



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

① CH 656 704 A5

⑤ Int. Cl. 4: G 01 B 21/20

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer: 2761/82

㉒ Anmeldungsdatum: 05.05.1982

③① Priorität(en): 29.08.1981 DE 3134246

㉔ Patent erteilt: 15.07.1986

④⑤ Patentschrift  
veröffentlicht: 15.07.1986

⑦③ Inhaber:  
Dr.-Ing. Willy Höfler, Karlsruhe 41 (DE)

⑦② Erfinder:  
Höfler, Willy, Dr.-Ing., Karlsruhe 41 (DE)

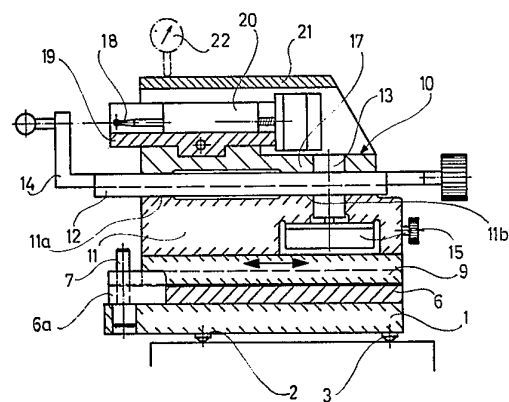
⑦④ Vertreter:  
François W. Gasser, Bern

⑤④ **Messgerät zum Prüfen des Zahnflankenprofils.**

⑤⑦ Ein solches Messgerät muss bezüglich des zu prüfenden Zahnrades nivelliert werden, damit das ihm zugeordnete ebene Koordinatensystem senkrecht zur Zahnradachse steht. Ausserdem ist das Messgerät relativ zum Zahnrad so auszurichten, dass die eine Achse seines Koordinatensystems die Zahnradachse schneidet. Hierzu weist das Messgerät erfindungsgemäss zwei achsparallele Passzylinder (7, 8) auf, die beidseits und äquidistant zu der relativ zum Zahnrad radial auszurichtenden Koordinatenachse angeordnet sind.

Damit das Ausrichten kein Neunivellieren des Messaufsatzes (10) erforderlich macht, ist er verstellbar auf seinem die Standfüsse (2, 3) tragenden Untersatz (1) angeordnet, und zwar entweder mittels eines Tangentialschlittens (19) oder mittels einer Schwenklagerung.

Damit kann der Messaufsatz (10) einfach und schnell in die gewünschte Bezugsposition zum Zahnrad gebracht werden.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Transportables Messgerät zum Prüfen des Zahnflankenprofils eines Zahnrades, welches Messgerät einen Untersatz (1) und einen Messaufsatz (10) mit einem in die Zahn-  
lücken des zu prüfenden Zahnrades einführbaren Messtaster (18) aufweist, wobei das Messgerät hinsichtlich eines ihm zugeordneten, ebenen kartesischen Koordinatensystems durch an ihm angebrachte, senkrecht zum Koordinatensystem des Messgerätes verlaufende Bezugsflächen derart senkrecht zur Zahnradachse auszurichten und in eine definierte Bezugsposition zu bringen ist, dass die eine Koordinatenachse radial zur Zahnradachse zeigt, dadurch gekennzeichnet, dass die Bezugsflächen durch die Mantelflächen eines Paares von achsparallelen Passzylindern (7, 8) gebildet sind und dass diese Passzylinder (7, 8) beidseits und äquidistant zu der zur Zahnradachse radial auszurichtenden Koordinatenachse (Y) angeordnet sind.

2. Messgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es zusammen mit den Passzylindern (7, 8) mittels eines Tangentialschlittens (19) relativ zu seinem Standfüsse (2, 3, 4) tragenden Untersatz (1) verstellbar ist.

3. Messgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es zusammen mit den Passzylindern (7, 8) schwenkbar an seinem Standfüsse (2, 3, 4) tragenden Untersatz (1) gelagert ist und dass die Schwenkachse mit der Achse des einen Passzylinders (7) fluchtet.

4. Messgerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der eine Passzylinder (7) selbst als Schwenkgelenk fun-  
giert.

5. Messgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der den Messtaster (18) tragende Messaufsatz (10) mittels eines Radialschlittens (9) relativ zu den beiden Passzylindern (7, 8) verfahrbar ist.

6. Messgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der den Messtaster (18) tragende Messaufsatz (10) als separates, von seinem Untersatz (1) abnehmbares Teil ausgebildet ist.

7. Messgerät nach Anspruch 3 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass seine schwenkbare Lagerung mittels einer an dem einen Passzylinder (7) angelenkten Zwischenscheibe (6) erfolgt, die an ihrer Oberseite Anschläge aufweist, in welche der den Messtaster (18) tragende Messaufsatz (10) zusammen mit seinem Radialschlitten (9) einsetzbar ist.

8. Messgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass es eine parallel zu seinem Koordinatensystem (X, Y) verlaufende, ebene Bezugsfläche (21) zu Nivellieren aufweist.

Die Erfindung betrifft ein transportables Messgerät zum Prüfen des Zahnflankenprofils eines Zahnrades gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Derartige transportable Messgeräte werden vor allem bei der Prüfung von Zahnrädern mit grossen Durchmessern verwendet, damit die Zahnräder direkt in der Verzahnungsmaschine geprüft werden können und das zeitraubende Umspinnen auf das Prüfgerät entfällt. Ausserdem haben transportable Prüfgeräte den Vorteil, dass die Zahnräder vor Ort geprüft werden können, wenn sie also beispielsweise in eine Maschine eingebaut sind.

Das Hauptproblem bei der Verwendung solcher transportablen Messgeräte besteht darin, dass das Gerät in eine definierte Bezugsposition zu dem zu prüfenden Zahnrad gebracht werden muss. Denn nur dann, wenn die Geräteposition relativ zum Zahnrad exakt bekannt ist, kann das Abta-

sten der Zahnflanken Aufschluss über eventuelle Verzahnungsfehler und deren Ausmass geben.

Der Stand der Technik enthält bereits verschiedene Vorschläge, um das Prüfgerät hinsichtlich des zu prüfenden Zahnrades auszurichten und seine Position zu erfassen. Durch die DE-OS 2 952 497 ist ein transportables Messgerät mit den eingangs genannten Merkmalen bekannt. Bei ihm dienen die beiden Bezugsflächen zum Befestigen zweier separater Neigungsmessgeräte, deren Signale mit denen zweier fest eingebauter Neigungsmessgeräte abgeglichen werden. Sodann werden die beweglichen Neigungsmessgeräte an die Welle des zu prüfenden Zahnrades angelegt, damit durch Signalvergleich die Neigung des Messgerätes an die der Zahnradachse angeglichen werden kann. Ist dieser Vorgang beendet, so steht das dem Messgerät zugeordnete ebene Koordinatensystem, also die X- und die Y-Achse, genau senkrecht zur Zahnradachse. Es ist auf diese Weise jedoch nicht möglich, das Messgerät innerhalb der X-Y-Ebene so auszurichten, dass die senkrecht zur Tangentialebene des Zahnrades laufende Koordinatenachse die Zahnradachse schneidet. Vielmehr läuft im Normalfall diese Koordinatenachse mehr oder weniger weit neben der Zahnradachse vorbei.

Um nun einen definierten Bezug zwischen dem in der X-Y-Ebene ausgerichteten Messgerät und der Zahnradachse herbeizuführen, ist es bei dem bekannten Gerät notwendig, das Zahnrad unter Mitnahme eines in eine Zahnücke eingefahrenen Orientierungsfühlers des Messgerätes zu verdrehen, und zwar derart, dass der Orientierungsfühler zunächst zum Prüfgerät hin verschoben wird, bis die ihn enthaltende Zahnücke ihren Kulminationspunkt relativ zum Prüfgerät erreicht hat, worauf sich der Orientierungsfühler wieder vom Messgerät entfernt. Dieser Umkehrpunkt wird gemessen und hieraus lässt sich der Versatz der senkrecht zur Tangentialebene laufenden Koordinatenachse relativ zur Zahnradachse errechnen. Man erhält somit die gesuchte Zuordnung der Zahnradachse relativ zu dem Koordinatensystem des Messgerätes. Oder mit anderen Worten befindet sich das Messgerät in einer definierten Bezugsposition relativ zu einem von der Zahnradachse ausgehenden Koordinatensystem.

Während es relativ genau möglich ist, das Messgerät zu nivellieren, also hinsichtlich seines Koordinatensystems senkrecht zur Zahnradachse auszurichten, ist der zweite Ausrichtvorgang, innerhalb der X-Y-Ebene, der im bekannten Fall durch die Positionsmessung des Kulminationspunktes erfolgt, problematisch. Denn bei grossen Zahnrädern, für welche ein transportables Messgerät vorwiegend verwendet wird, ergibt sich der Kulminationspunkt durch einen schleifenden Schnitt des Zahnradumfangs mit seiner Tangentialebene. Beispielsweise muss ein Zahnrad von 2 m Durchmesser um etwa 3 mm am Umfang verdreht werden, ehe sich eine Höhenänderung um 1 µm bemerkbar macht. Der Kulminationspunkt ist deshalb bei grossen Zahnrädern nur ungenau bestimmbar und im bekannten Fall werden zwei Messungen beidseits des Kulminationspunktes durchgeführt, um hieraus durch Mittelwertbildung dessen Koordinaten genauer bestimmen zu können.

Bei der DE-OS 2 934 347 erfolgt das Ausrichten des Messgerätes durch zwei parallel zueinander angeordnete Auflager, die gleichzeitig in zwei Lücken des zu prüfenden Zahnrades eingeschoben werden. Diese Ausrichtung wird jedoch von den Eigenfehlern der Verzahnung beeinflusst, weil die Eintauchtiefe der Auflager von der Zahnückenweite abhängt. Eigenfehler in den die Auflager des Messgerätes tragenden Zahnücken führen deshalb unmittelbar zu einer Verfälschung der Prüfgeräte-Position.

Hiervon ausgehend, liegt der vorliegenden Erfindung die

Aufgabe zugrunde, ein transportables Messgerät der eingangs beschriebenen Gattung dahingehend zu verbessern, dass es einfacher und genauer relativ zu dem zu prüfenden Zahnrad ausgerichtet werden kann. Vor allem geht es dabei um das nach dem Nivellieren des Messgerätes noch notwendige Ausrichten innerhalb der X-Y-Ebene, derart, dass die auf das Zahnrad zulaufende Koordinatenachse eines dem Messgerät zugeordneten Koordinatensystems die Zahnradachse schneidet.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäss durch ein transportables Messgerät gelöst, wie es im Patentanspruch 1 definiert ist.

Hierdurch ergibt sich die einfache Möglichkeit, das Messgerät nach dem in herkömmlicher Weise durchgeführten Nivellieren dadurch innerhalb der X-Y-Ebene auszurichten, dass an dem zu prüfenden Zahnrad eine Messuhr befestigt wird, die beim Drehen des Zahnrades mit ihrem Messfühler die Passzylinder unter Berührung passiert. Das Messgerät wird dann verschoben, bis die Messuhr an den beiden Passzylindern den gleichen Wert anzeigt. Dann ist sichergestellt, dass eine gedachte Mittelebene, die senkrecht auf der Verbindungsebene der beiden Passzylinderachsen steht, durch die Achse des zu prüfenden Zahnrades hindurchläuft, d.h., dass die radial auszurichtende Koordinatenachse des Messgerätes die Zahnradachse schneidet. Diese Messung ist einfacher und genauer als die bekannte Bestimmung des Kulminationspunktes, der sich längs eines schleifenden Schnittes einstellt.

Die Passzylinder weisen zweckmässig einen relativ geringen Durchmesser von kleiner als 1 cm auf, so dass sich ein ausgeprägtes Messsignal ergibt. Zusätzlich wird die Genauigkeit noch dadurch erhöht, dass die beiden Passzylinder relativ weit voneinander entfernt, zweckmässig nahe den beiden Aussenkanten des Messgerätes, angeordnet werden.

Um die nach dem Nivellieren noch notwendige Verschiebung des Messgerätes, so dass die Messuhr an beiden Passzylindern den gleichen Wert anzeigt, zu erleichtern, kann das Messgerät zweiteilig ausgeführt werden, derart, dass ein Messaufsatz zusammen mit den Passzylindern mittels eines Tangentialschlittens relativ zu seinem die Standfüsse tragenden Untersatz verstellbar ist. Dadurch bleibt der Untersatz mit den Standfüssen ortsfest. Es braucht also auch bei grösseren Verschiebungen des Messaufsatzes nicht nachnivelliert zu werden.

Eine besonders günstige Weiterbildung der Erfindung besteht darin, dass der Messaufsatz zusammen mit den Passzylindern schwenkbar an seinem die Standfüsse tragenden Untersatz gelagert ist und dass die Schwenkachse mit der Achse des einen Passzylinders fluchtet. Dadurch entfällt nicht nur das Nachnivellieren, sondern es bleibt auch die Position des als Schwenkgelenk fungierenden einen Passzylinders unabhängig von der Schwenkbewegung des Messaufsatzes ortsfest, so dass nur die Position des anderen Passzylinders neu justiert werden muss. Messtechnisch ist dies wesentlich einfacher, als wenn bei einer Verlagerung des Messaufsatzes beide Passzylinder ihre Position ändern und neu vermessen werden müssen, um zu der erwünschten Äquidistanz zur Zahnradachse zu kommen.

Dabei ist es konstruktiv besonders günstig, wenn der eine Passzylinder selbst als Schwenkgelenk fungiert. Er braucht hierfür lediglich etwas länger ausgebildet zu sein als der andere Passzylinder.

Damit die Führungen für die Einfahrbewegung des Mess-tasters in die Zahnlücken des zu prüfenden Zahnrades relativ kurz gehalten werden können, kann es bei besonderen Anwendungsfällen zweckmässig sein, dass der den Messtaster tragende Bauteil mittels eines Radialschlittens relativ zu den beiden Passzylindern verfahrbar ist.

Bildet man den Messaufsatz als separates, von dem die Standfüsse tragenden Untersatz leicht abnehmbares Teil aus, so ergibt sich der weitere Vorteil, dass man den Untersatz nach dem Messen stehenlassen kann und kein neuer Nivellierungsvorgang mehr erforderlich ist, wenn man das Zahnrad nach der Weiterbearbeitung nochmals prüfen will.

Handelt es sich dabei um einen Messaufsatz, der zum Ausrichten innerhalb der X-Y-Ebene eine Schwenkbewegung durchführt, so empfiehlt es sich, die schwenkbare Lagerung mittels einer am ersten Passzylinder angelegten Zwischenscheibe auszuführen, die an ihrer Oberseite Führungen aufweist, in welche der Messaufsatz ggf. zusammen mit seinem Radialschlitten einsetzbar ist. Dadurch entfällt beim erneuten Aufsetzen des Messaufsatzes nicht nur der Nivellierungsvorgang, sondern auch die Ausrichtung innerhalb der X-Y-Ebene, da die Führungen der am Untersatz verbleibenden Zwischenscheibe ein winkelgetreues Einsetzen des Messaufsatzes sicherstellen.

Da das Ausrichten des Messgerätes innerhalb der X-Y-Ebene mit Hilfe einer Messuhr erfolgt, ist es arbeitstechnisch besonders günstig, wenn man diese Messuhr zugleich auch zum Nivellieren des Messgerätes verwenden kann. Hierzu weist es zweckmässig an der Oberseite eine parallel zu seinem Koordinatensystem verlaufende, ebene Bezugsfläche auf. Diese Bezugsfläche ist so angeordnet, dass sie von dem vom Zahnrad mitgenommenen Messuhr sowohl in Längsrichtung wie auch in Querrichtung überfahren werden kann. Das Messgerät kann dadurch senkrecht zur Zahnradachse eingestellt, also nivelliert werden.

Weitere Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnung; dabei zeigt:

Fig. 1 eine seitliche Schnittansicht eines Messgerätes für das Zahnflankenprofil und

Fig. 2 eine Draufsicht auf das Messgerät gemäss Fig. 1.

Fig. 1 zeigt, dass das Messgerät einen Untersatz 1 aufweist, der über drei höhenverstellbare Standfüsse 2, 3 und 4 auf einem Tisch 5 od. dgl. steht.

Auf dem Untersatz 1 ist durch eine Gleitführung oder eine nicht dargestellte Kugelplatte eine Zwischenscheibe 6 verschwenkbar gelagert. Ihre Schwenkachse wird durch einen vertikalen Passzylinder 7 gebildet, dessen Basis in der vorderen Ecke des Untersatzes 1 fixiert ist, dessen Mittelstück eine vorstehende Nase 6a der Zwischenscheibe 6 durchquert und dessen freies oberes Ende als Bezugsfläche für das weiter unten beschriebene Ausrichten des Messgerätes dient.

Wie Fig. 2 zeigt, befindet sich an der gegenüberliegenden Seite der Zwischenscheibe 6 ein ähnlicher Passzylinder 8. Der Passzylinder 8 ist jedoch in der Zwischenscheibe 6 fixiert und kann mit dieser relativ zum Untersatz 1 verschwenkt werden. Durch nicht näher dargestellte Haltemittel kann die Zwischenscheibe 6 in einer bestimmten Schwenklage gegenüber ihrem Untersatz 1 festgelegt werden.

Oberhalb der Zwischenscheibe 6 befindet sich ein Radialschlitten 9, der relativ zur Zwischenscheibe 6 in Y-Richtung verschiebbar geführt ist. Dadurch kann der von ihm getragene Messaufsatz 10 nach dem Ausrichten der Zwischenscheibe 6 in die für den Messvorgang günstige Radialposition verfahren werden.

Im Ausführungsbeispiel ist der Messaufsatz 10 vom Radialschlitten 9 abnehmbar. Durch nicht näher dargestellte Anschläge oder Führungsflächen ist sichergestellt, dass er immer nur in der alten Position, zumindest aber in einer winkelgetreuen Position wieder auf den Radialschlitten 9 aufgesetzt werden kann.

Der untere Teil des Messaufsatzes 10 ist als Bett 11 ausge-

bildet, auf dem ein Schwenkarm 12 horizontal verschwenkbar gelagert ist. Seine Lagerung erfolgt über einen senkrechten Lagerzapfen 13, der im Bett 11 geführt ist. Zusätzlich ruht der Schwenkarm 12 auf zwei horizontalen Gleitflächen 11a und 11b des Bettes 11, wobei die vordere Gleitfläche 11a vor allem die Aufgabe hat, jegliche Durchbiegung des Schwenkarmes 12 zu verhindern.

Der Schwenkarm 12 hat einen U-förmigen, nach oben offenen Querschnitt und enthält in seinem Inneren einen durch Kugelrollführungen od. dgl. in Längsrichtung verschiebbaren Orientierungsfühler 14. Dieser Orientierungsfühler 14 kann somit sowohl horizontal verschwenkt als auch in seiner Länge verstellt werden. Durch inkrementale Messeinrichtungen 15 und 16 für die Winkelposition bzw. für die Längenposition des Orientierungsfühlers 14 ist dessen jeweilige Position relativ zu dem X-Y-Koordinatensystem genau abzulesen.

Oberhalb des Bettes 11 befindet sich eine den Schwenkbereich des Orientierungsfühlers 14 und seines Schwenkarmes 12 überspannende Brücke 17. Diese Brücke, die zusätzlich auch zur Führung des Schwenkarmes 12 und des Orientierungsfühlers 14 herangezogen werden kann, trägt an ihrer Oberseite einen Kreuzschlitten für den Messtaster 18. Der Kreuzschlitten besteht aus einem auf der Brücke 17 in X-Richtung verfahrbaren Schlitten 19, der seinerseits einen in Y-Richtung verfahrbaren Schlitten 20 mit dem Messtaster 18 trägt. Das Verfahren des Messtasters 18 längs den Zahnflanken des zu prüfenden Zahnrades und die Ermittlung der Flankenfehler erfolgen in an sich bekannter Weise.

An der Messgeräteoberseite befindet sich eine ebene Referenzfläche 21, die parallel zur X-Y-Ebene des Gerätes liegt und über die höhenverstellbaren Standfüsse so nivelliert wird, dass sie senkrecht zur Achse des zu prüfenden Zahnrades steht. Dieser Nivelliervorgang ist durch die Messuhr 22 angedeutet, die am Zahnrad befestigt wird und bei dessen Drehung über die Referenzfläche 21 gleitet. Selbstverständlich kann die beschriebene Nivellierung, die auch bei den anderen Messgeräten dieser Gattung notwendig ist, auch auf andere Weise durchgeführt werden.

Wesentlich ist nun, dass das Messgerät so gegenüber dem

zu messenden Zahnrad ausgerichtet werden kann, dass seine Y-Achse die Achse des zu prüfenden Zahnrades schneidet. Hierzu dienen die beiden Passzylinder 7 und 8, die äquidistant zur X-Achse des Messgerätes angeordnet sind und deren Zylinderachsen senkrecht zur X-Y-Ebene laufen. Sie erlauben in Verbindung mit einer am Zahnrad befestigten Messuhr 23 die gewünschte Ausrichtung innerhalb der X-Y-Ebene.

Wie in Fig. 2 angedeutet, führt die Messuhr 23 bei Verdrehung des zu prüfenden Zahnrades eine kreisförmige Bewegung durch, in deren Verlauf sie die beiden Passzylinder 7 und 8 passiert. Dabei zeigt die Messuhr jeweils den Abstand der Passzylinder von einem beliebigen Kreisbogen um den Zahnradmittelpunkt an. Ist dieses Abstandsmass an beiden Passzylindern gleich, was durch entsprechende Verschwenkung des Messaufsatzes mittels der Zwischenscheibe 6 leicht herbeizuführen ist, so ist gewährleistet, dass die Y-Achse des Messgerätes die Zahnradachse schneidet. Der Ausrichtvorgang ist dann beendet. Es ist lediglich noch in an sich bekannter Weise der radiale Abstand zwischen dem Koordinatensystem des Messgerätes und der Zahnradachse zu ermitteln. Hierzu darf im einzelnen auf die Patentanmeldung P 3 125 693 verwiesen werden. Dabei entfällt wegen der in der vorliegenden Anmeldung beschriebenen Ausrichtung des Messgerätes mittels der beiden Passzylinder die Ermittlung der Abszisse  $X_T$  und die Ermittlung des Winkels Epsilon; diese beiden Werte sind aufgrund der Ausrichtung des Messgerätes jeweils null. Der Rechner kann sich also auf die Bestimmung von  $Y_T$  beschränken.

Sodann erfolgt in der üblichen Weise die Messung des Zahnflankenprofils und, in einer besonderen Ausführungsvariante des erfindungsgemässen Messgerätes, der Zahn-schräge. Auch insoweit darf auf die Patentanmeldung P 3 125 693 Bezug genommen werden.

Es ist selbstverständlich, dass die beschriebene Ausrichtung des Messgerätes mittels der beiden Passzylinder 7 und 8 auch für solche Geräte geeignet ist, die ohne Orientierungsfühler 14 arbeiten, bei denen also die Bestimmung des radialen Abstandes auf andere Weise erfolgt, nämlich beispielsweise über die beiden Passzylinder.

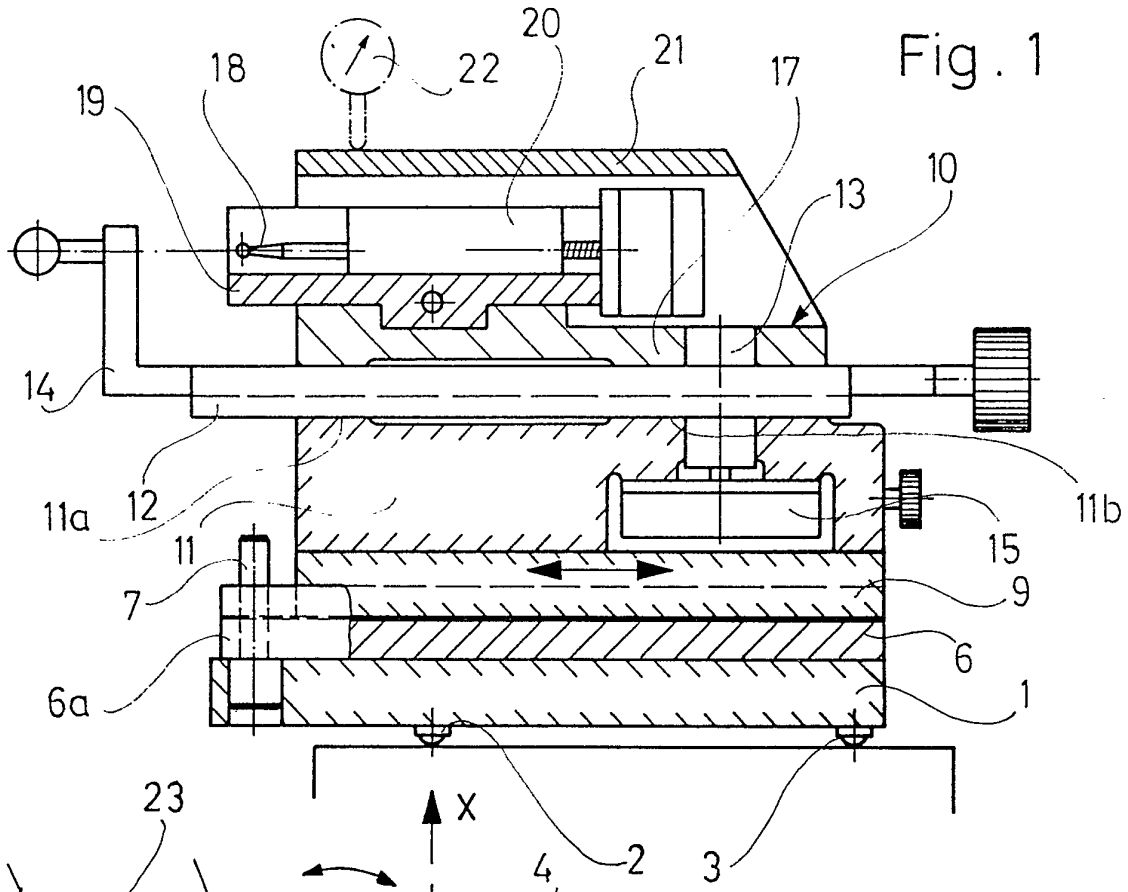


Fig. 1

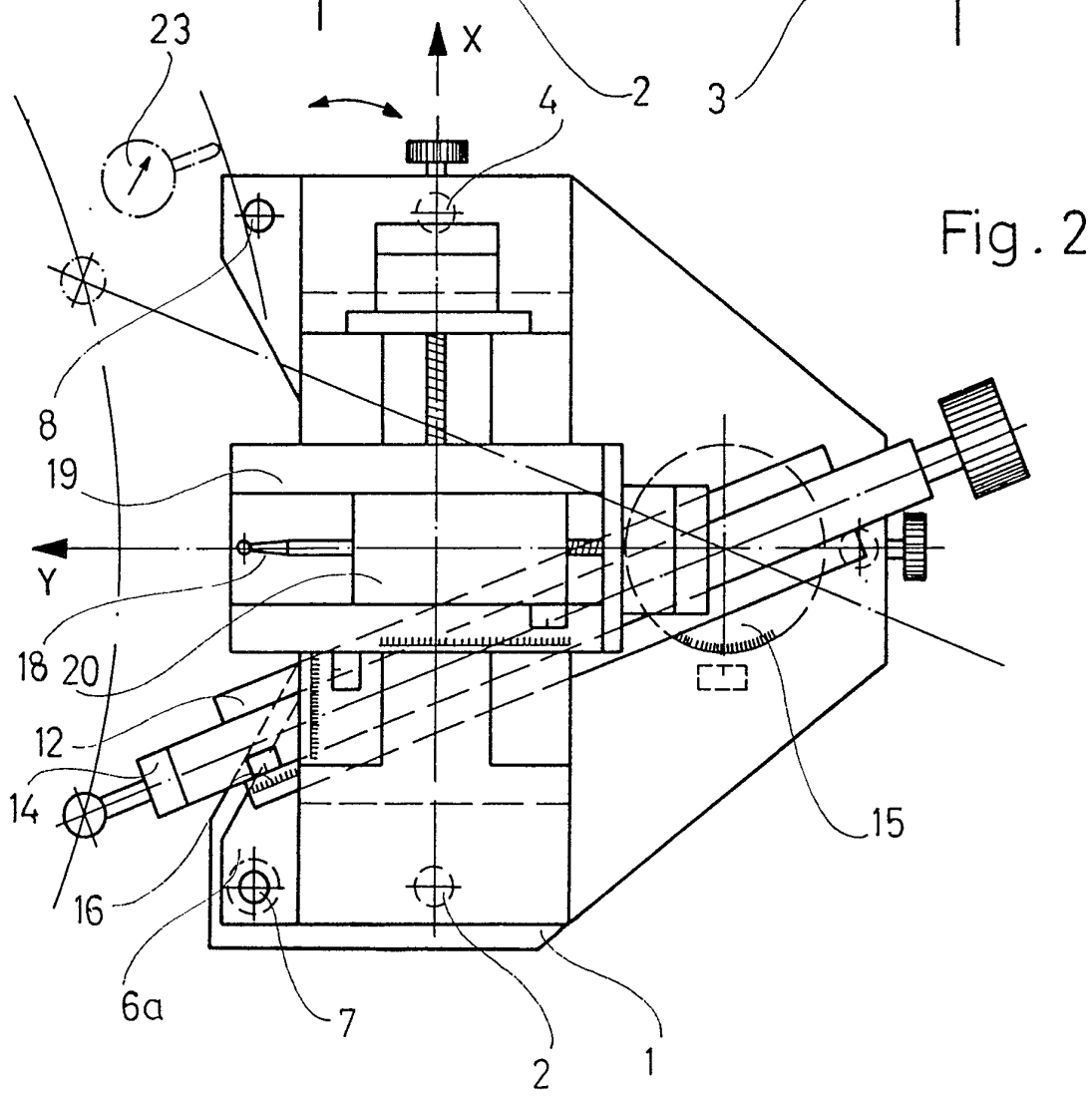


Fig. 2