks der
vorliegenden Erfindung ist gemeinsam, dass sie eine Ermittlung des Ansprechverhaltens
des Sensors ermöglichen. Wird der Einzentriersensor während des Verfahrens zur
Kalibrierung beispielsweise in tangentialer oder axialer oder radialer Richtung bezüglich der
10 Werkstückspindel entlang des Kalibrierstücks bewegt, so weist das Kalibrierstück entlang
besagter Richtung bevorzugt mindestens eine Struktur, wie beispielsweise eine Kante oder
eine Stufe, auf, welche als eine Änderung in einem Ausgangssignal des Einzentriersensors
erkannt werden kann.

Für eine optimale Kalibrierung wird der Sensor während des Kalibrierverfahrens in all
15 diejenigen Richtungen entlang des Kalibrierungsstücks bewegt, in welchen der
Einzentriersensor bewegbar ist.

Mehrere Möglichkeiten, das Kalibrierstück in der Werkzeugmaschine anzuordnen, sind
denkbar. Bevorzugt ist das Kalibrierstück derart in der Werkzeugmaschine angeordnet,
20 dass der Einzentriersensor kollisionsfrei von der Kalibrierposition in die
Werkstückmessposition (und umgekehrt) bewegt werden kann, selbst wenn bereits ein
Bearbeitungswerkzeug in der Werkzeugmaschine eingespannt ist.

Das Kalibrierstück kann beispielsweise am Werkstückträger angeordnet sein. Der
25 Werkstückträger kann ein verfahrbarer Schlitten sein, auf welchem sich die
Werkstückspindel befindet. Das Kalibrierstück ist dann gemeinsam mit dem
Werkstückträger verfahrbar und befindet sich stets in einer definierten Position relativ zum
Werkstückträger. Vorzugsweise ist das Kalibrierstück derart angeordnet, dass es einem
zum Einspannen eines Bearbeitungswerkzeugs und/oder eines Werkstücks optional
30 eingesetzten Greifarm nicht im Weg steht.

Insbesondere kann das Kalibrierstück an einem feststehenden Teil der Werkstückspindel,
insbesondere am Werkstückspindelgehäuse, angeordnet sein.

35 Stattdessen kann das Kalibrierstück aber auch an einem rotierbaren Teil der
Werkstückspindel angeordnet sein.

Durch eine Anordnung des Kalibrierstücks an einem feststehenden oder rotierbaren Teil der Werkstückspindel ergibt sich der Vorteil, dass sich das Kalibrierstück nahe am zu bearbeitenden Werkstück befindet, wodurch allfällige Kalibrierungenauigkeiten reduziert werden.

Die Werkzeugspindel kann ein Spannmittel zum Aufspannen eines Werkstücks auf der Werkstückspindelwelle aufweisen. In einem solchen Fall kann das Kalibrierstück am Spannmittel angeordnet sein. Dabei kann das Kalibrierstück derart ausgebildet sein, dass es lösbar am Spannmittel befestigbar ist.

Das Kalibrierstück kann weiter derart ausgebildet sein, dass es durch eine automatische Werkstückbeladevorrichtung auf dem Spannmittel anbringbar und vom Spannmittel entfernbar ist.

Besonders geeignet, um am Spannmittel befestigt zu werden, sind vorzugsweise scheibenförmige Kalibrierstücke, welche ein Aussenprofil mit mindestens einer Zahnstruktur, beispielsweise einem Kalibrierzahn oder einer Kalibrierzahnlücke aufweisen. Beispielsweise kann es sich bei dem Kalibrierstück um ein Referenzwerkstück handeln, das auf der Werkstückspindel aufspannbar ist. Das Kalibrierstück kann auch ein zu bearbeitendes oder frisch bearbeitetes Werkstück sein.

Eine Anordnung, bei welcher das Kalibrierstück auf der Werkstückspindel aufgespannt ist, minimiert die Distanz zwischen Werkstückmessposition und Kalibrierposition, wodurch der Einzentriersensor zur Kalibrierung nur um kurze Distanzen bewegt werden muss, was den Einsatz präziser Positioniermechanismen erlaubt. Andererseits muss das Kalibrierstück vor der Bearbeitung des Werkstücks jeweils in das Spannmittel eingesetzt und nach der Kalibrierung des Einzentriersensors wieder entfernt werden, was einen höheren Zeitaufwand mit sich bringt, als bei der Kalibrierung mit einem Kalibrierstück, welches permanent verbaut ist (beispielsweise am Werkzeugträger oder an einem feststehenden Teil der Werkzeugspindel). Ausserdem kann es erforderlich sein, zuerst eine Drehwinkellage des Kalibrierstücks um die Werkstückspindelachse herum zu ermitteln, bevor der Einzentriersensor kalibriert werden kann. Ist das Kalibrierstück das zu bearbeitende Werkstück, fällt der zusätzliche Zeitaufwand für das Einsetzen und Entfernen eines separaten Kalibrierstücks zwar weg, allerdings muss auch in einem solchen Fall in der Regel zumindest die Winkellage des Werkstücks erst anhand einer zusätzlichen

Messung ermittelt werden.

Zur Ermittlung der Lage des Kalibrierstücks und/oder zu dessen Vermessung kann die Werkzeugmaschine ein Tastmittel aufweisen. Dieses kann insbesondere dazu ausgebildet
5 sein, eine Lage mindestens einer Zahnstruktur eines scheibenförmigen Kalibrierstücks, beispielsweise eines Werkstücks, zu ermitteln.

Das Kalibrierstück kann beispielsweise einen im Wesentlichen quaderförmigen Grundkörper aufweisen.

10

Der Grundkörper des Kalibrierstücks kann eine erste Nut mit vorzugweise rechteckigem oder trapezförmigem Querschnitt aufweisen. Dadurch weist das Kalibrierstück verschiedene Kanten auf, welche sich in unterschiedliche Raumrichtungen erstrecken, was sich für ein berührungsloses Abtasten des Kalibrierstücks mit dem Einzentriersensor
15 zwecks Ermittlung des Ansprechverhaltens gut eignet.

Bevorzugt ist das Kalibrierstück derart in der Werkzeugmaschine angeordnet, dass die erste Nut im Grundkörper des Kalibrierstücks senkrecht zur Werkstückspindelachse verläuft.

20

Der Grundkörper des Kalibrierstücks kann zudem eine zweite Nut mit vorzugweise rechteckigem oder trapezförmigem Querschnitt aufweisen, welche in einem Winkel, insbesondere senkrecht, zur ersten Nut verläuft und in die erste Nut mündet. Durch diese zweite Nut wird ein Einschnitt gebildet, welche die Form einer Zahnücke am Werkstück
25 imitiert und daher eine besonders geeignete Form zur Kalibrierung des Einzentriersensors darstellt.

Weist das Kalibrierstück wie oben beschrieben eine zweite Nut auf, durch welche ein zahnückenartiger Einschnitt gebildet wird, ist es vorteilhaft, das Kalibrierstück derart in der
30 Werkzeugmaschine anzuordnen, dass die zweite Nut im Grundkörper des Kalibrierstücks parallel zur Werkstückspindelachse verläuft, wodurch der zahnückenartige Einschnitt des Kalibrierstücks im Koordinatensystem der Werkzeugmaschine eine ähnliche Orientierung aufweist wie die Zahnücken eines geradverzahnten Werkstücks.

35 Das Kalibrierstück kann einen quaderförmigen Vorsprung aufweisen, welcher sich von einer Oberfläche eines Teils der Werkstückspindel radial erstreckt, wobei der quaderförmige

Vorsprung von zwei Orientierungsflächen flankiert ist, und wobei die flankierenden Orientierungsflächen bezüglich einer tangentialen Richtung beidseitig zum Vorsprung angeordnet sind. Das Ansprechverhalten des Einzentriersensors wird bei einem solchen Kalibrierstück bevorzugt anhand des quaderförmigen Vorsprungs ermittelt. Die
5 Orientierungsflächen können dazu dienen, die Werkstückspindel bezüglich einer Referenzfläche in der Werkzeugmaschine auszurichten, um eine definierte Orientierung des Kalibrierstücks zu erhalten.

Alternativ kann das Kalibrierstück einen zylinderförmigen Grundkörper aufweisen, wobei der
10 zylinderförmige Grundkörper eine Zylinderachse aufweist, welche bevorzugt senkrecht zur Werkstückspindelachse verläuft. Ein Kalibrierstück mit einem solch zylinderförmigen Grundkörper ist insbesondere vorteilhaft, wenn in der Werkzeugmaschine schrägverzahnten Werkstück bearbeitet werden, da in einem solchen Fall der Einzentriersensor zur Ermittlung des Ansprechverhaltens in einer Richtung normal zu einer
15 Zahnflanke des schrägverzahnten Werkstücks relativ zum Kalibrierstück bewegt werden kann.

Als weitere Alternative kann das Kalibrierstück auch einen kugelförmigen Grundkörper oder einen kalottenförmigen Grundkörper aufweisen. Kugel- oder kalottenförmige Grundkörper
20 können besonders geeignet sein, um Eingriffswinkel und Schrägungswinkel des zu bearbeitenden Werkstücks zu simulieren.

Die Werkzeugmaschine kann einen Werkzeugträger aufweisen, an dem eine Werkzeugspindel zum rotatorischen Antrieb eines Bearbeitungswerkzeugs angeordnet ist,
25 wobei der Einzentriersensor am Werkzeugträger angeordnet ist.

Die Sensorsteuerung kann ein integraler Teil einer Maschinensteuerung sein. Sie kann dazu ausgebildet sein, das Bewegen des Einzentriersensors relativ zur Werkstückspindel durch Bewegungen des Werkzeugträgers relativ zur Werkstückspindel zu bewirken.

30

Die Werkzeugmaschine kann zudem eine Sensorpositioniervorrichtung zur Positionierung des Einzentriersensors aufweisen, welche am Werkzeugträger angeordnet ist und gemeinsam mit dem Werkzeugträger relativ zur Werkstückspindel bewegbar ist, wobei die Sensorpositioniervorrichtung dazu ausgebildet ist, den Einzentriersensor relativ zum
35 Werkzeugträger zu bewegen, und wobei die Sensorsteuerung dazu ausgebildet ist, das Bewegen des Einzentriersensors relativ zur Werkstückspindel durch Bewegungen des

Werkzeugträgers relativ zur Werkstückspindel und/oder durch Bewegungen der Sensorpositioniervorrichtung relativ zum Werkzeugträger zu bewirken.

Die Sensorpositioniervorrichtung kann zudem einen Sensorpositionierarm aufweisen, der
5 relativ zum Werkzeugträger bewegbar, insbesondere linear verschiebbar, ist.

Zusätzlich kann die die Sensorpositioniervorrichtung einen Sensorhalter zum Aufnehmen eines Sensorträgers aufweisen, wobei der Sensorträger ein Anschlagement aufweist, wobei der Einzentriersensor eine Einzentriersensoroberfläche aufweist, und wobei der
10 Einzentriersensor im Sensorträger derart montiert ist, dass die Einzentriersensoroberfläche in einem definierten Abstand zum Anschlagement liegt.

Ein solcher Sensorträger bildet eine einheitliche Schnittstelle zum Sensorhalter für Einzentriersensoren unterschiedlicher Baugröße. Muss der Einzentriersensor
15 ausgewechselt werden, so kann er mitsamt Sensorträger aus dem Sensorhalter genommen werden. Ein neuer Einzentriersensor wird dann derart im Sensorträger eingebaut, dass seine Einzentriersensoroberfläche ebenfalls im selben definierten Abstand zum Anschlagement liegt, was durch ein geeignetes Messmittel überprüft werden kann, bevor der Sensorträger wieder in den Sensorhalter eingebaut wird.

20

Beim Einzentriersensor handelt es sich bevorzugt um einen berührungslos arbeitenden induktiven oder einen kapazitiven Sensor. Einzentriersensoren basierend auf optischen Messprinzipien sind aber ebenfalls denkbar. Wird ein induktiver Sensor verwendet, so besteht das Kalibrierstück vorzugsweise aus einem elektrisch leitenden Material,
25 insbesondere Stahl oder Aluminium, und/oder weist eine elektrisch leitende Oberfläche auf. Wird hingegen ein kapazitiver Sensor verwendet, so besteht das Kalibrierstück bevorzugt aus einem dielektrischen Material und/oder weist eine Oberfläche aus einem dielektrischen Material auf.

30 Der Einzentriersensor kann dazu ausgebildet sein, ein Schaltsignal auszugeben, wobei der Einzentriersensor einen sensorspezifischen Schaltbereich aufweist, und wobei der sensorspezifische Schaltbereich eine fiktive Sensorachse definiert. Dringt Material in den Schaltbereich ein, so verändert sich das Schaltsignal. Das Schaltsignal kann analog oder digital sein. Das Schaltsignal kann insbesondere ein binäres Schaltsignal sein, welches
35 anzeigt, ob sich Material innerhalb des Schaltbereichs befindet: Falls ja, nimmt das binäre Schaltsignal einen ersten Wert, bevorzugt eine logische Eins, an, falls nein, nimmt das

binäre Schaltsignal einen zweiten Wert, bevorzugt eine logische Null, an.

Der Kalibrierort des Kalibrierstücks ist vorzugsweise in einem Koordinatensystem des Werkstückträgers bekannt. Die Sensorsteuerung ist bevorzugt dazu ausgebildet, durch die
5 Ermittlung des Ansprechverhaltens des Einzentriersensors am Kalibrierstück die Lage der fiktiven Sensorachse zu ermitteln.

In einem ersten Schritt kann ein Spitzenschaltpunkt des Schaltbereichs des Einzentriersensors ermittelt werden, indem der Einzentriersensor in normaler Richtung auf
10 eine Stirnfläche des Kalibrierstücks zubewegt wird, wobei die Stirnfläche bevorzugt parallel zur Werkstückspindelachse angeordnet ist. Ist eine theoretische Lage des Einzentriersensors im Koordinatensystem des Werkstückträgers bereits bekannt, beispielweise, weil sie durch eine geometrische Messung in der Maschine ermittelt und in der Sensorsteuerung hinterlegt worden ist, so kann die Ermittlung des Spitzenschaltpunkts
15 auch entfallen, da durch die bekannte theoretische Lage des Einzentriersensors letzterer direkt auf eine vordefinierte Kalibrierposition gefahren werden kann. Der Einzentriersensor kann sich allerdings auch in einer momentanen Lage befinden, welche von der theoretischen Lage abweicht; beispielsweise, wenn sich die Maschine in einem anderen Temperaturzustand befindet als während der Ermittlung der theoretischen Lage. Ebenso
20 kann die momentane Lage des Einzentriersensors von der theoretischen Lage abweichen, wenn ein Einbaufehler des Einzentriersensors vorliegt. Durch die Ermittlung des Spitzenschaltpunkts im Koordinatensystem des Werkstückträgers kann ein solcher Einbaufehler erkannt werden.

25 Ist der Spitzenschaltpunkt (durch explizite Ermittlung oder aus einer Hinterlegung in der Sensorsteuerung) bekannt, kann der Einzentriersensor derart positioniert werden, dass eine Einzentriersensoroberfläche des Einzentriersensors um eine erste Messdistanz radial von der Stirnfläche des Kalibrierstücks beabstandet ist. Bevorzugt entspricht diese erste Messdistanz einer vordefinierten Messdistanz, welche auch zwischen der
30 Einzentriersensoroberfläche und einem Kopfkreis des Werkstücks auftreten soll, wenn sich der Einzentriersensor in der Werkstückmessposition befindet. Nun kann der Einzentriersensor axial und/oder tangential relativ zum Kalibrierstück bewegt werden, um das Kalibrierstück berührungslos abzutasten. Währenddessen gibt der Einzentriersensor vorzugsweise Sensorkalibriersignale aus, aus welchen Flankenschaltpunkte ermittelt
35 werden können, welche sich auf einer den Schaltbereich eingrenzenden Schaltgrenzfläche befinden. Aus diesen Flankenschaltpunkten kann anschliessend ein Zentralpunkt ermittelt

werden, durch welchen eine fiktive Sensorachse gelegt werden kann, wobei die fiktive Sensorachse bevorzugt senkrecht zur Werkstückspindelachse und normal zur Stirnfläche des Kalibrierstücks durch den Zentralpunkt gelegt wird.

- 5 Alternativ können auch Flankenschaltpunkte bei einer weiteren Messdistanz ermittelt werden, wodurch weitere Zentralpunkte ermittelt werden können, durch welche eine weitere fiktive Sensorachse gelegt werden kann. Ebenfalls ist es denkbar, dass Flankenschaltpunkte bei mehr als zwei Messdistanzen ermittelt werden, so dass die gesamte Schaltgrenzfläche als solche virtuell rekonstruiert werden kann.

10

- Die Sensorsteuerung ist vorzugsweise weiter dazu ausgebildet, die Werkstückmessposition aus dem bekannten Kalibrierort des Kalibrierstücks, einer vordefinierten Messachse und der ermittelten fiktiven Sensorachse derart zu berechnen, dass die ermittelte fiktive Sensorachse mit der vordefinierten Messachse zusammenfällt, wobei vorzugsweise einer
15 der ermittelten Zentralpunkte auf einem Schnittpunkt der Messachse mit dem Kopfkreis des Werkstücks liegt, wenn sich der Einzentriersensor in der berechneten Werkstückmessposition befindet.

- Dadurch, dass die ermittelte fiktive Sensorachse auf die Messachse zu liegen kommt, wird
20 sichergestellt, dass die anschliessend am Werkstück gemessene Phasenlage idealerweise nur von den Eigenschaften des zu bearbeitenden Werkstücks abhängt und nicht durch einen ungewollten Versatz der fiktiven Sensorachse des Einzentriersensors bezüglich der Messachse verfälscht ist.

- 25 Der Kalibrierort des Kalibrierstücks und die vordefinierte Messachse können dabei in einem Speicher der Sensorsteuerung hinterlegt sein, wodurch das Verfahren automatisiert durchgeführt werden kann.

- Beim Koordinatensystem des Werkstückträgers kann es sich um ein kartesisches
30 Koordinatensystem mit einer X-, einer Y- und einer Z-Richtung handeln. Alternativ kann das Koordinatensystem des Werkstückträgers ein Kugel- oder Zylinderkoordinatensystem sein, oder ein anderes Koordinatensystem, welches eine eindeutige Darstellung der Lage eines Punktes im Raum ermöglicht.

35

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden im Folgenden anhand der Zeichnungen beschrieben, die lediglich zur Erläuterung dienen und nicht einschränkend auszulegen sind. In den Zeichnungen zeigen:

- 5 Fig. 1a,1b in perspektivischer Ansicht eine Ausführungsform einer Werkzeugmaschine für die Bearbeitung vorverzahnter Werkstücke gemäss der vorliegenden Erfindung;
Fig. 2a-2d in perspektivischer Ansicht fünf verschiedene Ausführungsformen eines Kalibrierstücks gemäss der vorliegenden Erfindung;
Fig. 2e in perspektivischer Ansicht eine Werkzeugmaschine gemäss der vorliegenden
10 Erfindung mit einer sechsten Ausführungsform des Kalibrierstücks;
Fig. 2f in einer vergrösserten perspektivischen Ansicht die sechsten Ausführungsform des Kalibrierstücks der Fig. 2e;
Fig. 2g in einer Seitenansicht eine Werkzeugmaschine gemäss der vorliegenden Erfindung mit einer siebten Ausführungsform des Kalibrierstücks;
15 Fig. 2h in einer vergrösserten Seitenansicht die siebte Ausführungsform des Kalibrierstücks der Fig. 2g;
Fig. 3a,3b eine bevorzugte Anordnung eines Kalibrierstücks in einer Werkzeugmaschine gemäss der vorliegenden Erfindung;
Fig. 3c einen Sensorhalter zum Aufnehmen des Einzentriersensors;
20 Fig. 4a-4d in schematischer (nicht massstabgetreuer) Weise ein Verfahren zur Kalibrierung eines Einzentriersensors gemäss der vorliegenden Erfindung;
Fig. 5 ein Flussdiagramm, das ein Verfahren gemäss einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung illustriert.

25 BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

Die Figuren 1a und 1b zeigen in perspektivischer Ansicht eine Ausführungsform einer Werkzeugmaschine 2 für die Bearbeitung vorverzahnter Werkstücke, wobei Fig. 1b eine Vergrösserung des in Fig. 1a umrahmten Ausschnittes E zeigt. Insbesondere handelt es
30 sich bei der hier dargestellten Ausführungsform um eine Werkzeugmaschine für die Wälzbearbeitung von Rotationsteilen mit nutförmigen Profilen. Eine solche Werkzeugmaschine ist in der Druckschrift WO2021008915A1 beschrieben, deren Offenbarung hierin durch Verweis vollständig aufgenommen wird. Die Werkzeugmaschine 2 weist einen Werkstückträger 20 auf, eine auf dem Werkstückträger
35 20 angeordnete Werkstückspindel 21, welche eine Werkstückspindelachse A definiert, wobei die Werkstückspindel 21 ein Werkstückspindelgehäuse 211 und eine im

Werkstückspindelgehäuse 211 um die Werkstückspindelachse A rotierbare Werkstückspindelwelle 212 zum rotatorischen Antrieb eines zu bearbeitenden vorverzahnten Werkstücks aufweist, sowie ein Spannmittel 22, wobei das Spannmittel 22 zur Aufnahme eines zu bearbeitenden Werkstücks ausgebildet ist. Ein auf den

5 Werkstückträger 20 bezogenes, kartesisches Koordinatensystem K_M mit einer X_M -Richtung, einer Y_M -Richtung und einer Z_M -Richtung ist in Fig. 1b eingezeichnet, hier als Beispiel mit Ursprung auf der Werkstückspindelachse A. Der Werkstückträger 20 ist im hier gezeigten Ausführungsbeispiel ein in Y_M -Richtung verfahrbarer Werkstückschlitten. Die hier dargestellte Werkzeugmaschine 2 weist zudem eine Sensorpositioniervorrichtung 25 auf,

10 welche an einem Werkzeugträger 24 angeordnet ist, wobei am Werkzeugträger 24 eine Werkzeugspindel 241 zum rotatorischen Antrieb eines Bearbeitungswerkzeugs angeordnet ist. Die Sensorpositioniervorrichtung 25 ist gemeinsam mit dem Werkzeugträger 24 in X_M -Richtung und in Z_M -Richtung bewegbar und weist einen in einer Y_M/Z_M -Ebene linear verschiebbaren Sensorpositionierarm 251 auf, in welchem der Einzentriersensor 1

15 angeordnet ist. Der Einzentriersensor 1 ist hier antiparallel zur Y_M -Richtung ausgerichtet. In Fig. 1a und 1b sind zu Illustrationszwecken verschiedene Ausführungsformen eines Kalibrierstücks 10 in derselben Werkzeugmaschine 2 angeordnet. In der Praxis hingegen ist es in der Regel ausreichend, wenn die Werkzeugmaschine nur eine dieser Ausführungsformen des Kalibrierstücks 10 aufweist. Wie aus der Fig. 1b ersichtlich ist, sind

20 die verschiedenen Ausführungsformen derart in der Werkzeugmaschine angeordnet, dass der Einzentriersensor 1 zur Ermittlung seines Ansprechverhaltens anhand der Sensorpositioniervorrichtung 25 entlang des Kalibrierstücks 10 bewegt werden kann, wobei der Einzentriersensor während der Bewegungen 1 hier stets antiparallel zur Y_M -Richtung ausgerichtet bleibt. Um eine Bewegung des Kalibrierstücks 10 relativ zum

25 Einzentriersensor 1 in Y_M -Richtung zu erzielen, kann in der hier dargestellten Werkzeugmaschine 2 zudem auch der Werkstückträger 20 bewegt werden. Ebenfalls zu sehen ist ein am Werkzeugträger 24 angeordneter taktiler Taster 30, welcher zur Ermittlung des Kalibrierorts C_M des Kalibrierstücks 10 im Koordinatensystem K_M der Werkzeugmaschine 2 verwendet werden kann.

30

In den Figuren 2a-d sind die in den Figuren 1a und 1b gezeigten Ausführungsformen des Kalibrierstücks 10 vergrößert zu sehen.

In dem in Fig. 2a gezeigten Bildausschnitt D_1 der Fig. 1b sind zwei Ausführungsformen des

35 Kalibrierstücks 10 zu sehen. Beide Ausführungsformen sind am Werkstückspindelgehäuse 211 angeordnet. Die im Bildausschnitt in einer vorderen Ebene gezeigte erste

Ausführungsform weist einen quaderförmigen Grundkörper auf, wobei der Grundkörper eine erste Nut 11 mit einem rechteckigen Querschnitt aufweist, wobei die erste Nut 11 in X_M -Richtung verläuft. Die im Bildausschnitt in einer hinteren Ebene gezeigte zweite Ausführungsform ragt aus einer angeschrägten Oberfläche des Werkstückspindelgehäuses 5 211 hervor und weist ebenfalls eine erste, in X_M -Richtung verlaufende Nut 11 mit einem rechteckigen Querschnitt auf. Wie in Fig. 1b zu sehen ist, sind diese beide Ausführungsformen derart am Werkstückspindelgehäuse angeordnet, dass die Nut 11 in tangentialer Richtung bezüglich der Werkstückspindel 21 verläuft. Um das Ansprechverhalten des Einzentriersensors 1 zu ermitteln, kann der Einzentriersensor 1 auf 10 einer die Nut 11 aufweisenden Seite des Kalibrierstücks 10 in tangentialer Richtung entlang der Nut 11 und/oder in Z_M -Richtung (was einer axialen Richtung bezüglich der Werkstückspindel 21 entspricht) und/oder in Y_M -Richtung (was einer radialen Richtung bezüglich der Werkstückspindel 21 entspricht) bewegt werden.

In dem in Fig. 2b gezeigten Bildausschnitt D_2 der Fig. 1b ist eine dritte Ausführungsform 15 des Kalibrierstücks 10 zu sehen, welche am Werkstückträger 20 angeordnet ist. Die in Fig. 2b gezeigte dritte Ausführungsform weist einen quaderförmigen Grundkörper auf, wobei der Grundkörper eine erste Nut 11 mit einem rechteckigen Querschnitt aufweist. Der Grundkörper dieser dritten Ausführungsform des Kalibrierstücks 10 weist zudem eine zweite Nut 12 auf, welche senkrecht zur ersten Nut 11 verläuft und in die erste Nut 11 20 mündet, wobei besagte zweite Nut 12 einen trapezförmigen Querschnitt aufweist. Auf einer Seite des Kalibrierstücks 10, welcher der die Nut 11 aufweisenden Seite gegenüberliegt, weist das Kalibrierstück 10 eine weitere Nut 11' auf, die parallel zur Nut 11 verläuft. Senkrecht zur Nut 11' verläuft eine weitere Nut 12' mit rechteckigem Querschnitt, welche in die Nut 11' mündet. Wie aus der Fig. 1b zu erkennen ist, ist diese dritte Ausführungsform 25 des Kalibrierstücks 10 derart am Werkstückschlitten angeordnet, dass die zweite Nut 12 parallel zur Werkstückspindelachse A verläuft, wodurch Form und Orientierung einer Zahnücke in einem zu bearbeitenden Werkstück imitiert wird. Zur Ermittlung des Ansprechverhalten des Einzentriersensors 1 kann der Einzentriersensor 1 auf einer die Nuten 11 und 12 aufweisenden Seite des Kalibrierstücks 10 in tangentialer Richtung 30 entlang der Nut 11 und/oder in Z_M -Richtung (was einer axialen Richtung bezüglich der Werkstückspindel 21 entspricht) und/oder in Y_M -Richtung (was einer radialen Richtung bezüglich der Werkstückspindel 21 entspricht) bewegt werden. Wie in Fig. 1b angedeutet kann diese Ausführungsform des Kalibrierstücks auch um 180° gedreht am Werkstückträger (20) angebracht sein, wodurch dann die Nut 12' mit dem rechteckigen 35 Querschnitt während des Kalibrierverfahrens zum Einzentriersensor 1 hin ausgerichtet ist.

In dem in Fig. 2c gezeigten Bildausschnitt D_3 der Fig. 1b ist eine vierte Ausführungsform des Kalibrierstücks 10 zu sehen, welche lösbar im Spannmittel 22 angeordnet ist. Diese vierte Ausführungsform des Kalibrierstücks 10 ist scheibenförmig und weist ein Aussenprofil mit Kalibrierzähnen 13,13' auf. In dieser Ausführungsform befinden sich zwei Kalibrierzähne 5 13,13' einander radial gegenüber, wobei der erste Kalibrierzahn 13 eine rechteckige Form aufweist, während der zweite Kalibrierzahn 13 eine trapezförmige Form aufweist. Die Kalibrierzähne 13,13' sind in Y_M -Richtung ausgerichtet. Zur Ermittlung des Ansprechverhalten des Einzentriersensors 1 kann dieser in tangentialer Richtung bezüglich der Werkstückspindel (X_M -Richtung) bewegt werden, wodurch der antiparallel zur Y_M - 10 Richtung ausgerichtete Einzentriersensor 1 einen der beiden Kalibrierzähne (hier derjenige mit der rechteckigen Form, 13) berührungslos abtasten kann. Wird ein Abtasten des Kalibrierzahns 13' (trapezförmige Form) bevorzugt, so kann das Kalibrierstück um 180° gedreht angeordnet werden.

15 In dem in Fig. 2d gezeigten Bildausschnitt D_4 der Fig. 1b ist eine fünfte Ausführungsform des Kalibrierstücks 10 zu sehen, welche am Spannmittel 22 angeordnet ist. Die fünfte Ausführungsform des Kalibrierstücks 10 weist einen quaderförmigen Vorsprung 14 auf, welcher sich von einer Oberfläche des Spannmittels 21 radial erstreckt, wobei der quaderförmige Vorsprung 14 von zwei in die Oberfläche des Spannmittels hineinragende 20 Orientierungsflächen 15 flankiert ist. Im hier gezeigten Ausführungsbeispiel weist der Vorsprung in Y_M -Richtung und die flankierenden Orientierungsflächen 15 sind bezüglich der tangentialen Richtung beidseitig zum Vorsprung 14 derart angeordnet, dass die Orientierungsflächen 15 in der X_M/Z_M -Ebene liegen.

25 Fig. 2e zeigt eine perspektivische Ansicht einer Werkzeugmaschine 2 mit einer sechsten Ausführungsform des Kalibrierstücks, welche am Werkstückspindelgehäuse 211 angeordnet ist. Wie in der Vergrößerung des Bildausschnitts D_5 in der Fig. 2f zu sehen ist, weist diese sechste Ausführungsform des Kalibrierstücks einen zylindrischen Grundkörper auf, welcher an einem quaderförmigen Träger 17 angeordnet ist. Der zylindrische 30 Grundkörper weist eine Zylinderachse 16 auf, welche hier parallel zur Y_M -Achse verläuft.

Fig. 2g zeigt Seitenansicht einer Werkzeugmaschine 2 mit einer siebten Ausführungsform des Kalibrierstücks, welche am Werkstückspindelgehäuse 211 angeordnet ist. Wie in der Vergrößerung des Bildausschnitts D_6 in der Fig. 2h zu sehen ist, weist diese siebte 35 Ausführungsform des Kalibrierstücks einen kalottenförmigen Grundkörper auf, welcher an einem quaderförmigen Träger 17 angeordnet ist, wobei der kalottenförmige Grundkörper in

Y_M -Richtung weist.

Fig. 3a und 3b zeigen eine bevorzugte Anordnung des Kalibrierstücks 10, welche der ersten Ausführungsform in Fig. 2a entspricht, in der Werkzeugmaschine 2, wobei Fig. 3b eine
5 Vergrößerung des in Fig. 3a umrahmten Ausschnittes F zeigt. Der Sensorpositionierarm 251 weist einen Sensorhalter 26 auf, welcher eine mechanische Aufnahme für einen Sensorträger 27 bildet. Wie in Fig. 3c zu sehen ist, weist der Sensorträger 27 ein Anschlagelement 271 auf, welches als Positionierhilfe für die Montage des Sensorträgers 27 im Sensorhalter 26 dient. Der Einzentriersensor 1 weist eine
10 Einzentriersensoroberfläche O auf und ist im Sensorträger 27 derart montiert, dass die Einzentriersensoroberfläche O in einem definierten Abstand e zum Anschlagelement 271 liegt. Ein solcher Sensorträger 27 bildet eine einheitliche Schnittstelle zum Sensorhalter 26 für Einzentriersensoren 1 unterschiedlicher Baugrösse. Muss der Einzentriersensor 1 ausgewechselt werden, so kann er mitsamt Sensorträger 27 aus dem Sensorhalter 26
15 genommen werden. Ein neuer Einzentriersensor wird dann derart im Sensorträger 27 eingebaut, dass seine Einzentriersensoroberfläche ebenfalls im selben definierten Abstand e zum Anschlagelement 271 liegt, was durch ein geeignetes Messmittel überprüft werden kann, bevor der Sensorträger 27 wieder in den Sensorhalter 26 eingebaut wird. Wie in den Figuren 3a und 3b zu erkennen ist, kann die Sensorpositioniervorrichtung 25 mit dem
20 Einzentriersensor 1 im Sensorträger 26 trotz eines am Werkzeugträger 24 angeordneten Bearbeitungswerkzeugs 28 kollisionsfrei zum Kalibrierstück 10 bewegt werden, um das Kalibrierstück 10 entlang der Richtungen X_M , Y_M und Z_M berührungslos abzutasten, wobei der Einzentriersensor 1 antiparallel zur Y_M -Richtung ausgerichtet ist.

25 In den Figuren 4a-4d wird in schematischer (nicht massstabgetreuer) Weise ein Verfahren zur Kalibrierung eines berührungslos arbeitenden, Schaltsignale ausgebenden Einzentriersensors 1 gemäss der vorliegenden Erfindung illustriert. Der in diesem Ausführungsbeispiel gezeigte Einzentriersensor weist einen Schaltbereich B auf, welcher sich von einer Einzentriersensoroberfläche O bis zu einer hier gestrichelt dargestellten
30 Schaltgrenzfläche G erstreckt und eine fiktive Sensorachse A_S definiert. Dringt Material in den Schaltbereich B ein, so ändert sich das Schaltsignal, welches der Einzentriersensor 1 ausgibt. Um die Phasenlage der Zähne eines vorverzahnten Werkstücks 23 mit Kopfkreis K zuverlässig bestimmen zu können, soll die Werkstückmessposition P_W so berechnet werden, dass ein möglichst symmetrisches Ansprechverhalten des Einzentriersensors 1
35 erreicht wird. Ein solch symmetrisches Ansprechverhalten wird erreicht, wenn die fiktive Sensorachse A_S mit einer vordefinierten Messachse A_M (hier parallel zur Y_M -Richtung in

einer vordefinierten Höhe in Z_M -Richtung) zusammenfällt, und wenn die Einzentriersensoroberfläche O um eine vordefinierte Messdistanz d zum Kopfkreis K beabstandet ist, derart, dass der Kopfkreis K den Schaltbereich B durchkreuzt (siehe Fig. 4a).

5

Gemäss der vorliegenden Erfindung wird die fiktive Sensorachse A_S des Einzentriersensors 1 anhand des Kalibrierstücks 10 ermittelt, wobei das Kalibrierstück 10 eine bekannte Geometrie aufweist und sich an einem bekannten Kalibrierort C_M im Koordinatensystem K_M des Werkstückträgers befindet. Hierzu wird der Einzentriersensor 1 in die Nähe des

10

Mögliche Schritte eines Kalibrierverfahrens sind in den Figuren 4b-4d dargestellt:

15

In diesem Beispiel wird zunächst in einem ersten Schritt (Fig. 4b) ein Spitzenschaltpunkt S des Schaltbereichs ermittelt, indem eine Stirnfläche F des Kalibrierstücks 10 angefahren wird, wobei die Stirnfläche hier in der X_M - Z_M -Ebene liegt. Ist eine theoretische Lage des Einzentriersensors 1 im Koordinatensystem K_M des Werkstückträgers bereits bekannt, beispielsweise, weil sie durch eine geometrische Messung in der Maschine ermittelt und in der Sensorsteuerung hinterlegt worden ist, so kann die Ermittlung des Spitzenschaltpunkts S auch entfallen, da durch die bekannte theoretische Lage des Einzentriersensors 1

20 letzterer direkt auf eine vordefinierte Kalibrierposition P_C gefahren werden kann. Der Einzentriersensor kann sich allerdings auch in einer momentanen Lage befinden, welche von der theoretischen Lage abweicht; beispielsweise, wenn sich die Maschine in einem anderen Temperaturzustand befindet als während der Ermittlung der theoretischen Lage. Ebenso kann die momentane Lage des Einzentriersensors von der theoretischen Lage

25 abweichen, wenn ein Einbaufehler vorliegt; beispielsweise, wenn die Einzentriersensoroberfläche O nicht den in Fig. 3c gezeigten, vorgesehenen Abstand e vom Anschlagelement aufweist, oder wenn das Anschlagelement 271 des Sensorträgers 27 nicht bündig am Sensorhalterung 26 anliegend montiert worden ist. Durch die Ermittlung des Spitzenschaltpunkts S im Koordinatensystem K_M des Werkstückträgers können solche

30 Einbaufehler erkannt werden.

35

In einem zweiten Schritt (Fig. 4c und Fig. 4d) wird der Einzentriersensor 1 antiparallel zur Y_M -Richtung näher an das Kalibrierstück 10 heran bewegt, idealerweise derart, dass die Einzentriersensoroberfläche O zur Stirnfläche F um die vordefinierte Messdistanz d beabstandet ist, welche dann auch zwischen der Einzentriersensoroberfläche O und einem Kopfkreis K des Werkstücks 23 auftreten soll, wenn sich der Einzentriersensor 1 (wie in Fig.

4a gezeigt) in der Werkstückmessposition P_w befindet.

In einem dritten Schritt werden nun Flankenschaltpunkte ermittelt, welche sich auf der Schaltgrenzfläche G des Schaltbereichs B des Einzentriersensors in X_M - und in Z_M -Richtung
5 befinden. In einer einfachen Ausführungsform des Kalibrierverfahrens wird dieser dritte Schritt bei einer einzigen Messdistanz d in Y_M -Richtung durchgeführt, wobei in X_M -Richtung und in Z_M -Richtung bevorzugt je zwei Flankenschaltpunkt ermittelt werden. In der Fig. 4c ist als Beispiel zu sehen, wie der Einzentriersensor zur Ermittlung eines ersten Flankenschaltpunkts S_{F1} parallel zur X_M -Richtung an einer ersten Kante k_1 des
10 Kalibrierstücks vorbeibewegt wird, während Fig. 4d zeigt, wie der Einzentriersensor zur Ermittlung eines zweiten Flankenschaltpunkts S_{F2} anti-parallel zur X_M -Richtung an einer zweiten Kante k_2 des Kalibrierstücks vorbeibewegt wird. Durch Bewegen des Einzentriersensors 1 entlang der Z_M -Richtung können in gleicher Weise zwei weitere Flankenschaltpunkte ermittelt werden. Die ermittelten Flankenschaltpunkte werden in
15 einem Speicher 31 der Sensorsteuerung 3 gespeichert. Aus den gespeicherten Flankenschaltpunkten lässt sich dann ein theoretischer Zentralpunkt S_z des Schaltbereichs B ermitteln. Durch diesen theoretischen Zentralpunkt S_z wird eine fiktive Achse A_s gelegt, wobei diese fiktive Achse A_s normal zur X_M -/ Z_M -Ebene steht.

20 Für die Messung am Werkstück wird der Einzentriersensor dann derart in die Werkstückmessposition P_w gebracht, dass diese fiktive Sensorachse A_s auf der gewünschten Messachse A_M zu liegen kommt, und zwar wie in Fig. 4a gezeigt idealerweise derart, dass der Zentralpunkt S_z auf einem Schnittpunkt der Messachse A_M mit dem Kopfkreis K zu liegen kommt, womit ein möglichst symmetrisches Ansprechverhalten des
25 Einzentriersensors 1 erreicht wird.

Fig. 5 zeigt das oben beschriebene Beispiel eines Kalibrierverfahrens eines Einzentriersensors 1 in einer Werkzeugmaschine 2 für die Bearbeitung vorverzahnter Werkstücke, zu dessen Ausführung die Werkzeugmaschine gemäss einer
30 Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausgebildet ist. Zunächst wird im Koordinatensystem K_M des Werkzeugträgers eine Messachse A_M und eine Messdistanz d definiert 101, sowie der Kalibrierort C_M ermittelt 102, an welchem das Kalibrierstück 10 angeordnet ist. Anschliessend wird der Einzentriersensor 1 auf eine Stirnfläche F des Kalibrierstücks zubewegt 200 und dabei ein Spitzenschaltpunkt S des Schaltbereichs B
35 ermittelt 201. Dann wird der Einzentriersensor 1 derart positioniert, dass die Einzentriersensoroberfläche O um die Messdistanz d von der Stirnfläche des

Kalibrierstücks 10 beabstandet ist 202. Nun wird der Einzentriersensor 1 entlang des Kalibrierstücks 10 bewegt, um diesen berührungslos abzutasten 203. Währenddessen gibt der Einzentriersensor 1 Schaltsignale aus, aus denen Flankenschaltpunkte ermittelt werden 204. Aus diesen Flankenschaltpunkte wird anschliessend eine fiktive Sensorachse A_S ermittelt 205. In einem letzten Schritt 206 wird der Einzentriersensor 1 in eine von der Sensorsteuerung 3 berechnete Werkstückmessposition P_W gebracht, in welcher die ermittelte fiktive Sensorachs A_S mit der Messachse A_M zusammenfällt.

BEZUGSZEICHENLISTE

1	Einzentriersensor	271	Anschlagelement
2	Werkzeugmaschine	28	Bearbeitungswerkzeug
3	Sensorsteuerung	30	Tastmittel
10	Kalibrierstück	31	Speicher
11,11'	erste Nut	K_M	Koordinatensystem des Werkstückträgers
12,12'	zweite Nut		
13,13'	Kalibrierzahn	C_M	Kalibrierort
14	Vorsprung	P_W	Werkstückmessposition
15	Orientierungsfläche	P_C	Kalibrierposition
16	Zylinderachse	A	Werkstückspindelachse
17	quaderförmiger Träger	A_M	Messachse
20	Werkstückträger	A_S	fiktive Sensorachse
21	Werkstückspindel	B	Schaltbereich
211	Werkstückspindelgehäuse	d	Messdistanz
212	Werkstückspindelwelle	F	Stirnfläche
22	Spannmittel	O	Einzentriersensoroberfläche
23	Werkstück	G	Schaltgrenzfläche
24	Werkzeugträger	S	Spitzenschaltpunkt
241	Werkzeugspindel	S_Z	Zentralpunkt
25	Sensorpositioniervorrichtung	S_{F1}, S_{F2}	Flankenschaltpunkte
251	Sensorpositionierarm	k_1, k_2	Kanten
26	Sensorhalterung		
27	Sensorträger		

PATENTANSPRÜCHE

1. Werkzeugmaschine für die Bearbeitung vorverzahnter Werkstücke, aufweisend:

einen Werkstückträger (20);

eine auf dem Werkstückträger (20) angeordnete Werkstückspindel (21), welche eine Werkstückspindelachse (A) definiert, wobei die Werkstückspindel (21) ein Werkstückspindelgehäuse (211) und eine im Werkstückspindelgehäuse (211) um die Werkstückspindelachse (A) rotierbare Werkstückspindelwelle (212) zum rotatorischen Antrieb eines zu bearbeitenden vorverzahnten Werkstücks (23) aufweist;

einen Einzentriersensor (1), welcher dazu ausgebildet ist, eine Phasenlage von Zähnen des Werkstücks (23) zu ermitteln, wenn das Werkstück (23) um die Werkstückspindelachse (A) rotiert,

dadurch gekennzeichnet, dass die Werkzeugmaschine (2) ausserdem aufweist:

ein Kalibrierstück (10), das sich an einem definierten Kalibrierort (C_M) relativ zur Werkstückspindel (21) befindet;

eine Sensorsteuerung (3), die dazu ausgebildet ist, folgendes Verfahren auszuführen:

Bewegen des Einzentriersensors (1) relativ zur Werkstückspindel (21) in eine Kalibrierposition (P_C), in der sich der Einzentriersensor (1) beim Kalibrierstück (10) befindet;

Ermitteln eines Ansprechverhaltens des Einzentriersensors (1), indem die Sensorsteuerung (3) den Einzentriersensor (1) relativ zum Kalibrierstück (10) bewegt und währenddessen Sensorkalibriersignale des Einzentriersensors (1) aufnimmt, und

Bewegen des Einzentriersensors (1) in eine Werkstückmessposition (P_W), in der sich der Einzentriersensor (1) beim Werkstück (23) befindet, wobei die Werkstückmessposition (P_W) vom ermittelten Ansprechverhalten abhängt.

2. Werkzeugmaschine nach Anspruch 1, wobei das Bewegen des Einzentriersensors (1) relativ zum Kalibrierstück (10) Bewegungen in eine axiale Richtung und/oder in eine radiale Richtung und/oder in eine tangentielle Richtung bezüglich der Werkstückspindel (21) beinhaltet.

3. Werkzeugmaschine nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Kalibrierstück (10) am Werkstückträger (20) angeordnet ist.

4. Werkzeugmaschine nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Kalibrierstück (10) an einem feststehenden Teil der Werkstückspindel (21), insbesondere am Werkstückspindelgehäuse (211), angeordnet ist.

5. Werkzeugmaschine nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Kalibrierstück (10) an einem rotierbaren Teil der Werkstückspindel (21) angeordnet ist.

6. Werkzeugmaschine nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Werkzeugspindel (21) ein Spannmittel (22) zum Aufspannen eines Werkstücks (23) auf der Werkstückspindelwelle (212) aufweist, und wobei das Kalibrierstück (10) am Spannmittel (22) angeordnet ist.

7. Werkzeugmaschine nach Anspruch 6, wobei das Kalibrierstück (10) derart ausgebildet ist, dass es lösbar am Spannmittel (22) befestigbar ist.

8. Werkzeugmaschine nach Anspruch 7, wobei das Kalibrierstück (10) derart ausgebildet ist, dass es durch eine automatische Werkstückbeladevorrichtung auf dem Spannmittel (22) anbringbar und vom Spannmittel (22) entfernbar ist.

9. Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Kalibrierstück (10) einen im Wesentlichen quaderförmigen Grundkörper aufweist.

10. Werkzeugmaschine nach Anspruch 9, wobei der Grundkörper des Kalibrierstücks eine erste Nut (11) mit vorzugweise rechteckigem oder trapezförmigem Querschnitt aufweist.

11. Werkzeugmaschine nach Anspruch 10, wobei das Kalibrierstück (10) derart in der Werkzeugmaschine angeordnet ist, dass die erste Nut (11) im Grundkörper des Kalibrierstücks (10) senkrecht zur Werkstückspindelachse (A) verläuft.

12. Werkzeugmaschine nach Anspruch 10 oder 11, wobei der Grundkörper des Kalibrierstücks eine zweite Nut (12) mit vorzugweise rechteckigem oder trapezförmigem Querschnitt aufweist, welche in einem Winkel, vorzugsweise senkrecht, zur ersten Nut (11) verläuft und in die erste Nut (11) mündet.

13. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1-6, wobei das Kalibrierstück (10) einen quaderförmigen Vorsprung (14) aufweist, welcher sich von einer Oberfläche eines Teils der Werkstückspindel (21) radial erstreckt,

wobei der quaderförmige Vorsprung (14) von zwei Orientierungsflächen (15) flankiert ist, und wobei die flankierenden Orientierungsflächen (15) bezüglich einer tangentialen Richtung beidseitig zum Vorsprung (14) angeordnet sind.

14. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1-8, wobei das Kalibrierstück (10) einen zylinderförmigen Grundkörper aufweist.

15. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1-8, wobei das Kalibrierstück (10) einen kugelförmigen Grundkörper oder einen kalottenförmigen Grundkörper aufweist.

16. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1-8, wobei das Kalibrierstück (10) scheibenförmig ist und ein Aussenprofil mit mindestens einer Zahnstruktur, insbesondere einem Kalibrierzahn (13), aufweist.

17. Werkzeugmaschine nach Anspruch 16, wobei das Kalibrierstück (10) ein zu bearbeitendes Werkstück ist.

18. Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Werkzeugmaschine (2) ein Tastmittel (30) aufweist,

wobei das Tastmittel (30) dazu ausgebildet ist, das Kalibrierstück (10) zu vermessen, um einen definierten Kalibrierort (C_M) zu erhalten.

19. Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Werkzeugmaschine einen Werkzeugträger (24) aufweist, an dem eine Werkzeugspindel (241) zum rotatorischen Antrieb eines Bearbeitungswerkzeugs (27) angeordnet ist, und wobei der Einzentriersensor (1) am Werkzeugträger (24) angeordnet ist.

20. Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Sensorsteuerung (3) dazu ausgebildet ist, das Bewegen des Einzentriersensors (1) relativ zur Werkstückspindel (21) durch Bewegungen des Werkzeugträgers (24) relativ zur Werkstückspindel (21) zu bewirken.

21. Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Werkzeugmaschine (2) eine Sensorpositioniervorrichtung (25) zur Positionierung des Einzentriersensors (1) aufweist, welche am Werkzeugträger (24) angeordnet ist und gemeinsam mit dem Werkzeugträger (24) relativ zur Werkstückspindel (21) bewegbar ist, wobei die Sensorpositioniervorrichtung (25) dazu ausgebildet ist, den Einzentriersensor (1) relativ zum Werkzeugträger (24) zu bewegen, und wobei die Sensorsteuerung (3) dazu ausgebildet ist, das Bewegen des Einzentriersensors (1) relativ zur Werkstückspindel (21) durch Bewegungen des Werkzeugträgers (24) relativ zur Werkstückspindel (21) und/oder durch Bewegungen der Sensorpositioniervorrichtung (25) relativ zum Werkzeugträger (24) zu bewirken.

22. Werkzeugmaschine nach Anspruch 21, wobei die Sensorpositioniervorrichtung (25) einen Sensorpositionierarm (251) aufweist, der relativ zum Werkzeugträger (24) bewegbar, insbesondere linear verschiebbar, ist.

23. Werkzeugmaschine nach Anspruch 21 oder 22, wobei die Sensorpositioniervorrichtung (25) einen Sensorhalter (26) zum Aufnehmen eines Sensorträgers (27) aufweist, wobei der Sensorträger (27) ein Anschlagelement (271) aufweist, wobei der Einzentriersensor (1) eine Einzentriersensoroberfläche (O) aufweist, und wobei der Einzentriersensor (1) im Sensorträger (27) derart montiert ist, dass die Einzentriersensoroberfläche (O) in einem definierten Abstand (e) zum Anschlagelement (271) liegt.

24. Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Einzentriersensor (1) ein induktiver Einzentriersensor ist, und wobei das Kalibrierstück (10) aus einem elektrisch leitenden Material, insbesondere Stahl oder Stahlguss oder Aluminium, besteht, und/oder eine elektrisch leitende Oberfläche aufweist.

25. Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1-23, wobei der Einzentriersensor (1) ein kapazitiver Einzentriersensor ist, und wobei das Kalibrierstück (10) aus einem dielektrischen Material besteht und/oder eine Oberfläche aus einem dielektrischen Material aufweist.

26. Werkzeugmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Einzentriersensor (1) dazu ausgebildet ist, ein Schaltsignal auszugeben, wobei der Einzentriersensor (1) einen sensorspezifischen Schaltbereich (B) aufweist, und wobei der sensorspezifische Schaltbereich (B) eine fiktive Sensorachse (A_S) definiert.

27. Werkzeugmaschine nach Anspruch 26, wobei der Kalibrierort (C_M) des Kalibrierstücks (10) in einem Koordinatensystem (K_M) des Werkstückträgers (2) bekannt ist, wobei die Sensorsteuerung (3) dazu ausgebildet ist, durch die Ermittlung des Ansprechverhaltens des Einzentriersensors (1) am Kalibrierstück (10) die fiktive Sensorachse (A_S) zu ermitteln, wobei die Sensorsteuerung (3) weiter dazu ausgebildet ist, die Werkstückmessposition (P_W) aus dem bekannten Kalibrierort (C_M) des Kalibrierstücks (10), einer vordefinierten Messachse (A_M) und der ermittelten fiktiven Sensorachse (A_S) derart zu berechnen, dass die ermittelte fiktive Sensorachse (A_S) mit der vordefinierten Messachse (A_M) zusammenfällt, wenn sich der Einzentriersensor (1) in der berechneten Werkstückmessposition (P_W) befindet.

28. Werkzeugmaschine nach Anspruch 26 oder 27, wobei die Sensorsteuerung (3) zur Ermittlung des Ansprechverhaltens des Einzentriersensors (1) dazu ausgebildet ist, einen Spitzenschaltkontakt (S) des Schaltbereichs (B) in einem Koordinatensystem (K_M) des Werkstückträgers (2) zu ermitteln, indem der Einzentriersensor (1) in normaler Richtung auf eine Stirnfläche (F) des Kalibrierstücks (10) zubewegt wird.

29. Werkzeugmaschine nach Anspruch 27 oder 28, wobei der Kalibrierort (C_M) des Kalibrierstücks (10) und die vordefinierte Messachse (A_M) in einem Speicher (31) der Sensorsteuerung (3) hinterlegt sind und das Verfahren automatisiert durchgeführt wird.

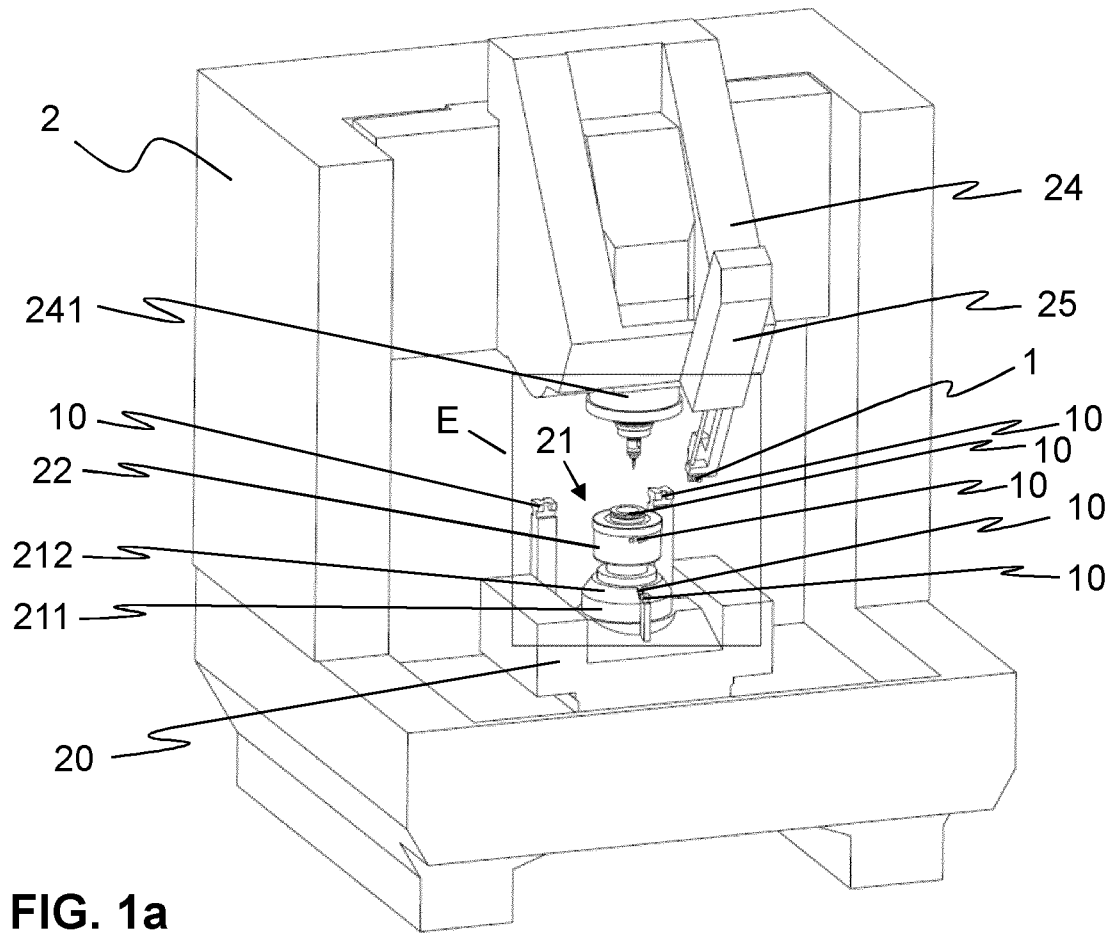


FIG. 1a

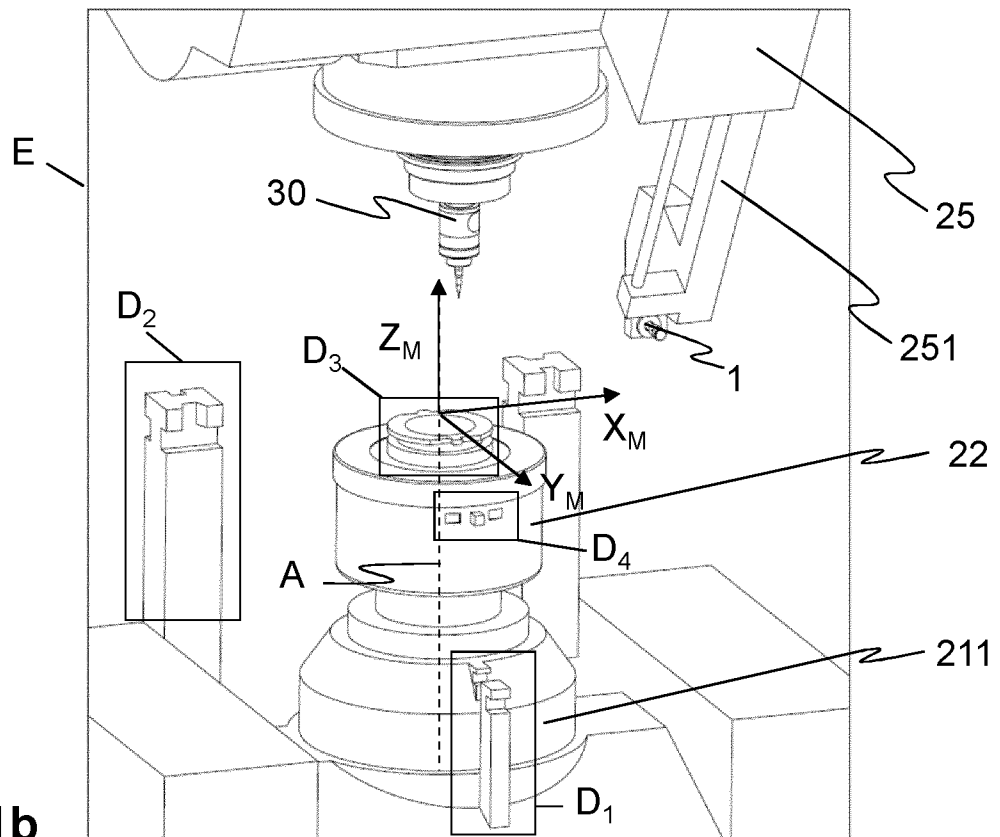


FIG. 1b

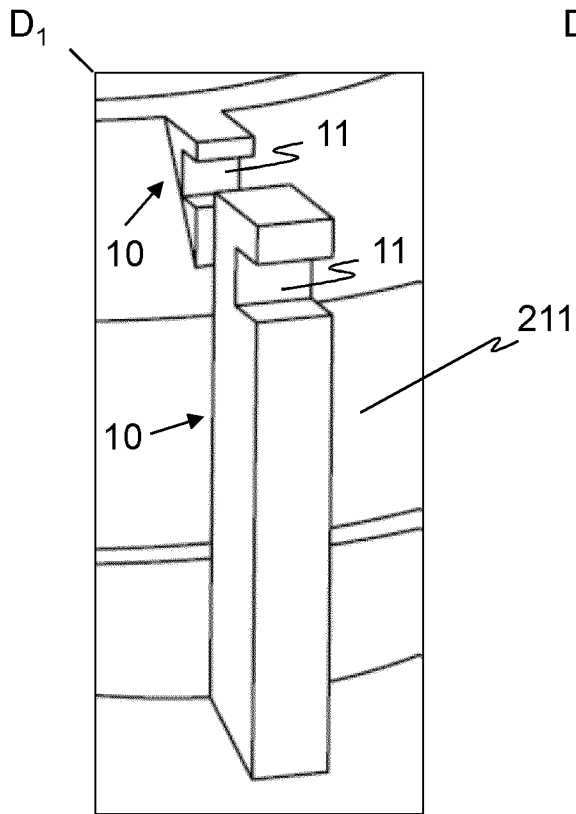


FIG. 2a

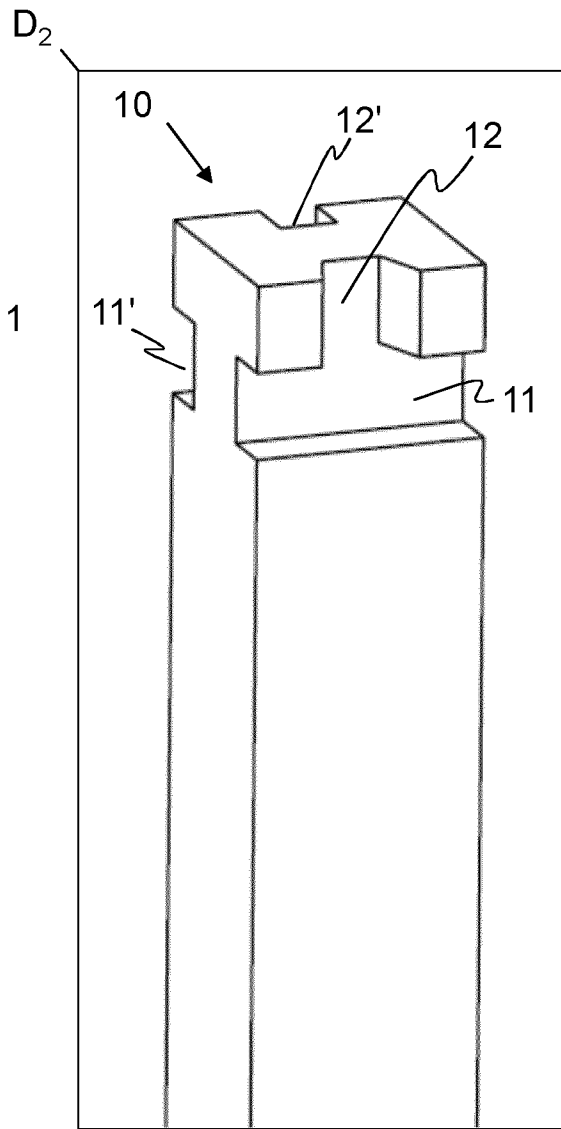


FIG. 2b

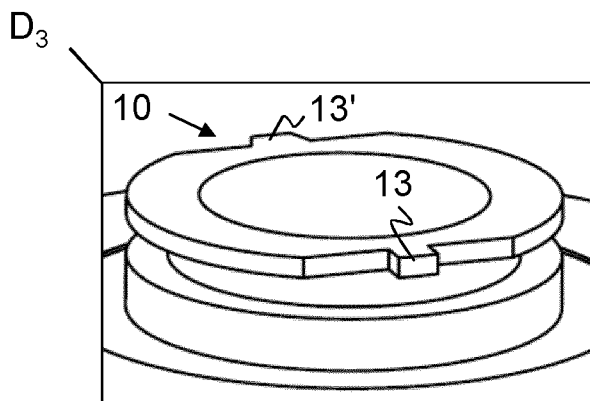


FIG. 2c

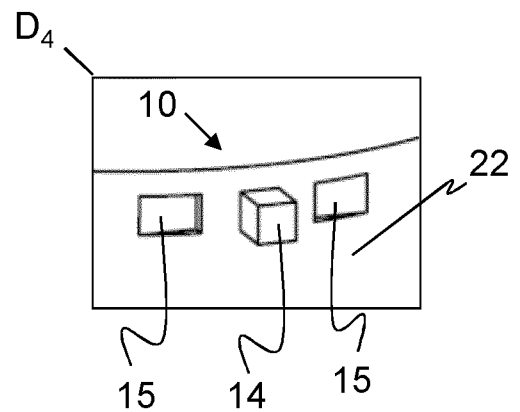


FIG. 2d

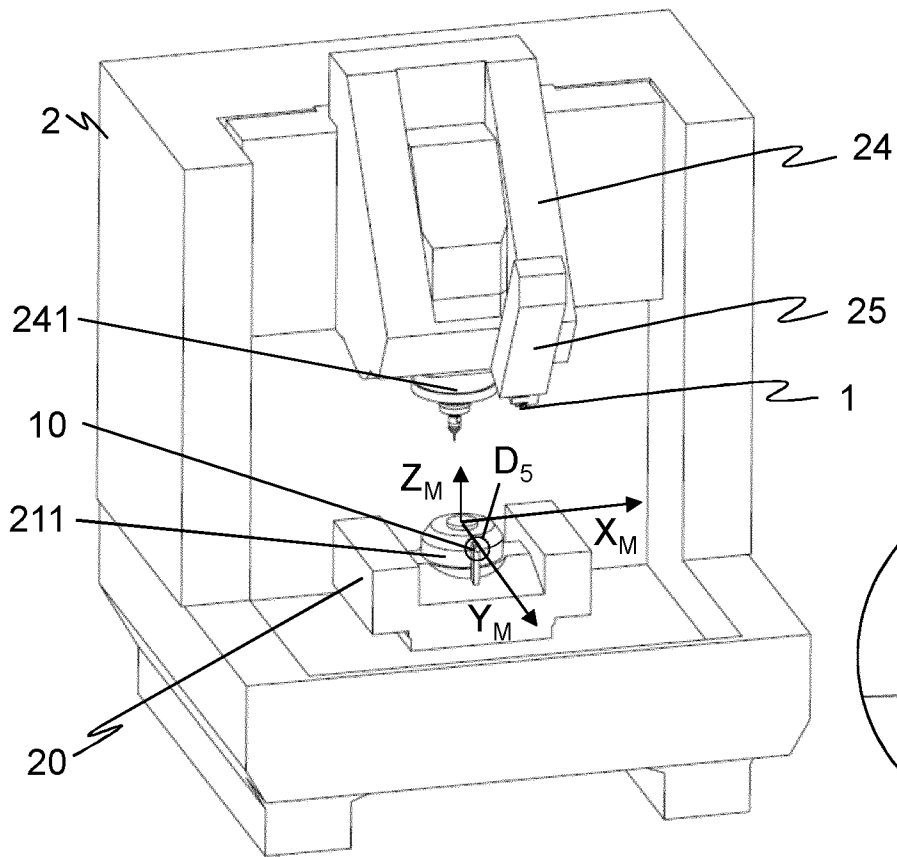


FIG. 2e

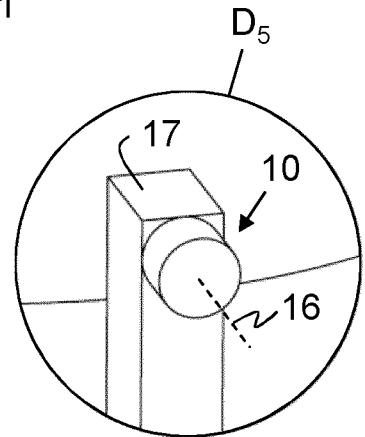


FIG. 2f

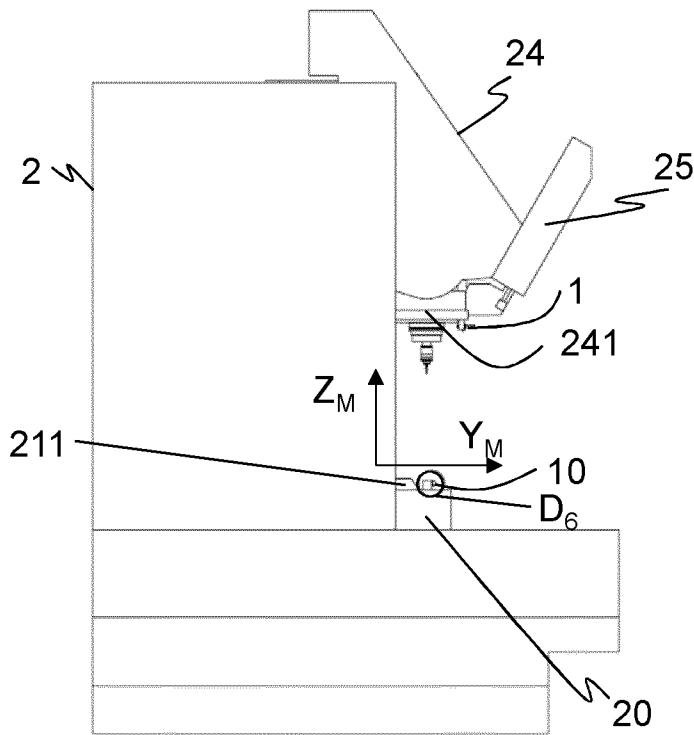


FIG. 2g

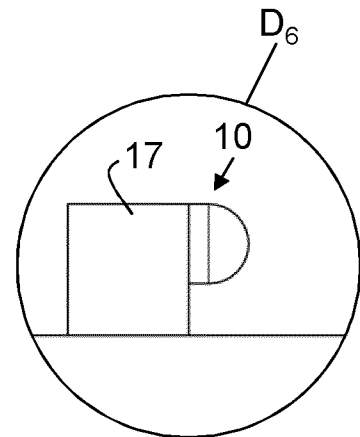


FIG. 2h

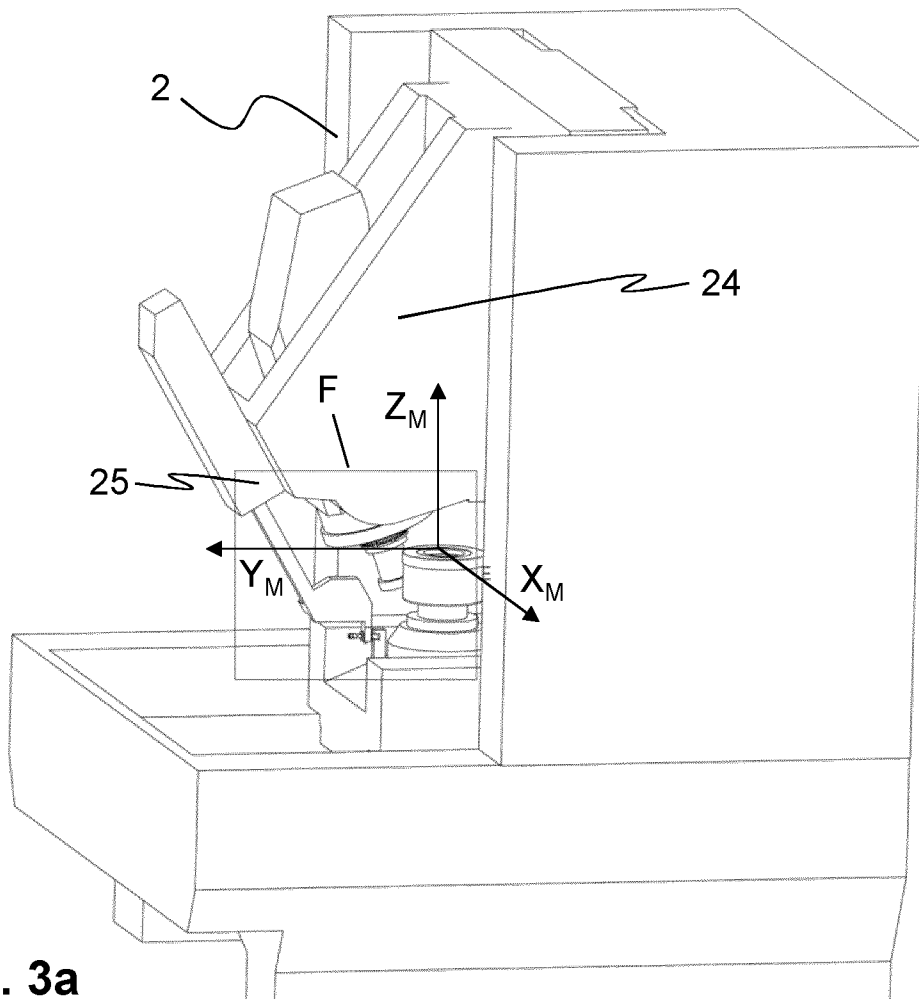


FIG. 3a

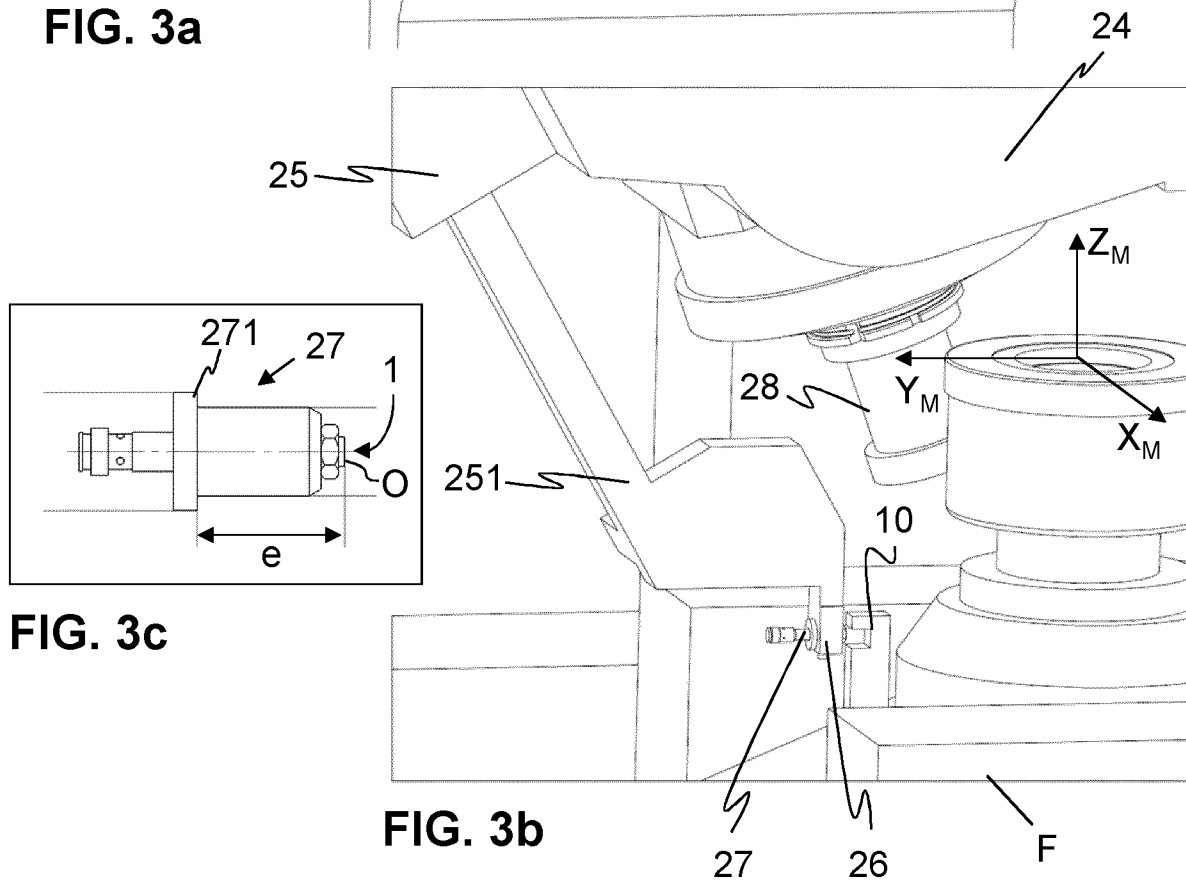
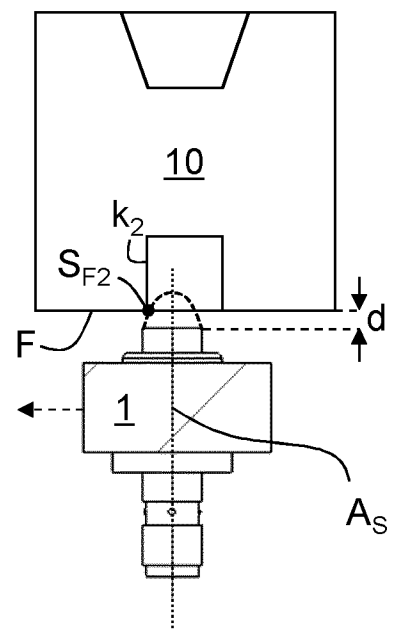
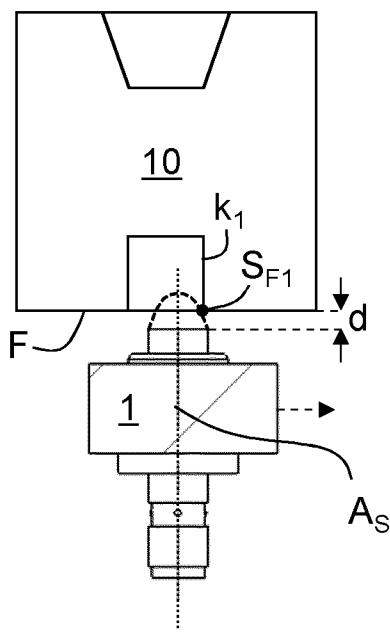
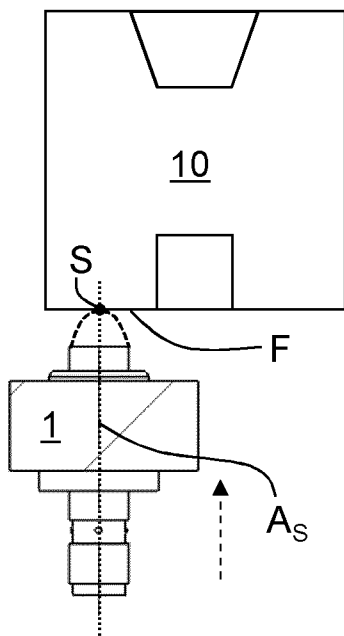
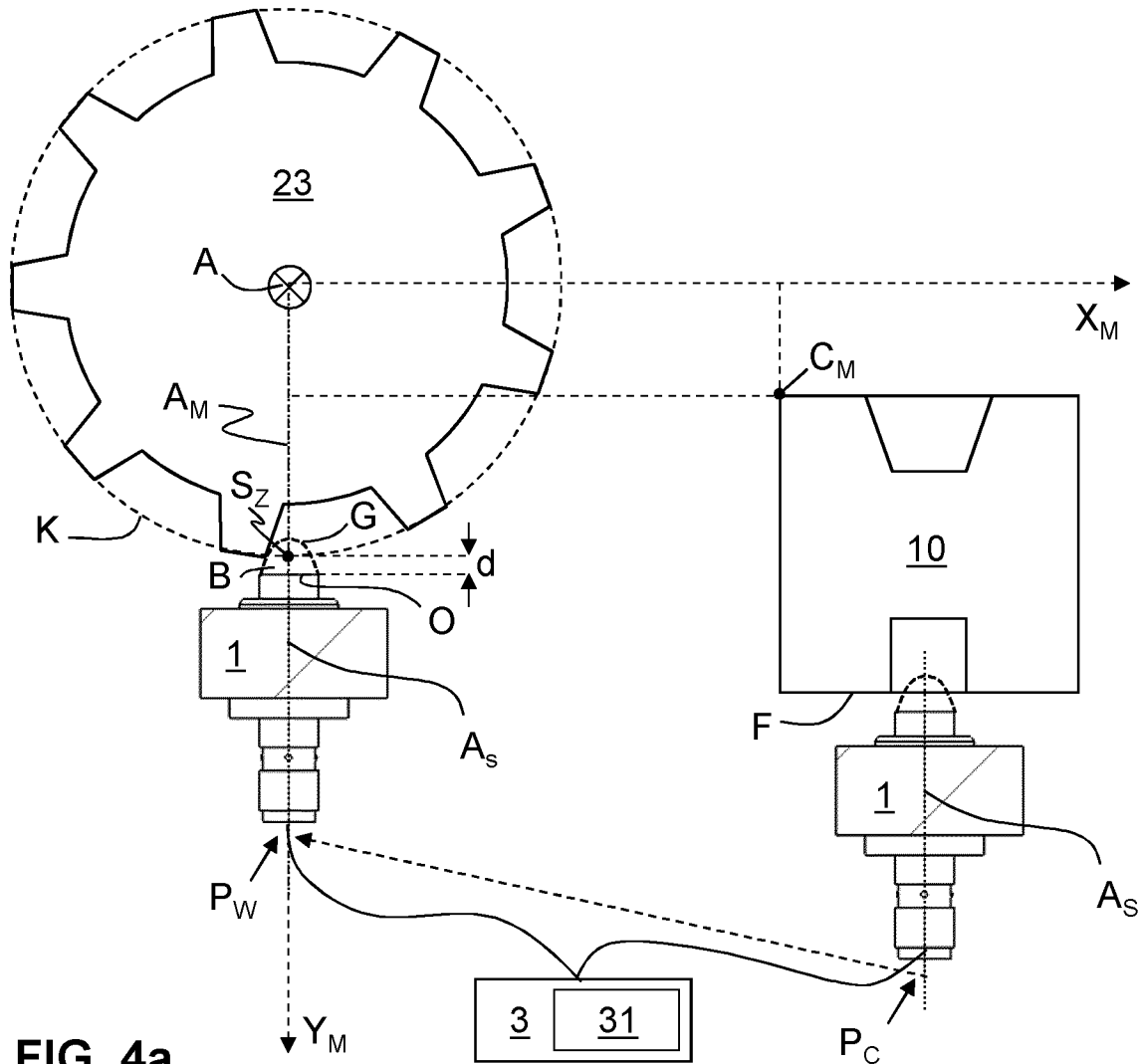


FIG. 3c

FIG. 3b



6/6

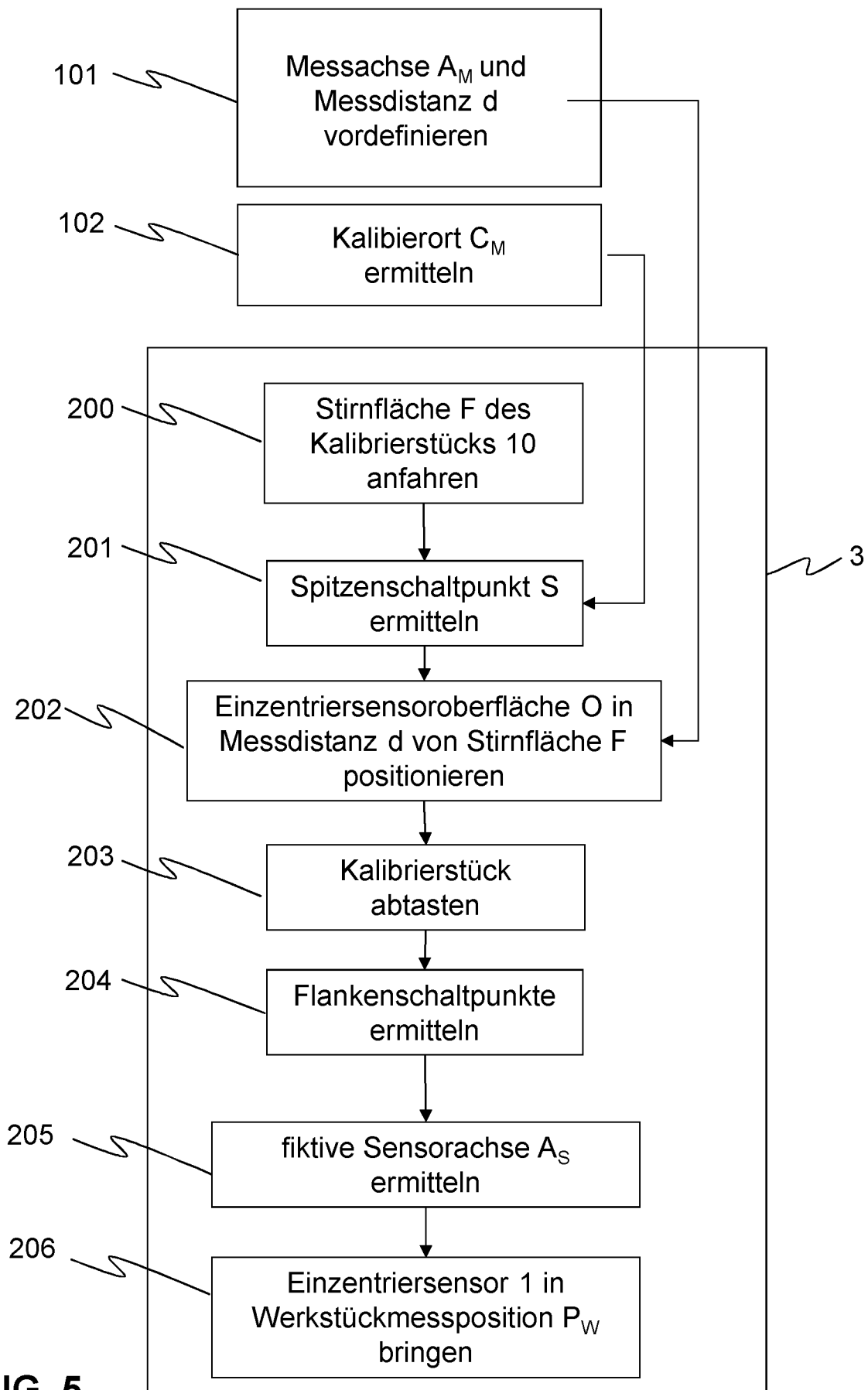


FIG. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2022/073814

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>B23F 23/00</i> (2006.01)i; <i>B23F 23/12</i> (2006.01)i; <i>B23Q 17/22</i> (2006.01)i; <i>G05B 19/401</i> (2006.01)i		
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) B23F; B23Q; G05B		
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.
Y	WO 2021008915 A1 (REISHAUER AG [CH]) 21 January 2021 (2021-01-21) cited in the application the whole document	1-29
Y	DE 102013003585 A1 (LIEBHERR VERZAHNTECH GMBH [DE]) 04 September 2014 (2014-09-04) paragraphs [0006], [0007]	1-29
Y	US 2012130531 A1 (GU JIE [US] ET AL) 24 May 2012 (2012-05-24) paragraphs [0004], [0021], [0024]; claim 1; figures 1-9	1-29
Y	EP 3456453 A1 (LIEBHERR VERZAHNTECH GMBH [DE]) 20 March 2019 (2019-03-20) paragraph [0097]	1-29
A	EP 3345707 A1 (LIEBHERR VERZAHNTECH GMBH [DE]) 11 July 2018 (2018-07-11) paragraph [0015]	1
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 16 November 2022		Date of mailing of the international search report 23 November 2022
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Carmichael, Guy Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2022/073814

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5297055 A (JOHNSTONE RICHARD [US]) 22 March 1994 (1994-03-22) column 3, lines 8-25 column 6, line 60 - column 7, line 6 column 7, lines 48-63 column 8, line 60 - column 9, line 5	1
A	DE 3234241 A1 (RENISHAW ELECTRICAL LTD [GB]) 31 March 1983 (1983-03-31) page 4, paragraph 3; claim 1	1
A	DE 102019104812 A1 (KAPP NILES GMBH & CO KG [DE]) 27 August 2020 (2020-08-27) cited in the application abstract	1
A	DE 3615365 C1 (LIEBHERR VERZAHNTECH GMBH) 13 August 1987 (1987-08-13) cited in the application abstract	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2022/073814

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2021008915	A1	21 January 2021	CH	715794	B1	31 July 2020
				CN	114126793	A	01 March 2022
				EP	3999273	A1	25 May 2022
				JP	2022540743	A	20 September 2022
				KR	20220034118	A	17 March 2022
				TW	202116452	A	01 May 2021
				US	2022288710	A1	15 September 2022
				WO	2021008915	A1	21 January 2021
DE	102013003585	A1	04 September 2014	NONE			
US	2012130531	A1	24 May 2012	CN	102478815	A	30 May 2012
				DE	102011118801	A1	24 May 2012
				US	2012130531	A1	24 May 2012
EP	3456453	A1	20 March 2019	CN	109465502	A	15 March 2019
				DE	102017120788	A1	14 March 2019
				EP	3456453	A1	20 March 2019
				KR	20190028339	A	18 March 2019
				US	2019076944	A1	14 March 2019
EP	3345707	A1	11 July 2018	CN	108274303	A	13 July 2018
				DE	102017000072	A1	05 July 2018
				EP	3345707	A1	11 July 2018
				JP	2018108640	A	12 July 2018
				US	2018185975	A1	05 July 2018
US	5297055	A	22 March 1994	AU	649023	B2	12 May 1994
				CA	2079334	A1	21 October 1991
				CA	2206718	A1	21 October 1991
				DE	69119762	T2	24 October 1996
				EP	0524943	A1	03 February 1993
				JP	3302013	B2	15 July 2002
				JP	2000512378	A	19 September 2000
				KR	0162906	B1	01 May 1999
				US	5297055	A	22 March 1994
				WO	9116673	A1	31 October 1991
				DE	3234241	A1	31 March 1983
GB	2108715	A	18 May 1983				
JP	H0547345	B2	16 July 1993				
JP	S5882649	A	18 May 1983				
DE	102019104812	A1	27 August 2020	CN	113490568	A	08 October 2021
				DE	102019104812	A1	27 August 2020
				EP	3930949	A1	05 January 2022
				JP	2022522136	A	14 April 2022
				US	2022126384	A1	28 April 2022
WO	2020173843	A1	03 September 2020				
DE	3615365	C1	13 August 1987	DE	3615365	C1	13 August 1987
				EP	0250775	A2	07 January 1988

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	B23F23/00	B23F23/12
		B23Q17/22
		G05B19/401
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)		
B23F B23Q G05B		
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.
Y	WO 2021/008915 A1 (REISHAUER AG [CH]) 21. Januar 2021 (2021-01-21) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1-29
Y	DE 10 2013 003585 A1 (LIEBHERR VERZAHNTECH GMBH [DE]) 4. September 2014 (2014-09-04) Absätze [0006], [0007] -----	1-29
Y	US 2012/130531 A1 (GU JIE [US] ET AL) 24. Mai 2012 (2012-05-24) Absätze [0004], [0021], [0024]; Anspruch 1; Abbildungen 1-9 -----	1-29
Y	EP 3 456 453 A1 (LIEBHERR VERZAHNTECH GMBH [DE]) 20. März 2019 (2019-03-20) Absatz [0097] -----	1-29
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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		Absdtedatum des internationalen Recherchenberichts
16. November 2022		23/11/2022
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 Carmichael, Guy

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 3 345 707 A1 (LIEBHERR VERZAHNTECH GMBH [DE]) 11. Juli 2018 (2018-07-11) Absatz [0015] -----	1
A	US 5 297 055 A (JOHNSTONE RICHARD [US]) 22. März 1994 (1994-03-22) Spalte 3, Zeilen 8-25 Spalte 6, Zeile 60 - Spalte 7, Zeile 6 Spalte 7, Zeilen 48-63 Spalte 8, Zeile 60 - Spalte 9, Zeile 5 -----	1
A	DE 32 34 241 A1 (RENISHAW ELECTRICAL LTD [GB]) 31. März 1983 (1983-03-31) Seite 4, Absatz 3; Anspruch 1 -----	1
A	DE 10 2019 104812 A1 (KAPP NILES GMBH & CO KG [DE]) 27. August 2020 (2020-08-27) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung -----	1
A	DE 36 15 365 C1 (LIEBHERR VERZAHNTECH GMBH) 13. August 1987 (1987-08-13) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2022/073814

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2021008915 A1	21-01-2021	CH 715794 B1	31-07-2020
		CN 114126793 A	01-03-2022
		EP 3999273 A1	25-05-2022
		JP 2022540743 A	20-09-2022
		KR 20220034118 A	17-03-2022
		TW 202116452 A	01-05-2021
		US 2022288710 A1	15-09-2022
		WO 2021008915 A1	21-01-2021

DE 102013003585 A1	04-09-2014	KEINE	

US 2012130531 A1	24-05-2012	CN 102478815 A	30-05-2012
		DE 102011118801 A1	24-05-2012
		US 2012130531 A1	24-05-2012

EP 3456453 A1	20-03-2019	CN 109465502 A	15-03-2019
		DE 102017120788 A1	14-03-2019
		EP 3456453 A1	20-03-2019
		KR 20190028339 A	18-03-2019
		US 2019076944 A1	14-03-2019

EP 3345707 A1	11-07-2018	CN 108274303 A	13-07-2018
		DE 102017000072 A1	05-07-2018
		EP 3345707 A1	11-07-2018
		JP 2018108640 A	12-07-2018
		US 2018185975 A1	05-07-2018

US 5297055 A	22-03-1994	AU 649023 B2	12-05-1994
		CA 2079334 A1	21-10-1991
		CA 2206718 A1	21-10-1991
		DE 69119762 T2	24-10-1996
		EP 0524943 A1	03-02-1993
		JP 3302013 B2	15-07-2002
		JP 2000512378 A	19-09-2000
		KR 0162906 B1	01-05-1999
		US 5297055 A	22-03-1994
		WO 9116673 A1	31-10-1991

DE 3234241 A1	31-03-1983	DE 3234241 A1	31-03-1983
		GB 2108715 A	18-05-1983
		JP H0547345 B2	16-07-1993
		JP S5882649 A	18-05-1983

DE 102019104812 A1	27-08-2020	CN 113490568 A	08-10-2021
		DE 102019104812 A1	27-08-2020
		EP 3930949 A1	05-01-2022
		JP 2022522136 A	14-04-2022
		US 2022126384 A1	28-04-2022
		WO 2020173843 A1	03-09-2020

DE 3615365 C1	13-08-1987	DE 3615365 C1	13-08-1987
		EP 0250775 A2	07-01-1988
