

PATENTANSPRÜCHE

1. Selbsttätig arbeitendes Zahnradprüfgerät für die Kreisteilungsprüfung von Zahnradern, bei dem für den Prüfvorgang das Zahnrad pausenlos in einer Umlaufrichtung mit geringer Geschwindigkeit durch eine eigene Kraftquelle drehangetrieben ist und bei dem auf dem Gerätegestell ein Schlitten für die einzelnen Prüfvorgänge durch einen Antrieb im wesentlichen radial auf das Zahnrad zu und von diesem fort zwischen Anschlägen verschiebbar ist, wobei der Schlitten zwei auf ihm schwenkbar gelagerte, gegen Federkraft mit der Drehbewegung des Zahnrades mitbewegbare und mit Gebern zusammenwirkende Messtaster trägt, die Messtaster auf gleiche rechte oder linke Flanken benachbarter Zähne zur Anlage im Bereich des Teilkreises des Zahnrades eingerichtet sind, Mittel zum Anlegen der Messtaster unter der Federkraft an die Zahnflanken nach ihrem Einfahren in die Zahnlücken und zu ihrem Abheben gegen die Federkraft von den Zahnflanken nach Durchführung des Prüfvorganges vorgesehen sind und wobei mit einem der Messtaster, der damit als Bezugstaster ausgebildet ist, Schaltmittel verbunden sind, durch die bei einer bestimmten Schwenklage dieses Tasters einerseits die Messwertabnahme bzw. -ausgabe durch den anderen Messtaster verursacht und andererseits das Ausfahren der Messtaster aus der Verzahnung des Rades und ihr in einstellbarer Weise verzögertes Wiedereinfahren in die Radverzahnung durch entsprechende Schaltung des Schlittenantriebes steuerbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem Schlitten (9) neben jedem der Messtaster (10, 11) in der von diesem eingenommenen Zahnücke ein zweiter, mit einem Geber (42, 43) zusammenwirkender, unter Federkraft für den Prüfvorgang in Anlage an die gegenüberliegende Zahnflanke bringbarer und nach dem Messvorgang gegen die Federkraft von der Zahnflanke abhebbarer Messtaster (40, 41) schwenkbar angeordnet ist und dass durch die Geber dieser Messtaster die Teilungsabweichungen der gegenüberliegenden Flanken benachbarter Zahnücken ausgebbbar sind.

2. Prüfgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass durch den Bezugstaster (11) auch die Messwertausgabe durch die zweiten Messtaster (40, 41) steuerbar ist.

3. Prüfgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der dem Bezugstaster (11) in der gleichen Zahnücke gegenüberliegende Taster (41) als zweiter Bezugstaster für die Messwertausgabe durch den zweiten Messtaster (40) ausgebildet ist, wobei die Schlittensteuerung und die Steuerung des Abhebens der Taster (10, 11; 40, 41) von und Anlegens der Taster an die zu prüfenden Flanken beim ersten Bezugstaster (11) verbleibt.

4. Selbsttätig arbeitendes Prüfgerät für die Kreisteilungsprüfung von Zahnradern, bei dem für den Prüfvorgang das Zahnrad pausenlos in einer Umlaufrichtung mit geringer Geschwindigkeit durch eine eigene Kraftquelle drehangetrieben ist und bei dem auf dem Gerätegestell ein Schlitten für die einzelnen Prüfvorgänge durch einen Antrieb im wesentlichen radial auf das Zahnrad zu und von diesem fort zwischen Anschlägen verschiebbar ist, wobei der Schlitten zwei auf ihm schwenkbar gelagerte, gegen Federkraft mit der Drehbewegung des Zahnrades mitbewegbare und mit vorzugsweise induktiven Gebern zusammenwirkende Messtaster trägt, die Messtaster auf gleiche rechte oder linke Flanken benachbarter Zähne zur Anlage im Bereich des Teilkreises des Zahnrades eingerichtet sind, Mittel zum Anlegen der Messtaster unter der Federkraft an die Zahnflanken nach ihrem Einfahren in die Zahnücken und zu ihrem Abheben gegen die Federkraft von den Zahnflanken nach Durchführung des Prüfvorganges vorgesehen sind und wobei mit einem der Messtaster, der damit als Bezugstaster ausgebildet ist, Schaltmittel verbunden sind, durch die bei einer

bestimmten Schwenklage dieses Tasters einerseits die Messwertabnahme bzw. -ausgabe durch den anderen Messtaster verursacht und andererseits das Ausfahren der Messtaster aus der Verzahnung des Rades und ihr in einstellbarer Weise verzögertes Wiedereinfahren in die Radverzahnung durch entsprechende Schaltung des Schlittenantriebes steuerbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem Schlitten (51, 71) ein Querschlitten (57, 70) tangential zum Zahnrad (54, 73) zwischen zwei Anschlägen (59, 60; 77, 78), von denen wenigstens einer einstellbar ist, über einen Weg (X) im Bereich des Zahnückenmasses verschiebbar gelagert ist, dass die Messtaster (61, 62; 75, 76) nach Durchführung der Messung an gleichen Zahnflanken benachbarter Zahnücken durch Verschiebung des Schlittens vom ersten Anschlag zum zweiten an die gegenüberliegenden Zahnflanken zur dortigen Messung der Teilungsabweichung anlegbar sind und dass die Steuerung des Querschlittens ebenfalls durch den Bezugstaster (62, 76) erfolgt, wobei dieser die Rückbewegung des Hauptschlittens (51, 71) erst nach Durchführung beider Messvorgänge verursacht und dabei zusätzlich die Rückstellung des Querschlittens gegen den ersten Anschlag bewirkt.

5. Prüfgerät nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Querschlitten (70) entlang zur Zahnradachse konzentrischer Führungsbahnen auf dem Schlitten (71) verschiebbar ist.

6. Verfahren zum Betrieb eines Prüfgerätes nach Anspruch 1 oder 4 zur Kreisteilungsprüfung an pausenlos umlaufenden Zahnradern, bei dem mit Messtastern über gleiche rechte oder linke Zahnflanken benachbarter Zahnücken im Bereich des Teilkreises die Teilungsabweichungen gegenüber einem bei einem ersten Messvorgang erfolgten Nullabgleich der Messtaster ermittelt, gespeichert und dann ausgegeben werden, wobei die Messtaster zwischen den Messvorgängen periodisch gesteuert aus der Verzahnung gezogen und in diese um eine Teilung versetzt wieder eingefahren werden, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Messvorgang sowohl die Teilungsabweichungen der rechten als auch der linken Flanken benachbarter Zahnücken gemessen werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass beide Teilungsabweichungen gleichzeitig ermittelt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Teilungsabweichungen bei einem Messvorgang nacheinander durch Umschalten der Messtaster von einer Zahnückenseite auf die andere Zahnückenseite ermittelt werden.

9. Verfahren zum Betrieb eines Prüfgerätes nach Anspruch 1 oder 4 zum Messen der Verzahnungsrundlaufabweichungen, Zahndickenabweichungen und Zahnückenabweichungen an pausenlos umlaufenden Zahnradern, bei dem die Zahnücken bzw. die Zahndicken durch Messtaster abgefühlt und die Abweichungen gegenüber einem bei einem ersten Messvorgang erfolgten Nullabgleich der Messtaster ermittelt, gespeichert und dann ausgegeben werden, wobei die Messtaster zwischen den Messvorgängen periodisch gesteuert aus der Verzahnung gezogen und in diese um eine Teilung versetzt wieder eingefahren werden, dadurch gekennzeichnet, dass auf jeder Seite der Zahnücke bzw. des Zahnes im Bereich des Teilkreises (85, 90, 88) ein selbständiger Messtaster (86, 87) in Anlage gebracht wird und dass mit Hilfe eines Rechners die in Umfangsrichtung des Zahnrades sich ergebenden Abweichungen der beiden zur Zahnücke bzw. zum Zahn gehörenden Messtaster von dem Nullabgleich addiert, dann durch den Tangens des Eingriffswinkels dividiert und schliesslich halbiert werden, bevor die Messwertausgabe erfolgt, wobei eine sich aus einem Übermass der Zahnücke bzw. des Zahnes ergebende Tasterabwei-

chung als positiver Wert bei der Zahnlückenabweichung und Verzahnungsrundlaufabweichung bzw. der Zahndickenabweichung weiterverarbeitet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die sich bei der Teilungsprüfung ergebenden Messwerte gleichzeitig parallel bei entsprechend anderer Zusammenführung der von den Messtastern gelieferten Werte zur Ermittlung der Verzahnungsrundlaufabweichung, Zahndickenabweichung und Zahnlückenabweichung herangezogen werden.

Die Erfindung betrifft selbsttätig arbeitende Zahnradprüfgeräte gemäss den Oberbegriffen der Patentansprüche 1 und 4. Weiter betrifft die Erfindung Verfahren zum Betrieb solcher Prüfgeräte gemäss den Oberbegriffen der Patentansprüche 6 und 9.

Die bekannten Kreisteilungsprüfgeräte, die eine relative Prüfung durch Vergleich nacheinander ermittelter Messwerte erlauben, eignen sich sowohl für grosse Zahnräder zum Prüfen direkt auf der Verzahnmaschine als auch für kleine Zahnräder zum Prüfen auf einer Messmaschine, wozu diese Geräte meist transportabel sind. Dabei erfolgt durch das sich pausenlos drehende Zahnrad die Prüfung dynamisch.

Die beiden erwähnten Messtaster befinden sich auf einem Schlitten, mittels dessen sie gegen einen Festanschlag in die Verzahnung eingefahren und nach Durchführung des Messvorganges wieder zurückgezogen werden können. Für die Prüfungen selbst werden die Messtaster etwa auf den Teilkreisdurchmesser eingestellt, dabei genau auf eine gemeinsame Kreisbahn, was in der Praxis durch Antuschieren der Messtaster auf einer Zahnflanke erfolgt. Ausserdem werden die Messtaster so eingestellt, dass sie für den Messvorgang zuerst beispielsweise an linken Zahnflanken anliegen und es werden bei einem ersten Eingriff der Messtaster mit diesen Flanken die Geber dieser Taster auf null abgeglichen.

Bei sich pausenlos drehendem Prüfling werden nun die Messtaster nacheinander in aufeinanderfolgende Zahnlücken eingefahren. Nach dem Berühren der jeweiligen Zahnflanken folgen die Messtaster dem Prüfling eine kurze Strecke, bis der Bezugstaster wieder den Wert null erreicht. Dies bewirkt die Messwertübernahme bzw. die Abgabe des der Kreisteilungsabweichung entsprechenden Wertes am Geber des zweiten Messtasters und das anschliessende Herausfahren der Messtaster aus der Verzahnung. Die automatische Steuerung dieses Herein- und Wiederherausfahrens der Messtaster aus der Verzahnung ist bekannt und soll hier nicht noch einmal im einzelnen beschrieben werden.

Hat das Zahnrad einen Umlauf gemacht, so dass die Messtaster mit allen linken Zahnflanken in Berührung gekommen sind, werden die Messtaster wiederum auf einer gemeinsamen Kreisbahn an die rechten Zahnflanken benachbarter Zahnlücken angelegt und es erfolgt wiederum der Abgleich der mit den Messtastern verbundenen Geber auf null. Daraufhin erfolgt die Teilungsprüfung über die rechten Flanken bei nunmehr anders herum laufendem Zahnrad.

Damit die Messtaster beim Hereinfahren in die Verzahnung und beim Wiederherausfahren aus der Verzahnung nicht an den Zahnflanken schleifen bzw. mit den Zähnen kollidieren können, ist üblicherweise vorgesehen, dass die Messtaster für den Umsetzungsvorgang von einer Zahnlücke auf die nächste Zahnlücke durch Schaltmittel von den Flanken, die sie abgetastet haben bzw. die sie abtasten sollen, abgehoben sind.

Das bekannte Prüfgerät hat den Nachteil, dass zwei volle

Zahnradumläufe erforderlich sind, um die Kreisteilungsfehler an den linken und an den rechten Zahnflanken zu erfassen, wozu zwischen den beiden Umläufen noch das Umrüsten der Messtaster von einer Zahnflanke auf die andere Zahnflanke notwendig ist. Dies bedeutet einen hohen Zeit- und Kostenaufwand, der bei Prüfungen auf der Verzahnmaschine selber noch dadurch erheblich gesteigert wird, dass die einen sehr hohen Stundensatz aufweisende Verzahnmaschine während der Prüfung nicht produzieren kann.

10 Zur Messung der weiterhin bei der Gütebeurteilung eines Zahnrades interessierenden Verzahnungsrundlaufabweichungen, Zahndickenabweichungen und Zahnlückenabweichungen bedarf es eines anderen Prüfgerätes. Mit diesem wird zur Messung der Zahnlücken- und Verzahnungsrundlaufabweichungen ein kugelförmiger Messtaster in jede Zahnlücke des kontinuierlich umlaufenden Prüflings eingeführt und es wird die jeweilige Eindringtiefe gemessen, die Aufschluss über die Abweichungen der Zahnlücken untereinander gibt und schlussendlich die Rundlaufabweichung liefert. Bezüglich der Zahndickenabweichungen wird ein gabelförmiger Messtaster nacheinander auf jeden Zahn des Zahnrades gesetzt und es wird auch hier wieder die Eindringtiefe bzw. die Abweichung der Eindringtiefe von einem anfangs eingestellten Nullabgleich ermittelt. Hier ist also zur Messung der drei letztgenannten Werte wenigstens ein weiterer Umlauf des Zahnrades sowie ein weiteres Prüfgerät erforderlich, was den Zeit- und Kostenaufwand für die Zahnradprüfung über das oben geschilderte Mass hinaus vergrössert.

30 Aufgabe der Erfindung ist es, das Gerät für die Kreisteilungsprüfung sowie das dazugehörige Verfahren derart abzuändern und zu verbessern, dass mit einem einzigen Zahnradumlauf die Kreisteilungsprüfung sowohl für die rechten als auch für die linken Flanken des Rades erfolgt und sich so die Prüfzeit auf die Hälfte gegenüber dem Bekannten reduzieren lässt. In Weiterbildung der Erfindung soll ein Verfahren angegeben werden, das es mit dem erfindungsgemässen Kreisteilungsprüfgerät ermöglicht, gleichzeitig auch die Verzahnungsrundlaufabweichungen, Zahndickenabweichungen und Zahnlückenabweichungen zu messen, so dass hierfür ein zweites Gerät entfallen kann. Dabei soll nach Möglichkeit auch noch erreicht werden, dass die drei letztgenannten Werte gleichzeitig mit der Teilungsprüfung ermittelt werden können, so dass dafür auch ein eigenständiger Umlauf des Zahnrades in Fortfall kommen kann. Die Lösung dieser Aufgabe soll in einfacher Weise mit geringen Mitteln ermöglicht werden.

Die Aufgabe ist erfindungsgemäss für die Teilungsprüfung mit einem Prüfgerät der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass auf dem Schlitten neben jedem der Messtaster in der von diesem eingenommenen Zahnlücke ein zweiter, mit einem Geber zusammenwirkender, unter Federkraft für den Prüfvorgang in Anlage an die gegenüberliegende Zahnflanke bringbarer und nach dem Messvorgang gegen die Federkraft von der Zahnflanke abhebbarer Messtaster schwenkbar angeordnet ist und dass durch die Geber dieser Messtaster die Teilungsabweichung der gegenüberliegenden Flanken benachbarter Zahnlücken ausgebar sind.

Durch diese erfindungsgemässen Massnahmen ist es möglich, bei einem Zahnradumlauf die Teilungsabweichungen sowohl der linken als auch der rechten Zahnflanken zu messen und auf dem Weg über einen Zwischenspeicher im Ergebnis beispielsweise wertmässig oder graphisch auszugeben. Hierzu werden zu Beginn des Prüfvorganges sowohl das Messtasterpaar für die linken Flanken als auch das Messtasterpaar für die rechten Flanken auf null abgeglichen und es erfolgt dann wieder bei einem Zahnradumlauf in gleichbleibender Drehrichtung das Aus- und Einfahren der Messta-

ster von Zahnflanke zu Zahnflanke sowie deren Abheben von den Zahnflanken nach dem Prüfvorgang und deren Wiederanlegen an die Zahnflanken für den nächsten Prüfvorgang. Damit ist die Prüfzeit auf die Hälfte reduziert und es sind erhebliche Kosten erspart, insbesondere dann, wenn die Zahnradprüfung auf der Verzahnmaschine stattfindet.

Nach der Erfindung kann es vorgesehen sein, dass durch den Bezugstaster auch die Messwertausgabe durch die zweiten Messtaster steuerbar ist, wobei allerdings hier rechnergesteuert dafür Sorge getragen werden muss, dass im Augenblick einer durch den ersten Bezugstaster verursachten Messwertausgabe vorhandene Nullabweichung des zweiten Bezugstasters zu dem vom zweiten Messtaster gelieferten Wert addiert bzw. von diesem subtrahiert wird, je nachdem, ob der zweite Bezugstaster bereits die Nullposition durchlaufen hat oder noch vor dieser steht.

Zweckmässig kann es jedoch auch sein, dass der dem Bezugstaster in der gleichen Zahnflanke gegenüberliegende Taster als zweiter Bezugstaster für die Messwertausgabe durch den zweiten Messtaster ausgebildet ist, wobei jedoch die Schlittensteuerung und die Steuerung des Abhebens der Taster von und Anlegens der Taster an die zu prüfenden Flanken beim ersten Bezugstaster verbleibt. Der erste Bezugstaster behält hier also die Steuerung für das Ein- und Ausfahren der Messtaster und auch für die Messwertausgabe des zu ihm gehörenden Messtasters. Was jedoch die Messwertausgabe des Messtasters des zweiten Tasterpaares betrifft, so erfolgt diese dann, wenn der zweite Bezugstaster die Nullposition durchfährt. Da dies kurz vor oder nach dem Moment sein kann, wo der erste Bezugstaster die Nullposition durchfährt, ist selbstverständlich dafür Sorge zu tragen, dass der erste Bezugstaster das Herausfahren der Messtaster aus dem Zahnrad grundsätzlich erst mit einer wenn auch nur geringfügigen Verzögerung verursacht, nachdem er selbst die Nullposition durchlaufen hat.

Bei einem Prüfgerät der eingangs genannten Art besteht für die Teilungsprüfung von Zahnradern eine zweite Lösung der der Erfindung zugrunde liegenden Aufgabe darin, dass auf dem Schlitten ein Querschlitten tangential zum Zahnrad zwischen zwei Anschlägen, von denen wenigstens einer einstellbar ist, über einen Weg im Bereich des Zahnflankenmasses verschiebbar gelagert ist, dass die Messtaster nach Durchführung der Messung an gleichen Zahnflanken benachbarter Zahnflanken durch Verschiebung des Schlittens vom ersten Anschlag zum zweiten Anschlag an die gegenüberliegenden Zahnflanken zur dortigen Messung der Teilungsabweichung anlegbar sind und dass die Steuerung des Querschlittens ebenfalls durch den Bezugstaster erfolgt, wobei dieser die Rückbewegung des Hauptschlittens erst nach Durchführung beider Messvorgänge verursacht und dabei zusätzlich die Rückstellung des Querschlittens gegen den ersten Anschlag bewirkt.

Hier ist also die Anordnung so getroffen, dass es bei einem Messtasterpaar bleibt, dass diese jedoch während eines Messvorganges von einer Zahnflanke auf die andere Zahnflanke der sie aufnehmenden Zahnflanke umgeschaltet werden und so nacheinander die Teilungsabweichung für die linke und rechte Zahnflanke zweier benachbarter Zahnflanken liefern. Die Einstellung der Taster ist hier so vorzunehmen, dass die beiden Taster zunächst für beispielsweise die linken Flanken auf null abgeglichen werden, dann ihre Umschaltung auf die rechten Zahnflanken vorgenommen und dort ein erneuter Nullabgleich für diese Schaltstellung durchgeführt wird, so dass dann für die weiteren Messvorgänge die Messwertausgabe jeweils für linke und rechte Zahnflanken dann erfolgt, wenn dazu der Bezugstaster die Nullposition bei seiner Mitbewegung mit dem sich ständig drehenden Zahnrad durchläuft.

Bei dieser Ausbildung des erfindungsgemässen Prüfgerätes kann es für kleine Raddurchmesser oder aber auch für grosse Moduln und Teilungen des Prüflings zweckmässig sein, dass der Querschlitten entlang zur Zahnradachse konzentrischer Führungsbahnen auf dem Schlitten verschiebbar ist, damit bei der Umschaltbewegung des Querschlittens die Messtaster auf ihrer Einstellung im Bereich des Teilkreises bleiben.

Entsprechend dem Vorstehenden ist das Verfahren zur Kreisteilungsprüfung an pausenlos umlaufenden Zahnradern, bei dem mit Messtastern über gleiche rechte und linke Zahnflanken benachbarter Zahnflanken im Bereich des Teilkreises die Teilungsabweichungen gegenüber einem bei einem ersten Messvorgang erfolgten Nullabgleich der Messtaster ermittelt, gespeichert und dann ausgegeben werden, wobei die Messtaster zwischen den Messvorgängen periodisch gesteuert aus der Verzahnung gezogen und in diese um eine Teilung versetzt wieder eingefahren werden, erfindungsgemäss dadurch gestaltet, dass bei einem Messvorgang sowohl die Teilungsabweichungen der rechten als auch der linken Flanken benachbarter Zahnflanken gemessen werden. Dabei werden beide Teilungsabweichungen entweder gleichzeitig ermittelt oder es werden die beiden Teilungsabweichungen bei einem Messvorgang nacheinander durch Umschalten der Messtaster von einer Zahnflankenseite auf die andere Zahnflankenseite ermittelt.

In Weiterbildung des Erfindungsgegenstandes ist bei einem Verfahren zum Messen der Verzahnungsrundlaufabweichungen, Zahndickenabweichungen und Zahnflankenabweichungen an pausenlos umlaufenden Zahnradern, bei dem die Zahnflanken bzw. die Zahndicken durch Messtaster abgefühlt und die Abweichungen gegenüber einem bei einem ersten Messvorgang erfolgten Nullabgleich der Messtaster ermittelt, gespeichert und dann ausgegeben werden, wobei die Messtaster zwischen den Messvorgängen periodisch gesteuert aus der Verzahnung gezogen und in diese um eine Teilung versetzt wieder eingefahren werden, die gestellte Aufgabe erfindungsgemäss dadurch gelöst, dass auf jeder Seite der Zahnflanke bzw. des Zahnes im Bereich des Teilkreises ein selbständiger Messtaster in Anlage gebracht wird und dass mit Hilfe eines Rechners die in Umfangsrichtung des Zahnrades sich ergebenden Abweichungen der beiden zur Zahnflanke bzw. zum Zahn gehörenden Messtaster von dem Nullabgleich addiert, dann durch den Tangens des Eingriffswinkels dividiert und schliesslich halbiert werden, bevor die Messwertausgabe erfolgt, wobei eine sich aus einem Übermass der Zahnflanke bzw. des Zahnes ergebende Tasterabweichung als positiver Wert bei der Zahnflankenabweichung und Verzahnungsrundlaufabweichung bzw. Zahndickenabweichung weiterverarbeitet wird.

Durch dieses erfindungsgemässe Verfahren ist es nicht mehr erforderlich, das Zahnrad für die drei zuletzt genannten Prüfvorgänge mit einem eigenständigen Gerät zu kontrollieren. Vielmehr kann dies ohne weiteres beispielsweise mit einem Prüfgerät der vorbeschriebenen Art geschehen, indem lediglich die von den Messtastern gelieferten Werte in entsprechend anderer Weise weiterverarbeitet werden, indem die Messwerte zweier in einer gemeinsamen Zahnflanke befindlichen Messtaster zur Prüfung der Zahnflankenabweichungen sowie der Verzahnungsrundlaufabweichung herangezogen werden, während das gleiche mit zwei einen Zahn zwischen sich aufnehmenden Messtastern für die Zahndickenabweichung geschieht. Dabei wird entsprechend dem Vorgesagten nach den Gepflogenheiten der Verzahnungsmesstechnik berücksichtigt, dass ein Übermass bei der Zahnflanke ebenso wie ein Übermass bei der Zahndicke als positiver Wert erscheint.

Bei diesem Verfahren ist es schliesslich zweckmässig, dass die sich bei der Teilungsprüfung ergebenden Messwerte

gleichzeitig parallel bei entsprechend anderer Zusammenführung der von den Messtastern gelieferten Werte zur Ermittlung der Verzahnungsrundlaufabweichungen, der Zahndickenabweichungen und der Zahnlückenabweichungen herangezogen werden. Nach diesem erfindungsgemässen Vorgehen werden also die drei zuletzt genannten Grössen gleichzeitig mit der Teilungsprüfung abgenommen, indem ein und dieselben Messwerte verschiedenen Auswertungen zugeführt werden. Diese Verfahrensweise hat den Vorteil, dass nunmehr alle vorstehenden Prüf- bzw. Messvorgänge bei einem Zahnradumlauf ermittelt werden können, womit für diese insgesamt Prüf- bzw. Messvorgänge die Bearbeitungszeit gegenüber dem Bekannten auf ein Drittel reduziert ist.

Eine genauere Darstellung des zuletzt beschriebenen Verfahrens soll später anhand von Zeichnungen vorgenommen werden.

Weitere Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsformen, die auf der Zeichnung dargestellt sind. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 ein Prüfgerät zur Teilungsprüfung in vereinfachter Darstellung in Seitenansicht, teilweise geschnitten und in Draufsicht;

Fig. 2 und 3 die Arbeitsweise des Prüfgerätes gemäss Fig. 1 über linke und rechte Flanken eines Zahnrades in schematischer Darstellung;

Fig. 4 eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäss ausgebildeten Teilungsprüfgerätes in schematischer Darstellungsweise gemäss Fig. 2 und 3;

Fig. 5 eine Abwandlung der Geräteausbildung gemäss Fig. 4;

Fig. 6 eine zweite erfindungsgemässe Ausbildungsform eines erfindungsgemässen Zahnradprüfgerätes;

Fig. 7 eine Abwandlung des Gerätes gemäss Fig. 6;

Fig. 8 die schematische Veranschaulichung der Messung der Zahnlückenabweichungen und damit der Verzahnungsrundlaufabweichungen in der bekannten Art;

Fig. 9 schematisch den Vergleich der bekannten Ermittlung der Verzahnungsrundlaufabweichungen und der Zahnlückenabweichungen mit dem erfindungsgemässen Verfahren zur Ermittlung dieser Abweichungen;

Fig. 10 die Erläuterung des erfindungsgemässen Verfahrens zur Ermittlung der Verzahnungsrundlaufabweichungen und Zahnlückenabweichungen; und

Fig. 11 eine Einzelheit aus Fig. 10.

Gemäss Fig. 1 hat das Prüfgerät zur Teilungsprüfung ein Gerätegestell 1, gegenüber dem das zu prüfende Zahnrad 3 pausenlos mit Hilfe eines nicht dargestellten eigenen Antriebes drehbar gelagert ist. Auf dem Gerätegestell 1 ist über ein Gehäuse 8 ein Schlitten 9 radial zum Zahnrad 3 über einen Antrieb 2 verschiebbar, auf dem Messtaster 10 und 11 schwenkbar gelagert sind, die in nicht weiter dargestellter Weise jeweils mit einem induktiven Geber 26, 27 verbunden sind. Das Gehäuse 8 enthält die bereits erwähnten Antriebsmittel 2 für die Vor- und Rückbewegung des Schlittens 9 zum Einführen der Messtaster 10 und 11 in die Verzahnungen und zum Zurückbewegen aus der Verzahnung. Im übrigen enthält das Gehäuse 8 auch die Mittel zur Verarbeitung der von den Messtastern 10 und 11 gelieferten Messwerte, wobei dann in der Regel an das Gehäuse 8 ein Gerät zur Ausgabe der Messergebnisse beispielsweise in Form eines Schreibgerätes angeschlossen ist.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich, werden die in den Messwertgebern 26, 27 erzeugten Spannungen über Anpassverstärker an das Steuer- und Auswerte- bzw. Registriergerät weitergeleitet, indem im Verstärker/Demodulator eine dem Messwert pro-

portionale Gleichspannung erzeugt wird. Nach einer bestimmten Tasterauslenkung wird durch den «Null-Kompensator» die Speicherung der Gleichspannung im «Analogspeicher» veranlasst und gleichzeitig über die «Steuereinheit» der Rücklauf des Messschlittens eingeleitet. Das im «Analogspeicher» vorhandene Signal wird im «A/D-Wandler» digitalisiert und in dieser Form zur späteren Auswertung im Rechner abgespeichert. Nach einer über die «Zeitstufe» vorgegebenen Spanne wird der oben beschriebene Messvorgang bis zur Erreichung der programmierten Zähnezahls erneut gestartet.

Die Arbeitsweise dieses Prüfgerätes sei anhand der Fig. 2 und 3 genauer erläutert, wobei bereits in Fig. 1 verwendete Bezugszeichen wieder verwendet werden. Die Fig. 2 und 3 zeigen wiederum das Zahnrad 3, vereinfacht das Gerätegehäuse 8, den daran radial zum Zahnrad verschiebbaren Schlitten 9 sowie die auf dem Schlitten schwenkbar gelagerten Messtaster 10 und 11, die auf über Schraubverbindungen 20, 21 ein- und feststellbaren Böcken 22, 23 über Wälzlagerungen 24, 25 schwenkbar gelagert sind und auf induktive Geber 26, 27 ihre Schwenkwege weitergeben.

Der Schlitten 9 ist durch einen Stellmotor 28 und eine von diesem angetriebene Spindel 29 in Radialrichtung auf das Zahnrad 3 zu und von diesem fort bewegbar. Dabei ist die in Richtung auf das Zahnrad 3 vordere Bewegungsendlage durch einen Anschlag 30 gegenüber dem Gehäuse 8 gegeben. Die Bewegbarkeit des Schlittens 9 gegenüber dem Gehäuse 8 kann ebenfalls über eine Wälzlagerung 31 gewährleistet sein.

Mit Hilfe dieses bekannten Prüfgerätes findet die relative Teilungsprüfung folgendermassen statt:

Gemäss Fig. 2 sind die Messtaster 10 und 11 im Bereich des Teilkreises 31 in Anlage an die von der Geräteseite aus gesehen linken Zahnflanken des Zahnrades 3 innerhalb benachbarter Zahnlücken gebracht und es sind ihre induktiven Geber 26, 27 dort für die Messposition auf null abgeglichen.

Bei einem Messvorgang, bei dem in diesem Falle das Zahnrad entsprechend der Pfeilrichtung 32 entgegen dem Uhrzeigersinn dreht, durchläuft der die Funktion des Bezugstasters ausführende Messtaster 11 die Null-Position, bei der verursacht wird, dass der Messwert des Tasters 10 abgenommen bzw. ausgegeben wird. Nach dieser Tätigkeit verursacht der Bezugstaster 11 die Abhebung der Taster 10 und 11 von den Zahnflanken und die Rückbewegung des Schlittens 9 mittels des Spindeltriebes 28, 29, so dass die Taster aus den Zahnlücken herausfahren. Nunmehr setzt das Zahnrad 3 seine Bewegung entsprechend dem Pfeil 32 fort, bis die Taster 10 und 11 vor den nächstfolgenden Lücken zu stehen kommen, woraufhin der Schlitten 9 durch den Antrieb 28, 29 wieder gegen den Anschlag 30 vorgefahren wird. Daraufhin werden die Taster 10 und 11 an die nächsten linken Flanken angelegt und dann durch die Weiterdrehung des Zahnrades 3 ein Stück weit mitgenommen solange, bis der Bezugstaster 11 seine voreingestellte Null-Position durchläuft und in diesem Augenblick die Messwertausgabe des Messtasters 10 verursacht. Daraufhin wiederholt sich die Ausfahrbewegung und erneute Einfahrbewegung in die nächsten Zahnlücken wie beschrieben.

Zur Messung der rechten Zahnflanken müssen entsprechend Fig. 3 die Messtaster 10 und 11 auf diese Zahnflanken im Bereich des Teilkreises 31 eingestellt und auf null abgeglichen werden. Ausserdem muss das Zahnrad 3 nunmehr in entgegengesetzter Richtung entsprechend dem Pfeil 33 umlaufen. Die Messvorgänge spielen sich dann in umgekehrter Weise entsprechend der Darstellung anhand der Fig. 2 ab.

Bei den Fig. 2 und 3 sind die Drehrichtungen 32 und 33 so

ingerichtet, dass die Messtaster 10 und 11 von dem Zahnrad 3 gegen eine Federkraft mitgenommen werden. Es ist jedoch genauso gut möglich, dass die Drehrichtungen umgekehrt angeordnet werden und die unter einer Federvorspannung stehenden Messtaster den zu prüfenden Zahnflanken unter dieser Vorspannung folgen.

Zurückkommend auf Fig. 1, sei zu dem bekannten Prüfgerät noch hinzugefügt, dass sich dieses d.h. also die Positionen 8 und 9 auch auf einer Verzahnmaschine direkt bei dem noch in der Fertigungsaufspannung befindlichen Zahnrad anbringen lassen, so dass die anhand der Fig. 2 und 3 beschriebenen Prüfvorgänge mit Hilfe der Verzahnmaschine als Antrieb für das zu prüfende Zahnrad stattfinden können.

Fig. 4 zeigt eine erste Ausführungsform des neuen Prüfgerätes, wobei zunächst einmal im Vergleich zu Fig. 2 und 3 die wesentlichen wiederkehrenden Positionen mit gleicher Bezifferung versehen und nicht noch einmal erläutert sind.

Hinzu kommt beim Gegenstand gemäss Fig. 4, dass auf jedem der Böcke 22, 23 ein weiterer Messtaster 40, 41 in der bereits beschriebenen Weise drehbar gelagert und mit einem induktiven Geber 42 bzw. 43 verbunden ist, wobei diese weiteren Messtaster bezüglich der Messtaster 10 und 11 an jeweils gegenüberliegenden Flanken des Zahnrades 3 zur Anlage kommen. Zur besseren Einstellbarkeit sind nunmehr alle vier Messtaster gegenüber den Lagerböcken 22, 23 zusätzlich bei 44, 45, 46 und 47 drehein- und feststellbar.

Bei dem Gerät gemäss Fig. 4 werden die Taster 10, 11 und 40, 41 jeweils an die linken bzw. rechten Flanken des Zahnrades in Anlage gebracht und es werden die Paare 10, 11 einerseits und 40, 41 andererseits auf null abgeglichen, worauf dann die Messvorgänge wie beschrieben ablaufen und jeweils beim Null-Durchgang der Bezugstaster 11 bzw. 41 die Messtaster 10 bzw. 40 über ihre induktiven Geber 26 bzw. 42 die Messwerte ausgeben. Dabei muss nur dafür Sorge getragen sein, dass ein Bezugstaster, beispielsweise der Taster 11, die Steuerung des Schlittens 9 sowie der Abhebung der Taster von den Zahnflanken und deren Wiederaufsetzen für den nächsten Messvorgang allein innehat und diese Steuerung ausübt, indem der Bezugstaster 41 einschliesslich eines Flankenfehlers Zeit genug hat, seine Null-Position zu durchlaufen.

Auf diese Weise werden bei jedem Messgang sowohl die linken als auch die rechten Zahnflanken des sich in Richtung des Pfeiles 45 kontinuierlich drehenden Prüflings abgefühlt und die Teilungsabweichungen sowohl hinsichtlich der rechten als auch der linken Flanken ermittelt, so dass nach einem Umlauf des Zahnrades 3 die gesamte Prüfung der Teilungsabweichungen abgeschlossen ist.

Fig. 5 zeigt eine Variante des Gegenstandes gemäss Fig. 4, die sich von dem Gegenstand gemäss Fig. 4 lediglich dadurch unterscheidet, dass der Bezugstaster 11 nicht nur die Steuerung des Schlittens 9 innehat, sondern auch allein Bezugstaster ist, der bei seinem mit dem Taster 10 abgeglichenen Null-Durchlauf gleichzeitig die Messwertausgabe für die Taster 40, 41 verursacht. Da der Abgleich auf null für das Tasterpaar 10, 11 einerseits und 40, 41 andererseits wie anhand der Fig. 4 beschrieben zu Beginn erfolgt ist, muss dann während des Messdurchlaufes dafür gesorgt werden, dass beim Auslösen der Messwertausgabe durch den Bezugstaster 11 Abweichungen des Tasters 41 von der Null-Position gegenüber der Messwertausgabe des Tasters 40 kompensiert werden, indem entsprechende Differenzwertbildung stattfindet, wobei vor dem Null-Wert des Tasters 41 – in Umlaufrichtung des Zahnrades 2 gesehen – liegende Messwerte des Tasters 41 vom Messwert des Tasters 40 subtrahiert und den Null-Wert überschreitende Werte des Tasters 41 zum Messwert des Tasters 40 addiert werden.

Fig. 5 zeigt im übrigen noch ein Beispiel dafür, wie die Messtaster 10, 11 bzw. 40, 41 aus Platzersparnisgründen auf einer gemeinsamen Drehachse 48 bzw. 49 drehbar gelagert sein können.

Fig. 6 zeigt eine andere Bauform ausgehend von der anhand der Fig. 1 bis 3 beschriebenen bekannten Bauform. Gemäss Fig. 6 ist wiederum im Gerätegestell 50 ein Schlitten 51 durch einen Motor 52 mit Spindeltrieb 53 in Richtung auf das Zahnrad 54 mit Teilkreis 55 gegen einen Anschlag 56 des Gerätegehäuses 50 verschiebbar und gegenüber dem Zahnrad 54 zurückfahrbar. Der Schlitten 51 trägt einen Querschlitten 57, der auf ihm tangential zum Zahnrad 54 über Führungen 58 zwischen Anschlängen 59 und 60 querverschiebbar ist, wobei die Querverschiebbarkeit über das Mass X im wesentlichen dem Zahnlückenmass entspricht.

Auf dem Querschlitten 59 sind wiederum zwei Messtaster 61 und 62 auf Böcken 63 bzw. 64 schwenkbar gelagert, die mit induktiven Gebern 65 bzw. 66 in Wirkverbindung stehen. Der Querschlitten 57 ist ausserdem über einen Antrieb 67 mit Antriebsspindel 68 gesteuert verfahrbar.

Die Einrichtung des Prüfgerätes dieser Bauform geschieht dadurch, dass, wie in Fig. 6 dargestellt, die Messtaster 61, 62 zunächst an den linken Flanken des Zahnrades 54 angelegt und in dieser Anlage auf null abgeglichen werden. Daraufhin werden die Messtaster 61, 62 durch Querverschiebung des Schlittens 57 gegen den Anschlag 60 in Anlage an die rechten Flanken der nebeneinanderliegenden Lücken des Zahnrades 54 gebracht und für diese Position ebenfalls auf null abgeglichen. Hierfür kann es zweckmässig sein, das Zahnrad 54 etwas weiter zu drehen oder aber für den späteren Messvorgang das Mass X etwas kleiner als das Zahnlückenmass einzustellen, da beim Umschalten der Messtaster 61, 62 von der linken auf die rechte Zahnflanke das Zahnrad 54 in Richtung des Pfeiles 69 etwas weitergelaufen sein wird, so dass die genannte, entsprechende Vorsorge erforderlich ist, damit der als Bezugstaster dienende Messtaster 62 beim Umschalten des Querschlittens 57 auf die auf Fig. 6 bezogen rechte Zahnflanke kommt.

Mit der so beschriebenen Geräteeinrichtung werden dann durch Vorschub des Schlittens 57 für die einzelnen Messvorgänge die Taster 61, 62 zunächst an linke Zahnflanken des Zahnrades 54 in Anlage gebracht und es wird beim Null-Durchlauf des Bezugstasters 62 der Messwert vom Taster 61 über den Geber 65 ausgegeben. Der genannte Null-Durchlauf des Tasters 62 bewirkt ausserdem, dass über die Stellmittel 67, 68 der Querschlitten 57 vom Anschlag 59 nach rechts gegen den Anschlag 60 verschoben wird, so dass die Taster 61, 62 in Anlage an die rechten Flanken des Zahnrades 54 gelangen. Wenn hier nun der Taster 62 die Null-Position durchläuft, erfolgt für die rechten Flanken wiederum die Messwertabnahme über den Taster 61 und den Geber 65.

Ist dies geschehen, so wird über den Taster 62 die Rückbewegung des Schlittens 51 sowie gleichzeitig des Querschlittens 57 in Richtung auf den Anschlag 59 ausgelöst, wonach dann nach entsprechender Weiterbewegung des Zahnrades 54 der nächste Messturnus über zunächst linke und dann rechte Zahnflanken des Zahnrades 54 ablaufen kann.

Auf diese Weise ist es also ebenfalls möglich, bei einem in nur einer Richtung 69 umlaufenden Zahnrad 54 mit einem Umlauf gleichzeitig die Teilungsabweichungen sowohl der linken als auch der rechten Zahnflanken zu messen.

Fig. 7 zeigt den Gegenstand gemäss Fig. 6, jedoch lediglich mit der Abänderung, dass der Querschlitten 70 auf dem Schlitten 71 beispielsweise über Wälzlager 72 entlang bogenförmiger Führungsbahnen verschiebbar ist, die zum Drehzentrum des Zahnrades 73 mit Teilkreis 74 konzentrisch

sind. Dies dient der besseren Anpassung an Zahnräder mit kleinem Durchmesser bzw. grossen Moduln und Teilungen, um die Messtaster 75, 76 weitestgehend im Bereich des Teilkreises 74 zu halten, während der Querschlitzen 70 zwischen den Anschlüssen 77 und 78 für einen Messvorgang von der linken Flanke der Zähne des Zahnrades 73 auf die rechten Flanken der Zähne des Zahnrades 73 umgeschaltet wird. Im übrigen gilt für den Gegenstand gemäss Fig. 7 von dem Messablauf her gesehen und auch von der Vorrichtung her gesehen das zu Fig. 6 Gesagte, weshalb noch einige Bezugspositionen in Fig. 7 zugefügt sind, die mit dem Gegenstand gemäss Fig. 6 übereinstimmen.

Im nachfolgenden wird nun auf ein Verfahren zum Messen der Verzahnungsrundlaufabweichungen, Zahnradkantenabweichungen und Zahnradlückenabweichungen eingegangen, mit dem sich unter Zuhilfenahme der bereits beschriebenen Vorrichtungen, aber auch ähnlich arbeitender Vorrichtungen die Anwendung eines eigenständigen Prüfgerätes erübrigt. Dazu sei zunächst noch einmal auf das bekannte Verfahren zur Ermittlung dieser drei Messwerte eingegangen.

Fig. 8 zeigt eine Zahnradlücke mit einer linken Zahnradflanke 80 und einer rechten Zahnradflanke 81, in die ein kugelförmiger Messtaster 82 eingesteckt ist. Im vorliegenden Falle sei die Zahnradlücke zu weit gegenüber der erwünschten Zahnradlückengrösse, die durch die gestrichelt gezeichneten Flanken 83 und 84 dargestellt ist. Die Kugel des Messtasters 82 ist im übrigen so bemessen, dass sie bei einer fehlerfreien Zahnradlücke genau in Höhe des Teilkreises 85 in Anlage an die Zahnradflanken käme.

Da nun aber, wie gesagt, die Zahnradlücke im vorliegenden Falle zu weit ist, taucht die Kugel des Messtasters 82 tiefer in die Verzahnung ein, und zwar um den Betrag y'' , der als Messwert für die Zahnradlückenabweichung auf diese Weise ermittelt und registriert wird. Ist auf diese Weise das Zahnrad einmal umgelaufen und damit jede Lücke geprüft, so ergibt der Unterschied zwischen dem kleinsten und dem grössten Wert der aufgrund der Prüfung registrierten Kurve die Verzahnungsrundlaufabweichung.

Wie weiterhin aus Fig. 8 ersichtlich, setzt sich der Wert y'' zusammen aus einem Anteil y_L und y_R , wobei auf der Grundlage dieser Teilbeträge jedoch immer nur deren Hälfte zu berücksichtigen ist. Denn wenn man sich vorstellt, dass der beispielsweise an der linken Flanke 80 dargestellte Fehler nicht vorhanden wäre, dann wäre $y_L = 0$ und es würde nur der Betrag y_R auftreten. Um diesen Betrag würde jedoch die Kugel des Messtasters 82 nicht gegenüber einer fehlerfreien Zahnradlücke in die Verzahnung eindringen, vielmehr nur um den halben Betrag y_R .

Im übrigen ist die Definition so, dass bei einer zu grossen Zahnradlücke die Beträge y_R und y_L als positive Werte betrachtet werden, während bei einer zu schmalen Lücke diese Beträge negativ angesetzt werden.

Das vorstehend Geschilderte gilt entsprechend für die Zahnradkantenmessung, für die man sich einen gabelförmigen Messtaster so auf einen Zahn aufgesetzt vorstellen kann, dass er bei fehlerfreiem Zahn dessen Flanken am Teilkreis berührt. Auch hier geschieht also die Fehlerermittlung über die Eintauchtiefe des gabelförmigen Tasters, wobei im Gegensatz zu dem anhand der Fig. 8 Beschriebenen lediglich die Vorzeichen umgekehrt sind. Ist der Zahn dicker als erwünscht, hat er also ein Übermass, so taucht der gabelförmige Taster weniger tief in die Verzahnung ein, was zu positiven Werten y'' und y_L bzw. y_R führt. Ist der Zahn zu schmal, so werden die genannten Werte negativ.

Fig. 9 zeigt nun, wie nach der Erfindung der kugelförmige Messtaster 82 ersetzt ist durch zwei Einzeltaster 86 und 87, die am Prüfgerät derart eingestellt sind, dass sie bei den in

Fig. 9 dargestellten fehlerfreien Zahnradflanken 88 und 89 diese genau am Teilkreis 90 berühren.

Mit den Tastern 87 und 88 wird nun wieder in die Darstellung der bekannten Prüfweise gemäss Fig. 8 eingegangen, wie dies in Fig. 10 dargestellt ist.

Gemäss Fig. 10 hat ebenso wie in Fig. 8 die Zahnradlücke ein Übermass, was durch die ausgezogenen Flanken 91 und 92 dargestellt ist. Die fehlerfreien Flanken sind gestrichelt dargestellt und mit den Ziffern 93 und 94 versehen.

Werden diese Flanken nun durch zwei Taster 86 und 87, die auf den Teilkreis 88 eingestellt sind, abgefühlt, so erfahren die Taster gegenüber ihrer gestrichelten Darstellung eine in Richtung des Teilkreises erfolgende Auslenkbewegung x_R und x_L gegenüber der fehlerfreien Positionierung. Mit 15 anderen Worten ausgedrückt: In diesem Falle tauchen also die Taster nicht tiefer in die Zahnradlücke ein, sondern sie haben eine in Umfangsrichtung um die Beträge x_R und x_L versetzte Anlagestelle.

Aus diesen Beträgen x_R und x_L lassen sich nun die Werte y_R und y_L ermitteln, indem $y_R = x_R / \tan \alpha$ und $y_L = x_L / \tan \alpha$ ist.

Sind auf diese Weise die Beträge y_R und y_L ermittelt, so sind diese nach dem vorstehend Gesagten jeweils zu halbieren, so dass sich ergibt $y'_R = y_R/2$ und $y'_L = y_L/2$. Hieraus ergibt sich 25 dann $y'' = y'_R + y'_L$.

Im vorstehend anhand der Fig. 10 beschriebenen Beispiel sind die Beträge y_R und y_L beide positiv, so dass auch y'' positiv wird. Stellt man sich anhand der Fig. 10 vor, dass die ausgezogenen Flankenlinien die fehlerfreien Linien wären, während die gestrichelten Linien eine zu enge Zahnradlücke darstellen, würden die Beträge y_R und y_L negativ sein, so dass auch y'' insgesamt negativ würde. Schliesslich lässt sich genausogut vorstellen, dass eine Flanke ein Übermass und die andere Flanke ein Untermiss hat, so dass sich positive und negative Beträge 30 y' addieren.

Fig. 11 zeigt als Einzelheit A aus Fig. 10 noch einmal deutlicher, wie die Beträge x_L und x_R über den Eingriffswinkel α zusammenhängen.

Die vorstehend anhand der Zahnradlückenprüfung, die ausserdem zur Verzahnungsrundlaufabweichung führt, geschilderten Verhältnisse gelten entsprechend, jedoch mit von der Eintauchtiefe her gesehen umgekehrtem Vorzeichen, für die Zahnradkantenprüfung.

Auf diese Weise ist es möglich, mit den anhand der Fig. 4 bis 7 erläuterten Prüfgeräten auch die Verzahnungsrundlaufabweichungen, Zahnradkantenabweichungen und Zahnradlückenabweichungen zu ermitteln, wobei es lediglich erforderlich ist, die von den entsprechenden Messtastern gelieferten Werte mit Hilfe eines Rechners in der vorbeschriebenen 50 Weise weiterzuverarbeiten bzw. aufzubereiten, bevor die Werte ausgegeben werden.

Nimmt man beispielsweise das Prüfgerät gemäss Fig. 5, so können die von den Messtastern 10, 40, 41 bei der Teilungsprüfung gelieferten Werte gleichzeitig, d.h. parallel, zur Ermittlung der Zahnradlückenabweichung herangezogen werden, indem von den Tastern 10, 40 die Beträge x_R und x_L abgenommen und in der beschriebenen Weise weiterverarbeitet werden und indem zur Überprüfung der Zahnradkantenabweichung über die Messtaster 10, 41 die dazugehörigen Beträge x_R und x_L abgenommen und für sich in der beschriebenen Weise weiterverarbeitet werden.

Im Ergebnis kann beispielsweise mit einem Messgerät gemäss Fig. 5 dadurch in einem Messdurchlauf gleichzeitig die Teilungsprüfung sowie die Ermittlung der Verzahnungsrundlaufabweichung, der Zahnradkantenabweichungen und der Zahnradlückenabweichungen erfolgen.

Nimmt man sich das Prüfgerät gemäss Fig. 4 für den gleichen Zweck, so ist die Funktionsweise grundsätzlich wie

vorstehend anhand der Fig. 5 beschrieben. Hier muss jedoch zusätzlich berücksichtigt werden, dass die Taster 11, 41 infolge der Verzahnungsfehler einen zeitlich voneinander abweichenden Null-Durchlauf haben werden, so dass unter Berücksichtigung der Drehgeschwindigkeit des Zahnrades 3 sowie der Grösse des Teilkreises 31 eine entsprechende Korrektur bei der Verarbeitung der von den Tastern 10 und 40 gelieferten Messwerte erfolgen muss, was jedoch bei Verwen-

dung des angesprochenen Rechners zur Messwertverarbeitung ohne weiteres geschehen kann und hier nicht näher erläutert zu werden braucht.

Nimmt man die Prüfgeräte nach der Bauform gemäss den Fig. 6 und 7, so gilt das Vorgesagte hinsichtlich der Berücksichtigung der Umschaltzeit der Messtaster 61, 62 bzw. 75, 76 im Hinblick auf die Drehgeschwindigkeit des Zahnrades sowie den Teilkreisdurchmesser entsprechend.

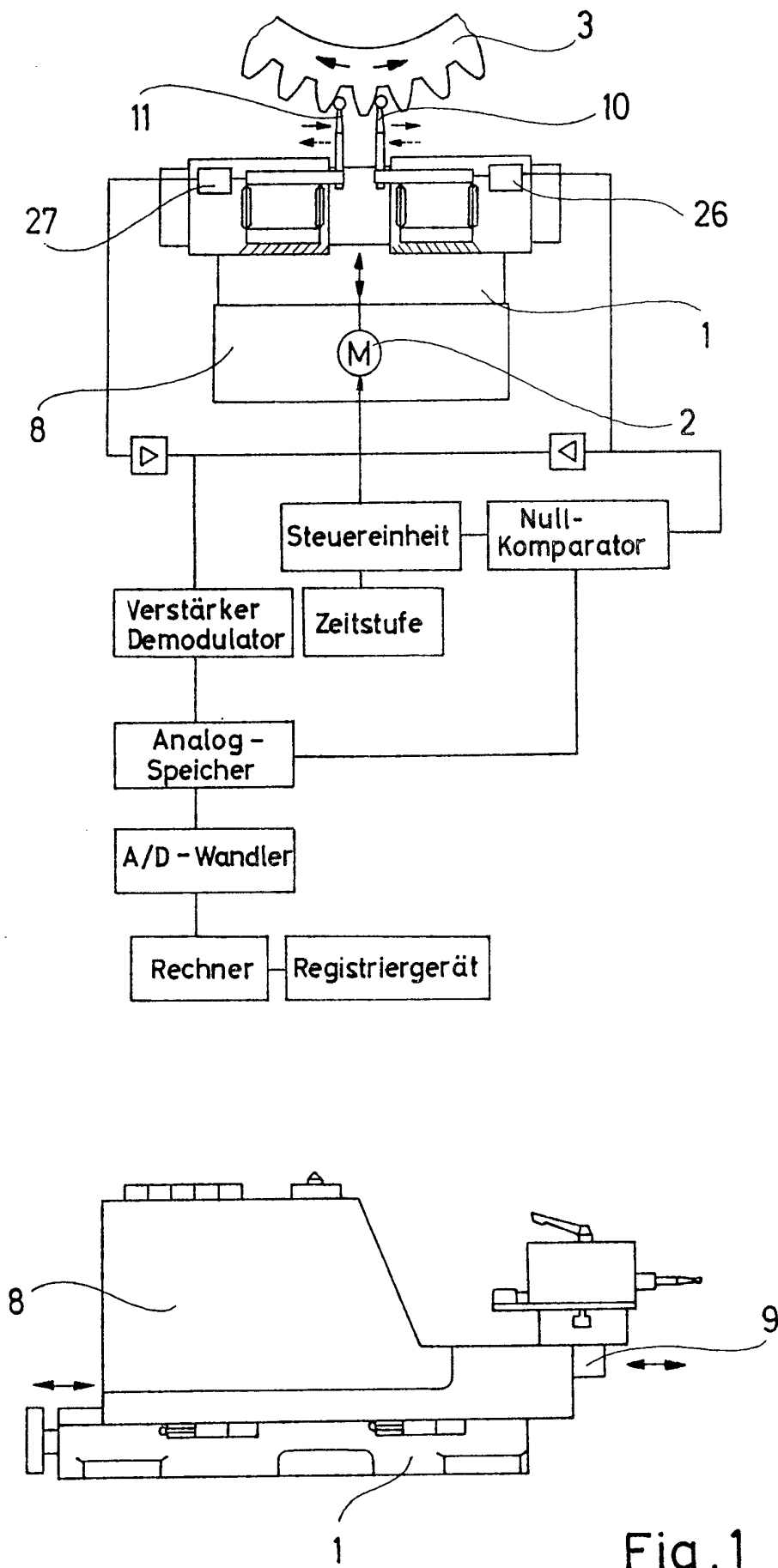


Fig. 1

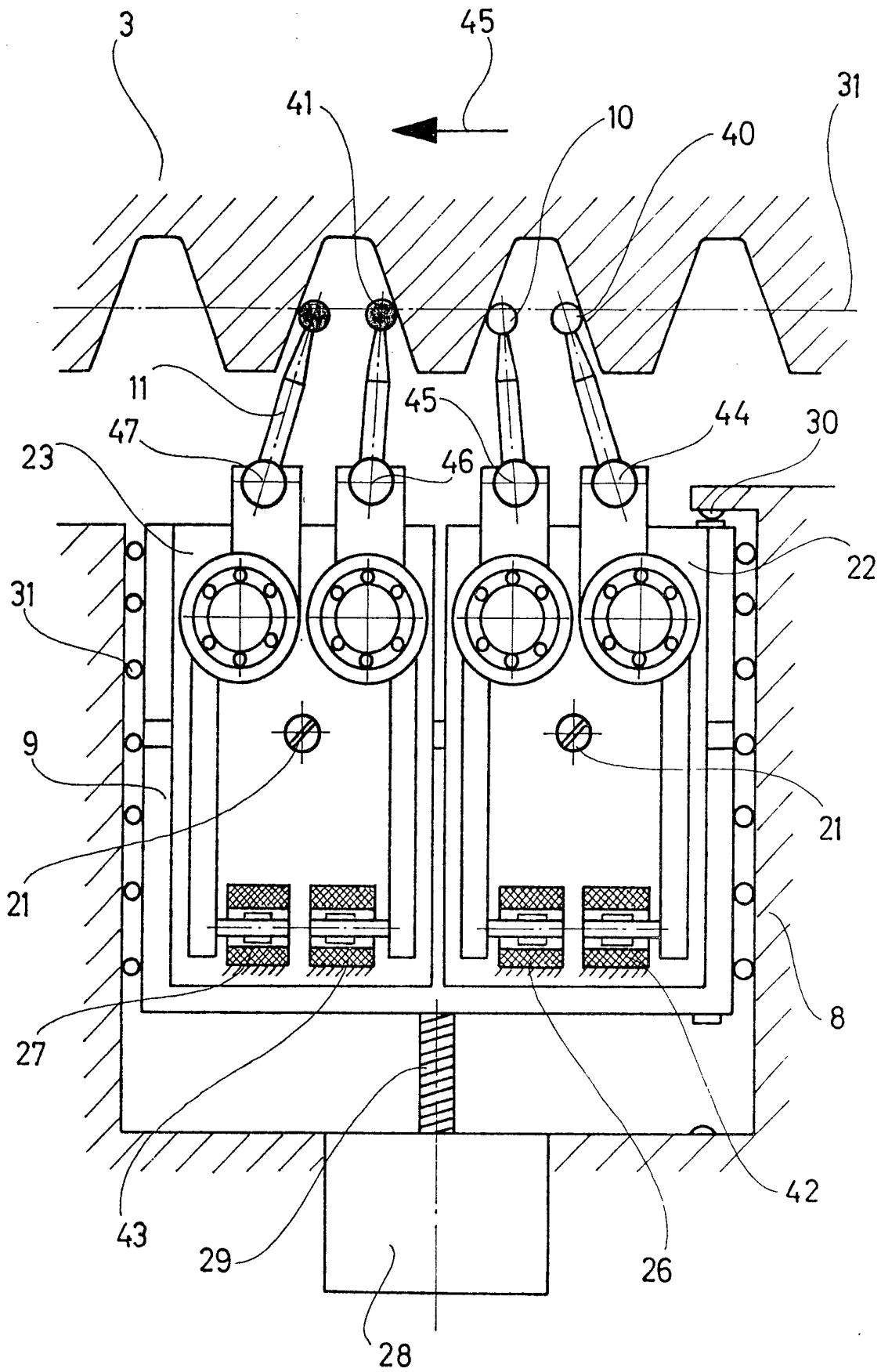


Fig. 4

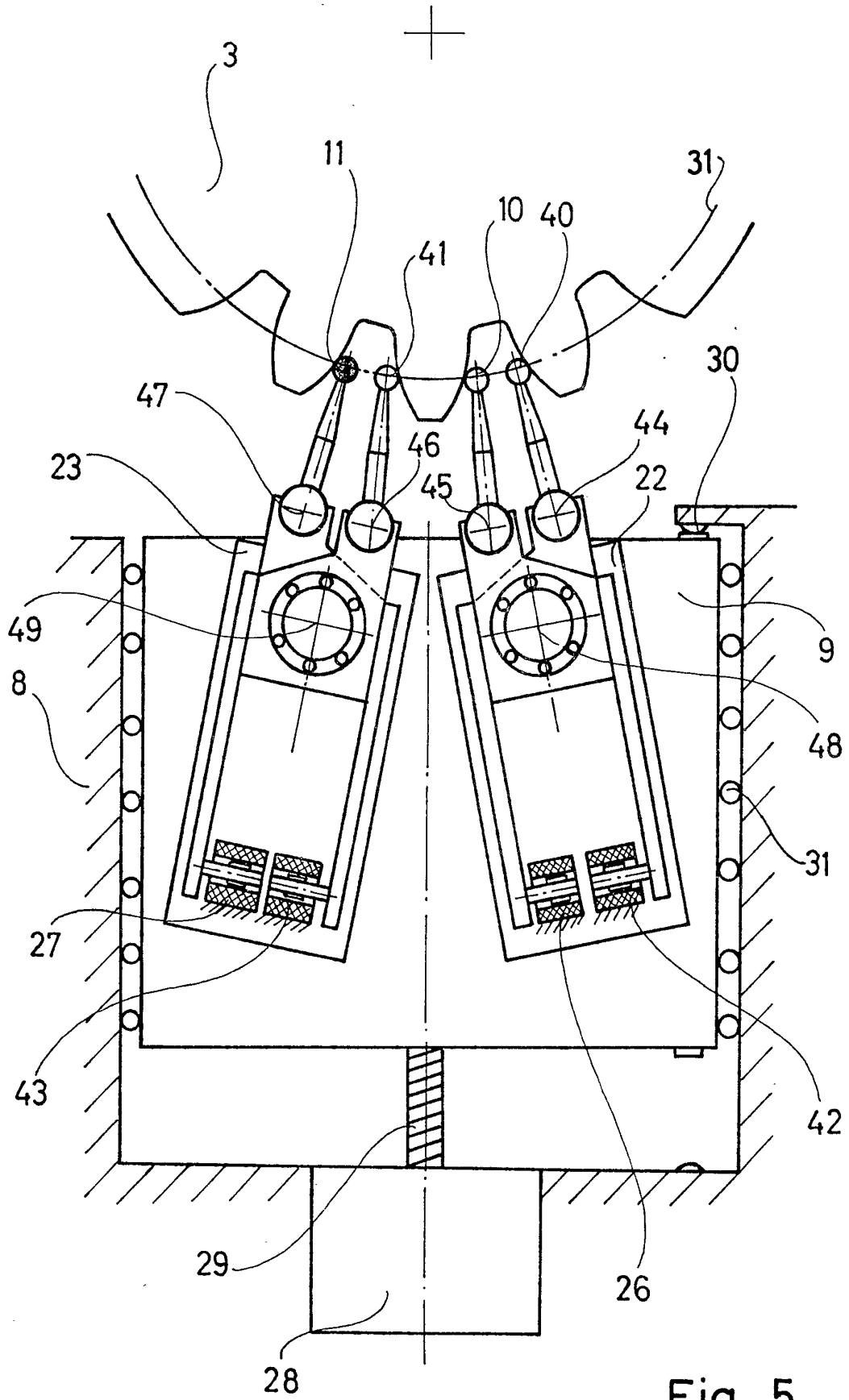


Fig. 5

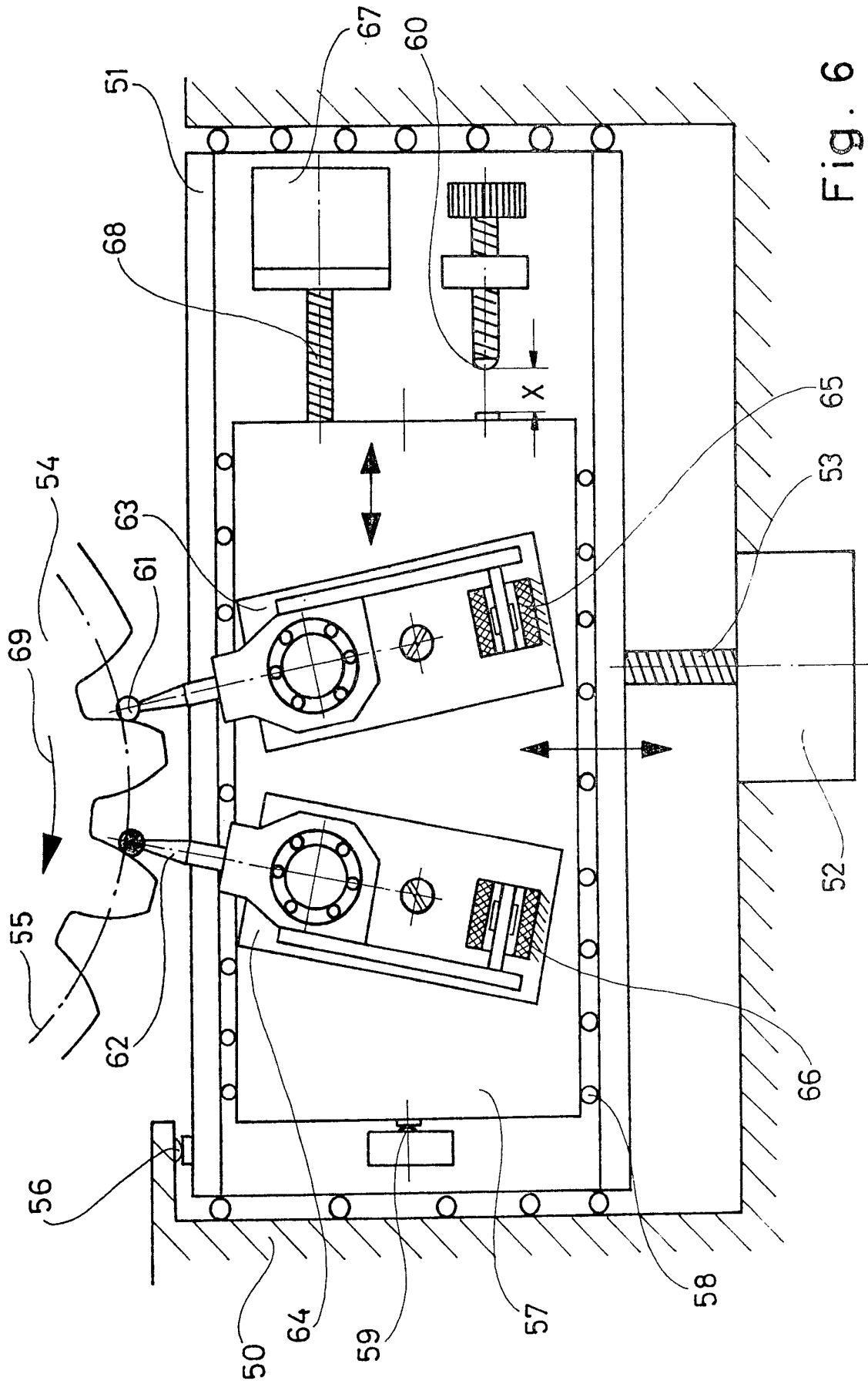
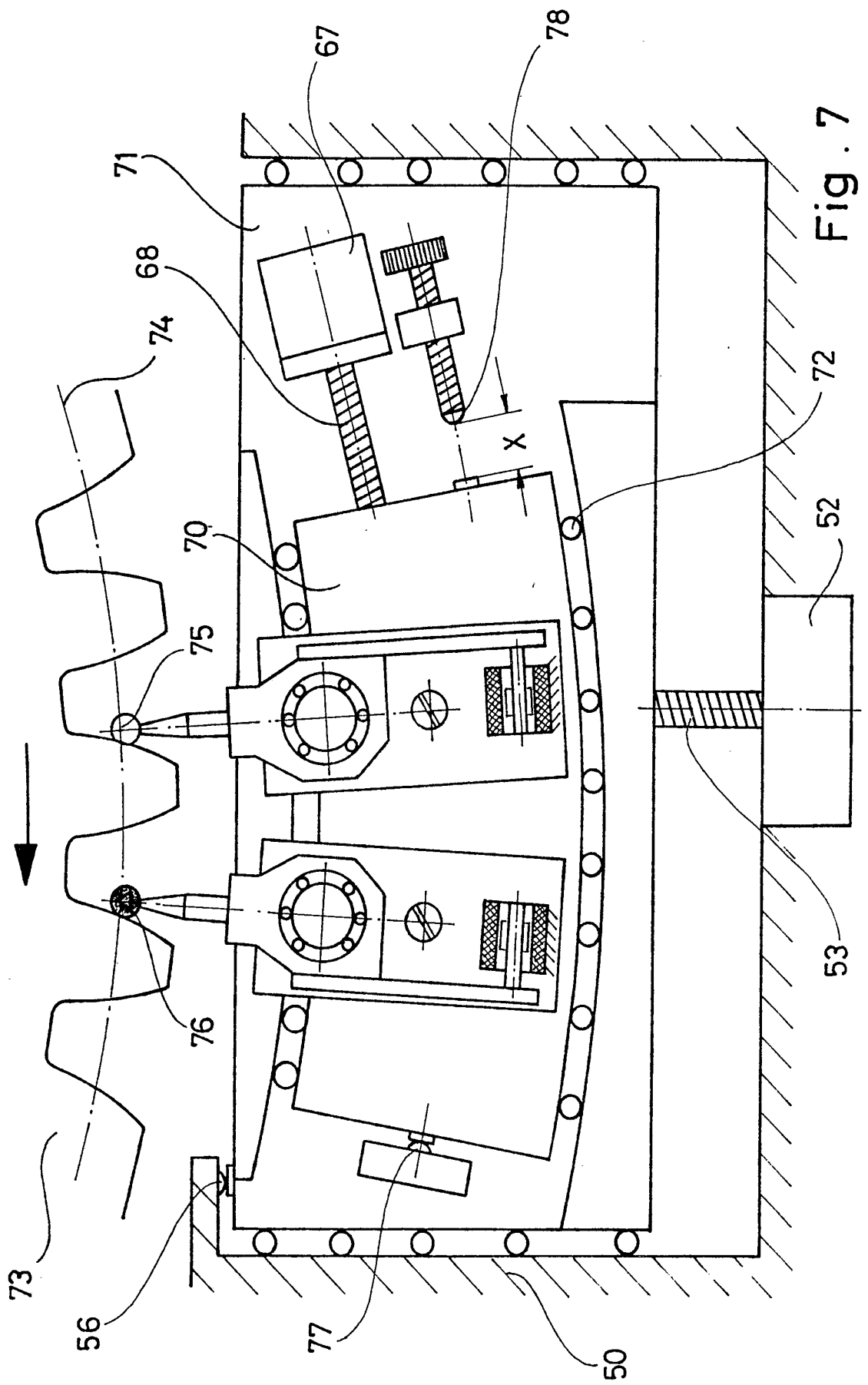


Fig. 6



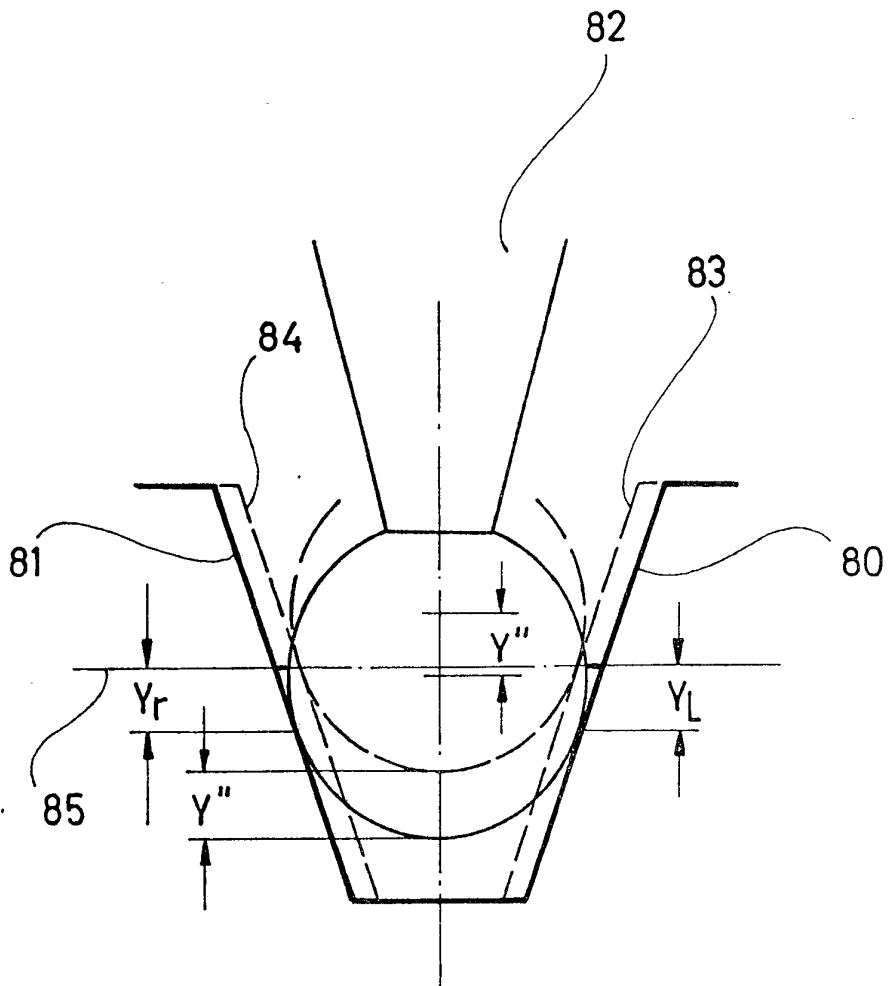


Fig . 8

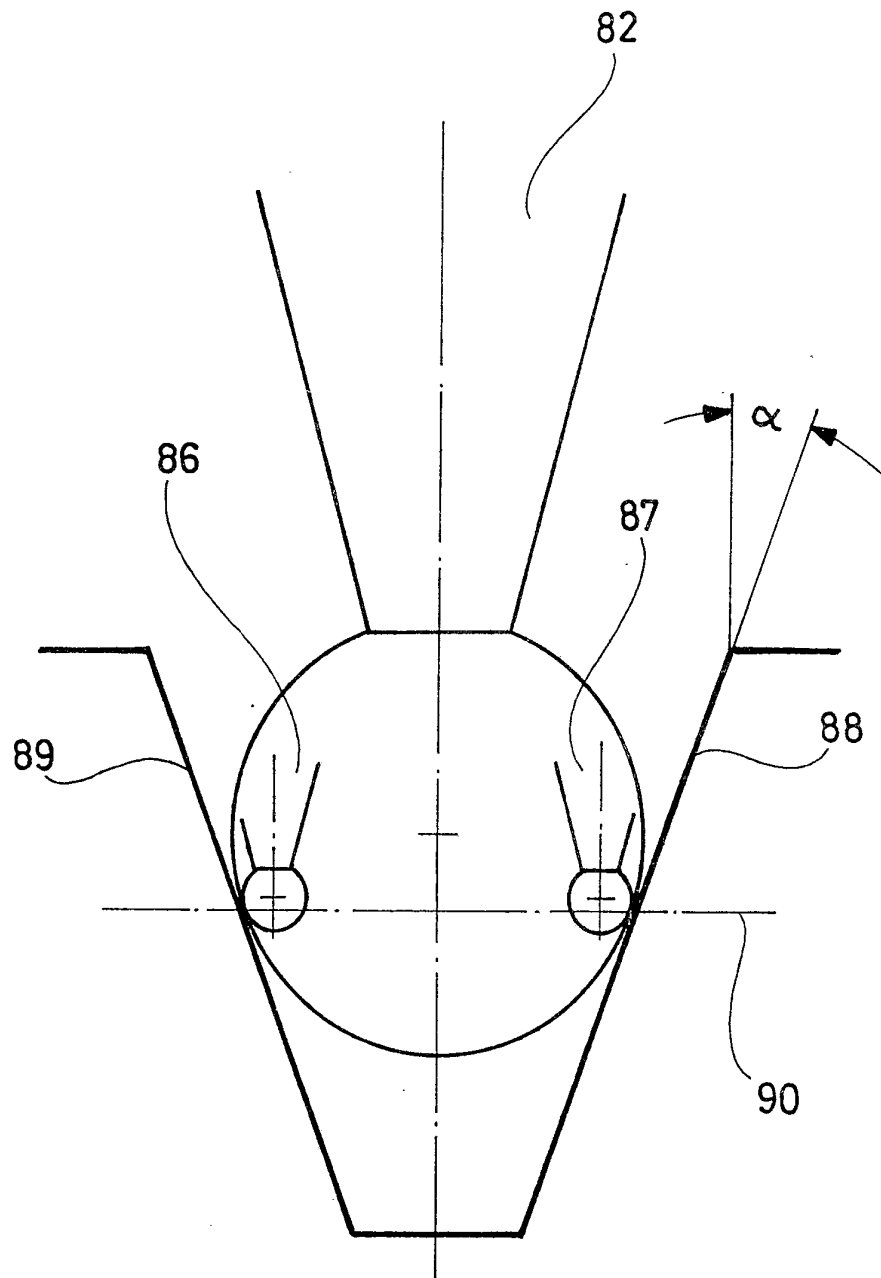


Fig. 9

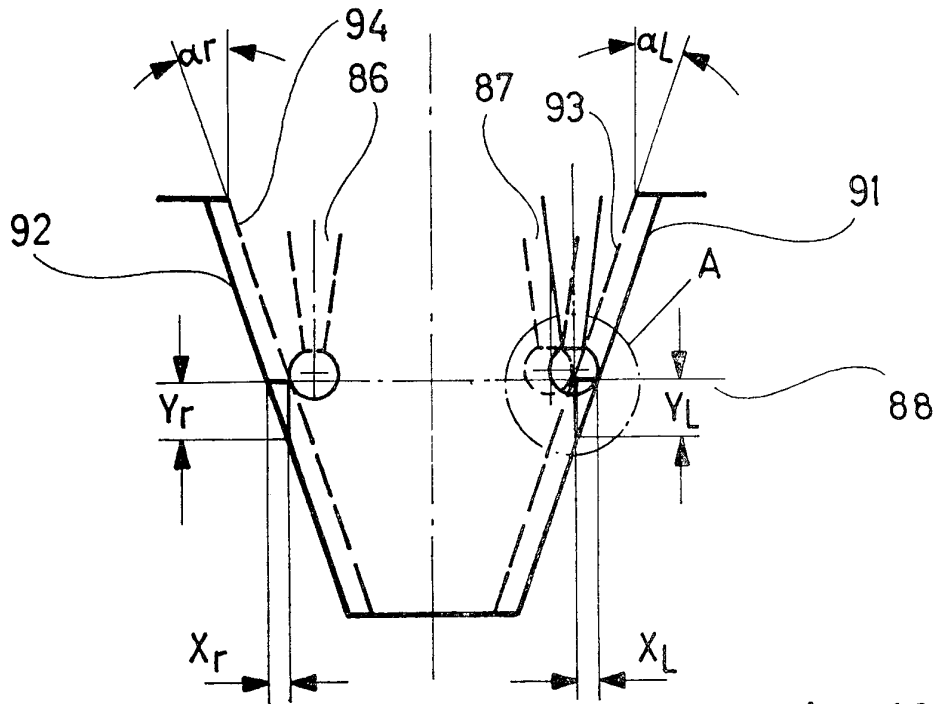
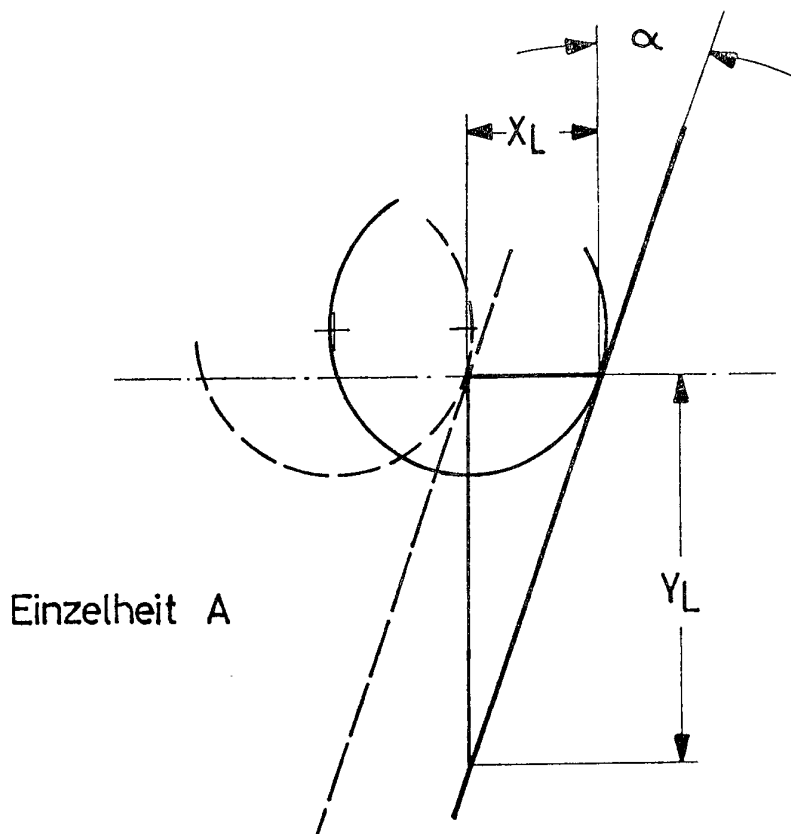


Fig. 10



Einzelheit A

Fig. 11