

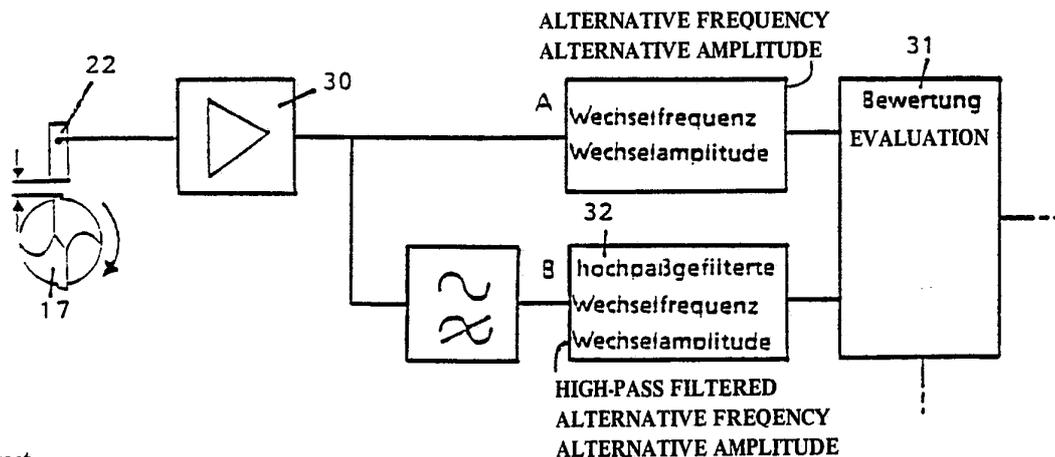


PCT
 WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
 Internationales Büro
 INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
 INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 4 : B23Q 17/09, G01H 11/00	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 90/02022 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 8. März 1990 (08.03.90)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE88/00616 (22) Internationales Anmeldedatum: 6. Oktober 1988 (06.10.88) (30) Prioritätsdaten: P 38 28 101.5 18. August 1988 (18.08.88) DE (71)(72) Anmelder und Erfinder: KÜHBAUCH, Philipp [DE/DE]; Kanstr. 34, D-6831 Plankstadt (DE). (74) Anwalt: MÜNICH, Wilhelm; München, Steinmann, Schiller, Willibaldstraße 36/38, D-8000 München 21 (DE). (81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), US.		Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>

(54) Title: DEVICE FOR MONITORING ROTATING TOOLS

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR ÜBERWACHUNG VON ROTIERENDEN WERKZEUGEN



(57) Abstract

A device for monitoring rotating tools, in particular twist drills, has at least a distance sensor that detects the distance between a plane of reference and the area of the tool that is acquired by the sensor, and a control unit that evaluates the output signal of the sensor. The device is characterized by the fact that the area of the rotating tool acquired by the sensor is large in comparison with typical deformation of the tool, so that the output signal of the sensor corresponds to an "average" distance.

(57) Zusammenfassung

Beschrieben wird eine Vorrichtung zur Überwachung von rotierenden Werkzeugen und insbesondere von Wendelbohrern, mit wenigstens einem Abstandssensor, der den Abstand zwischen einer Bezugsebene und dem vom Sensor erfaßten Bereich des Werkzeugs ermittelt, und dessen Ausgangssignal eine Steuereinheit auswertet. Die erfindungsgemäße Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, daß der vom Sensor erfaßte Bereich des rotierenden Werkzeugs groß gegen typische Formänderungen des Werkzeugs ist, so daß das Ausgangssignal des Sensors einem "gemittelten" Abstand entspricht.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	ES	Spanien	ML	Mali
AU	Australien	FI	Finnland	MR	Mauritanien
BB	Barbados	FR	Frankreich	MW	Malawi
BE	Belgien	GA	Gabon	NL	Niederlande
BF	Burkina Fasso	GB	Vereinigtes Königreich	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	RO	Rumänien
BJ	Benin	IT	Italien	SD	Sudan
BR	Brasilien	JP	Japan	SE	Schweden
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SN	Senegal
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SU	Soviet Union
CG	Kongo	LI	Liechtenstein	TD	Tschad
CH	Schweiz	LK	Sri Lanka	TG	Togo
CM	Kamerun	LU	Luxemburg	US	Vereinigte Staaten von Amerika
DE	Deutschland, Bundesrepublik	MC	Monaco		
DK	Dänemark	MG	Madagaskar		

-1-

Vorrichtung zur Überwachung von rotierenden WerkzeugenB e s c h r e i b u n g**Technisches Gebiet**

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Überwachung von rotierenden Werkzeugen und insbesondere von Wendelbohrern.

Stand der Technik

Die effektive Überwachung von rotierenden Werkzeugen insbesondere von Wendelbohrern in Mehrspindel-Bohranlagen ist ein bislang in der Praxis ungelöstes Problem.

Im wissenschaftlichen Bereich sind zwar die verschiedensten Ansätze unternommen worden beispielsweise eine Bohrerüberwachung durch Kraft-Drehmoment- oder Schwingungsanalysen durchzuführen. Hierzu wird auf den Übersichtsartikel von F. Quante und H. Fehrenbach in QZ-Qualitätstechnik, Jahrgang 1984, Heft 3, Seite 75-78 verwiesen.

Wie dort näher ausgeführt ist, wird bislang von der Hypothese ausgegangen, daß insbesondere unsymmetrischer Schneidenverschleiß zu starken Durchbiegungen und Schwingungen des Bohrers führt. Dementsprechend ist bislang versucht worden, einen unsymmetrischen Schneidenverschleiß durch Kraft-und/oder Schwingungsaufnehmer zu erfassen.

Bei einem anderen Ansatz zur Bohrüberwachung, der ebenfalls in dem genannten Übersichtsartikel angesprochen ist, wird mit einem Abstandsaufnehmer die Bohrerkontur erfaßt

-2-

und die erfaßte Kontur zum Erkennen von Beschädigungen oder Bruch des Bohrers ausgewertet.

In ähnlicher Weise hat Feutlinske vorgeschlagen, mittels eines Schattensensors oder eines nach dem Tri-Angulations-Prinzips arbeitenden optischen Sensors die Kontur eines Fräasers zu erfassen und aus der Konturvermessung Rückschlüsse über den Zustand des rotierenden Werkzeugs zu ziehen.

Erfindungsgemäß ist jedoch erkannt worden, daß die bekannten Vorschläge, bei denen mittels eines Abstandssensors die Kontur des Werkzeugs erfaßt wird, im "rauen Einsatz" insbesondere an industriellen Mehrspindel-Bohranlagen kaum brauchbar sind:

Beispielsweise wird ein optisch arbeitender Abstandssensor relativ schnell durch Bohrspäne, Bohrflüssigkeit oder dgl. unbrauchbar oder wenigstens ungenau werden.

Auch induktive oder magnetische Abstandsaufnehmer, deren Meßfleck eine Erfassung der Bohrerkontur erlaubt, d.h. dessen Meßfleck typischerweise einen Durchmesser von weniger als 1 mm hat, versagen in den rauen Umgebungsbedingungen einer industriellen Mehrspindel-Bohranlage.

Als Ursache hierfür ist erkannt worden, daß insbesondere "dünne" Bohrer, d.h. Bohrer deren Durchmesser typischerweise weniger als 6 mm beträgt, während des Betriebs sich vergleichsweise stark durchbiegen können, ohne daß sie hierdurch beschädigt würden. Durch derartige kurzfristige Auslenkungen ändert sich aber das vom "Abstandssensor" gelieferte Signal sehr stark. Deshalb ist es erforderlich, die Schwelle, anhand derer beispielsweise ein beschädig-

ter Bohrer von einem noch brauchbaren Bohrer unterschieden wird, sehr unempfindlich einzustellen, um nicht durch kurzfristige Auslenkungen des Bohrers während des Betriebs ein auf einen beschädigten Bohrer hinweisendes Signal, das unter Umständen zum Abschalten der Mehrspindel-Bohranlage führt, zu erhalten. Diese unempfindliche Schwellenfestlegung führt aber dazu, daß bestimmte Beschädigungen des Bohrers, die den Betrieb stören können, nicht erkannt werden können.

Darstellung der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Überwachung von rotierenden Werkzeugen und insbesondere von Wendelbohrern anzugeben, mit der beispielsweise an einer Mehrspindel-Bohranlage zuverlässig Beschädigungen des Werkzeugs, die ein Auswechseln erforderlich machen, erkannt werden können.

Eine erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe ist mit ihren Weiterbildungen in den Patentansprüchen gekennzeichnet.

Überraschenderweise gelingt eine Lösung dieser Aufgabe dadurch, daß weiterhin von einer Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, also von einer mit einem Abstandssensor arbeitenden Vorrichtung ausgegangen wird, wie sie beispielsweise im einleitend genannten Übersichtsartikel beschrieben wird.

Im Gegensatz zu den bekannten Vorrichtungen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 ist der Abstandssensor aber so ausgebildet, daß der Bereich, den der Abstandssensor erfaßt bzw. abtastet groß gegen typische Formänderungen des Werkzeugs ist. Typischerweise wird bei einem Bohrer mit einem Durchmesser von 6 mm ein Meßfleck des Ab-

standssensors mit einem Durchmesser von ca. 4 mm verwendet.

Ein derartiger Abstandssensor liefert kein Signal, das in einem direkten Zusammenhang mit der Kontur des Werkzeugs steht, da der Meßfleck aufgrund des beispielsweise für einen Wendelbohrer typischen Querschnittprofils zu jedem Zeitpunkt Bereiche mit einem unterschiedlichen Abstand von der Referenzfläche des Abstandssensors erfaßt.

Erstaunlicherweise läßt sich dieses - in keinem einfachen Zusammenhang mit der Geometrie des rotierenden Werkzeugs stehende - Ausgangssignal zum Erkennen des Verschleißzustandes und insbesondere zum Erkennen von Bohrerbrüchen verwenden.

Dabei ist es bevorzugt, wenn die erfindungsgemäße Vorrichtung aus dem Ausgangssignal des Abstandssensors für ein bestimmtes, beispielsweise in eine Mehrspindel-Bohranlage eingesetztes Werkzeug die Schwellen generiert, anhand derer der Zustand des Werkzeugs bewertet wird.

Hierzu wird gemäß Anspruch 2 der Abstandssensor fest derart angeordnet, daß er aufgrund des Vorschubs des Werkzeugs dieses vor, während und nach dem Eingriff erfaßt. Aus der Bewertung der Signalwechselfrequenz, der hochpass-gefilterten Signalwechselfrequenz sowie der Signalwechselamplitude und/oder der hochpass-gefilterten Signalwechselamplitude, bevorzugt jedoch aus der Korrelierung der Signalwechselfrequenz und der Signalwechselamplitude (nicht gefiltert und/oder hochpass-gefiltert) generiert die erfindungsgemäße Vorrichtung Bewertungsschwellen, anhand derer zuverlässig die Entscheidung getroffen werden kann, ob ein Werkzeug noch in der Anlage

verbleiben kann oder bereits ausgetauscht werden muß:

Hierbei sind die verschiedensten Strategien möglich, die im folgenden kurz angesprochen werden sollen:

Während des ablaufenden Bohrzyklus erfassen die Sensoren zunächst die Bohrerspitze und anschließend nacheinander die Bereiche der Bohrerwendel zwischen Bohrerspitze und Bohrerschaft. Die in der "Vor-Prozeßphase, Prozeßphase und Nach-Prozeßphase" gemessenen Signale werden miteinander korreliert und ermöglichen eine Aussage über den Werkzeugzustand sowie eine Aussage über den Trend, d.h. die "normale Werkzeugabnutzung". Darüberhinaus ist das sofortige Erkennen von Werkzeugbeschädigungen möglich.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben, in der zeigen:

- Fig. 1 schematisch eine erfindungsgemäße Vorrichtung,
- Fig. 2 eine Darstellung der Sensormeßfläche auf einem Werkzeug,
- Fig. 3a bis 3c die Signalverarbeitung bzw. typische Sensorsignale,
- Fig. 4a und 4b einen Vergleich der Sensorsignale bei beschädigtem und unbeschädigtem Werkzeug,
- Fig. 5a und 5b das Sensorsignal und das hochpaßgefilterte Sensorsignal bei Werkzeugbruch,
- Fig. 6a und 6b das Sensorsignal und das hochpaßgefilterte Sensorsignal bei Werkzeugbruch durch hohe Belastung,
- Fig. 7 das hochpaßgefilterte Sensorsignal vor dem Werkzeugeingriff,

- Fig. 8a und 8b das Sensorsignal und das hochpaßgefilterte Sensorsignal beim Auftreten von Störungen,
- Fig. 9a und 9b das Sensorsignal bei unbeschädigtem und bei beschädigtem Werkzeug,
- Fig. 10a bis 10c einen Vergleich der hochpaßgefilterten Sensorsignale in einer Reihe von aufeinanderfolgenden Werkzeugeingriffen,
- Fig. 11a und 11b den Frequenzgang des hochpaßgefilterten Sensorsignals während des Werkzeugeingriffs in einer Serie von aufeinanderfolgenden Werkzeugeingriffen,
- Fig. 12a und 12b das Sensorsignal und das hochpaßgefilterte Sensorsignal beim Auftreten von Zerspanungsstörungen.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

Figur 1 zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Vorrichtung zur Überwachung von rotierenden Werkzeugen, die in einem Zwei-Spindel-Bohrkopf 1 mit Spindeln 11 und 12 integriert ist.

An Führungssäulen 13 und 14 ist in an sich bekannter Weise eine Bohrer-Führungsplatte 15 gefedert gelagert, die auch einen Fangbolzen 16 trägt.

An der Bohrer-Führungsplatte 15 sind jedem Bohrer 17 bzw. 18 zugeordnet radiale Wegsensoren 21, 22, 23, 24 vorgesehen, die jeweils ein Signal, das - wie später erläutert werden wird - von einem mittleren gewichteten Abstand der Bohrerkontur einer Referenzfläche abhängt, in Richtung der Koordinaten x bzw. y des in Figur 1 eingezeichneten Koordinatensystems, also senkrecht zur Bohrer-Vorschubrichtung z ermitteln.

Figur 2 erläutert den vorstehend eingeführten Begriff "mittlerer gewichteter Abstand". In Figur 2a ist eine Seitenansicht bzw. ein Querschnitt durch die Spitze eines typischen Wendelbohrers dargestellt. Ferner ist in Figur 2a die Größe des Meßflecks eines der radialen Wegsensoren 21 bis 24 eingetragen. Wie Figur 2a zu entnehmen ist, hat der Meßfleck einen Durchmesser, der vergleichbar mit typischen Bohrerdurchmessern ist. Das Ausgangssignal des Wegsensors entspricht damit nicht dem Abstand zwischen der Referenzfläche des Wegsensors und einem "Punkt der Bohrerkontur", wie dies bei den bekannten Vorrichtungen der Fall ist. Das Ausgangssignal des Wegsensors, wie er erfindungsgemäß verwendet wird, ist vielmehr von dem Verlauf der Bohrerkontur innerhalb des Meßflecks abhängig, wie dies in den Figuren 2b und 2c dargestellt ist. Selbstverständlich geht zusätzlich auch noch die Bewertung bzw. die Empfindlichkeit des Wegsensors über seinen gesamten "Abtastfleck" ein. Aus diesem Grunde entspricht das Sensor-Ausgangssignal nicht dem Abstand eines "Punktes auf der Bohrerkontur" vom Wegsensor, sondern einem mittleren, gewichteten Abstand, wobei das Sensor-Ausgangssignal zusätzlich noch vom Typ des Wegsensors und dessen Verschiebung in Richtung parallel zu seinem Abtastfleck relativ zum Bohrer abhängig ist.

Wegsensoren, die zu diesem Zweck eingesetzt werden können, sind beispielsweise unter folgenden Bezeichnungen erhältlich

M 61 EDDY PROBE (Wirbelstromaufnehmer) Meßfleck ϕ 5 mm
Fa. Sientific Atlanta Inc.
P.O. Box 23575 San Diego
California 921230575

-8-

U1 Sensor (Wirbelstromaufnehmer) Meßfleck \varnothing 4 mm
Fa. Micro Epsilon Messtechnik GmbH & Co.KG
Königsbergerstraße 15
Postfach 90
D-8359 Ortenburg-Dorfbach

5SU Sensor (Wirbelstromaufnehmer) Meßfleck \varnothing 2 mm
Fa. Kaman Instrumentation Corporation
Measurement Systems Group
P.O. box 7463
Colorado Springs CO 80933

Überraschender Weise hat sich jedoch herausgestellt, daß es mit derartigen Wegsensoren möglich ist, zuverlässigere und genauere Aussagen über eventuelle Bestätigungen des Werkzeugs zu erhalten, als dies mit bekannten Vorrichtungen, bei denen der Sensor "exakt die Kontur des Werkzeugs erfaßt", möglich ist.

Figur 3a zeigt nochmals einen Bohrer, beispielsweise den Bohrer 17 und den zugehörigen Sensor 22. Der Ausgangsanschluß des Sensors 22 ist mit einem Vorverstärker 30 verbunden, dessen Ausgangsanschluß einmal direkt an eine Bewertungsschaltung, beispielsweise einen handelsüblichen Mikrocomputer 31 und einmal über einen Hochpaßfilter 32 an die Bewertungsschaltung 31 angelegt ist. Die Bewertungsschaltung 31, die - wie bereits ausgeführt, ein Mikrocomputer, aber auch eine entsprechende Analogschaltung sein kann - bewertet zum einen die Signal-Wechselfrequenz und die Signalamplitude des (verstärkten) Sensor-Ausgangssignals und zum anderen die hochpaßgefilterte Signal-Wechselfrequenz und die hochpaßgefilterte Signalamplitude und verknüpft die bewerteten Signale in der im folgenden erläuterten Weise.

Figur 3b zeigt ein typisches Sensorsignal. Auf der Abszisse ist die Zeit in Sekunden aufgetragen, während auf der Ordinate das Sensorsignal in willkürlichen Einheiten aufgetragen ist.

Figur 3c zeigt ein typisches hochpaßgefiltertes Sensorsignal. Auf der Abszisse ist wiederum die Zeit in Sekunden aufgetragen, während auf der Ordinate das hochpaßgefilterte Signal in willkürlichen Einheiten aufgetragen ist.

Ferner ist in den Figuren 3b und 3c die Zeit eingezeichnet, die der Bohrer zur Vollendung einer vollen Umdrehung benötigt.

Das in Figur 3c dargestellte hochpaßgefilterte Sensorsignal kann "anschaulich" auch als Schwingweg des Bohrers interpretiert werden. Ausdrücklich wird jedoch darauf hingewiesen, daß diese anschauliche Interpretation aufgrund des Meßflecks, der über die Kontur des Bohrers mittelt, nicht exakt zutreffend ist.

Trotzdem gelingt es, aus diesen gemittelten Signalen durch unterschiedliche Bewertungen exakte Aussagen über den Zustand des Bohrers zu ermitteln.

Figur 4a zeigt das Sensorsignal bei einem unbeschädigten Werkzeug vor dem Werkzeugeingriff, während Figur 4b das Sensorsignal bei beschädigtem Werkzeug vor dem Werkzeugeingriff zeigt. Wie man Figur 4a entnehmen kann, unterscheiden sich bei einem unbeschädigten Werkzeug aufeinanderfolgende Maxima bzw. aufeinanderfolgende Minima zwar um einen bestimmten Wert, der jedoch vergleichsweise klein ist. Darüberhinaus hat die den mittleren Abstand, d. h.

den über die Bohrerkontur gemittelten Abstand angehende Kurve einen vergleichsweise "glatten" Verlauf.

Dies ist - wie Figur 4b zeigt - jedoch nicht der Fall, wenn das Werkzeug beschädigt ist, d. h. wenn - wie in diesem Falle dargestellt, die Bohrerspitze gebrochen ist.

Figur 5a und 5b zeigen das Sensor-Ausgangssignal und das hochpaßgefilterte Sensor-Ausgangssignal bei Werkzeugbruch durch geringe Belastung, d. h. beim Bruch eines vorbeschädigten Werkzeugs. Figur 5a ist zu entnehmen, daß die Änderung des nicht gefilterten Sensorsignals, das einen mittleren gewichteten Abstand angibt, vergleichsweise klein ist. In dem als "Schwingweg" interpretierbaren hochpaßgefilterten Sensor-Ausgangssignal zeigt sich jedoch eine deutliche Änderung. Durch Generierung oder Vorgabe der in Figur 5b eingezeichneten Schwelle kann somit ermittelt werden, ob ein Bohrerbruch insbesondere durch "Ermüdung" oder vorgeschädigtes Werkzeug bei geringer Belastung auftritt.

Figur 6a und 6b zeigen das sich ergebende Signal, das bei einem Werkzeugbruch durch hohe Belastung auftritt. Figur 6b zeigt, daß bei hoher Belastung auch bei zunächst unbeschädigtem Werkzeug das hochpaßgefilterte Ausgangssignal nicht besonders aussagekräftig ist. Im nichthochpaßgefilterten Ausgangssignal, das in Figur 6a dargestellt ist, zeigt sich durch das Auftreten großer Extremwerte (in diesem Falle Minimalwerte) jedoch deutlich, daß das Werkzeug gebrochen ist.

Figur 7 zeigt, daß aus dem als Schwingweg interpretierbaren hochpaßgefilterten Sensorsignal auch das Auftreten des Werkzeugeingriff bestimmbar ist. Vor dem Werkzeug-

eingriff ist das Signal typisch dadurch gekennzeichnet, daß es bei niedriger Frequenz eine hohe Amplitude hat. Dagegen tritt während des Werkzeugeingriffs eine hohe Amplitude bei hoher Frequenz auf.

Die Figuren 8a und 8b zeigen, daß es möglich ist, durch die Korrelation der beiden Signale Störungen, die durch Umgebungsbedingungen hervorgerufen werden, von Werkzeugfehlern unterscheiden.

Als Beispiel hierfür zeigen die Figuren 8a und 8b den Fall, daß sich zwischen dem Bohrer und dem Sensor Späne befinden. Typisch für das Auftreten von Spänen, die - in der Regel - nichts mit einer Beschädigung des Werkzeugs zu tun haben, ist, daß gleichzeitig in beiden Signalen Extremwerte auftreten.

Die Figuren 9a und 9b zeigen nochmals, daß Werkzeugbeschädigung, in diesem Falle die Beschädigung einer Schneidecke, durch den Vergleich von aufeinanderfolgende Extremwerten, d. h. von aufeinanderfolgenden Maxima bzw. von aufeinanderfolgenden Minima bestimmt werden kann.

Figur 9a zeigt, daß bei einem unbeschädigten Werkzeug sich aufeinanderfolgende Minima nur geringfügig unterscheiden, als Anhaltspunkt sind in der Figur 75µm. Ausdrücklich soll jedoch darauf hingewiesen werden, daß dieses einer bestimmten Verschiebung entsprechende Bohrerausgangssignal aufgrund der Mittelung über die Kontur keinem tatsächlichen Wegunterschied entspricht.

Bei beschädigter Schneidecke unterscheiden sich dagegen aufeinanderfolgende Minima erheblich.

Am Rande sei darauf hingewiesen, daß in Figur 9 der Sensor so justiert ist, daß die "Signalmaxima gesättigt" sind, so daß diesen keine Aussage zukommt.

Die Figuren 10a bis 10c zeigen die Unterschiede zwischen dem hochpaßgefilterten Sensorsignal während eines Werkzeugeingriffs bei einer Serie von aufeinanderfolgenden Werkzeugeingriffen. In Figur 10a ist dabei die vierte Bohrung, in Figur 10b die fünfzigste und Figur 10c die dreihundertste Bohrung mit dem gleichen Werkzeug dargestellt. Wie den Figuren zu entnehmen ist, unterscheiden sich die hochpaßgefilterten Sensorsignale aufgrund der zunehmenden Abnutzung des Werkzeugs erheblich und können damit dazu verwendet werden, normalen Verschleiß ohne direkte Beschädigung des Werkzeugs festzustellen.

Figur 11a zeigt den Frequenzgang ebenfalls von aufeinanderfolgenden Bohrungen, und zwar Figur 11a den Frequenzgang während der vierundsechzigsten Bohrung und Figur 11b den Frequenzgang während der zweihundertdreißigsten Bohrung.

Den Figuren ist zu entnehmen, daß die Frequenzgänge - solange das Werkzeug nicht beschädigt, sondern nur abgenutzt wird - topologisch gleich sind, also ebenfalls zur Ermittlung einer Werkzeugbestätigung herangezogen werden können.

Schließlich zeigt Figur 12a und 12b das Sensorsignal bzw. das hochpaßgefilterte Sensorsignal beim Auftreffen von

Materialeinschluß, d. h. beim Auftreten von Zerspanungsstörungen.

Auch diese Störungen unterscheiden charakteristisch von anderen Fehlern und insbesondere von den bei beschädigten Werkzeugen auftretenden Signalen.

Vorstehend ist die Erfindung anhand von typischen Signalverläufen bewertet worden. Es versteht sich von selbst, daß es für den Durchschnittsfachmann möglich ist, anhand der vorstehenden Beschreibung abhängig vom jeweiligen Werkzeug die Bewertungskriterien herauszufinden, die für den jeweiligen Einsatzfall ausschlaggebend sind. Selbstverständlich ist es aber auch möglich, sämtliche Bewertungen, wie sie vorstehend exemplarisch erläutert worden sind, in einem Gerät zu vereinen.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Vorrichtung zur Überwachung von rotierenden Werkzeugen und insbesondere von Wendelbohrern, mit wenigstens einem Abstandssensor, der den Abstand zwischen einer Bezugsebene und dem vom Sensor erfaßten Bereich des Werkzeugs ermittelt, und dessen Ausgangssignal eine Steuereinheit auswertet,
dadurch gekennzeichnet, daß der vom Sensor erfaßte Bereich des rotierenden Werkzeugs groß gegen typische Formänderungen des Werkzeugs ist, so daß das Ausgangssignal des Sensors einem "gemittelten" Abstand entspricht.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1
dadurch gekennzeichnet, daß der Abstandssensor fest derart angeordnet ist, daß er das Werkzeug vor, während und nach dem Eingriff erfaßt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit aus dem Ausgangssignal des Sensors die Signalwechselfrequenz ermittelt.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit aus dem Ausgangssignal des Sensors die Signalwechselamplitude ermittelt.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit das Ausgangssignal des Sensors Hochpaß-filtiert und aus dem Hochpaß-gefilterten Signal die Signalwechselfrequenz ermittelt.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit das Ausgangssignal des Sensors Hochpaß-filtert und aus dem Hochpaß-gefilterten Signal die Signalwechselamplitude ermittelt.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit aus dem vor dem Eingriff erhaltenen Signal Schwellen für die Bewertung des während des Eingriffs erhaltenen Signals generiert bzw. bereits gesetzte Schwellen anpaßt.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit die Bewertungen während des Eingriffs des rotierenden Werkzeugs mit den außerhalb des Eingriffs erhaltenen Bewertungen korreliert.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit einen Betriebszustand als "Bohrerbruch" bewertet, wenn gleichzeitig die Hochpaß-gefilterte Signalwechselamplitude eine erste generierte Schwelle während einer Zeit, die groß gegen die Umdrehungszeit des Bohrers ist, überschreitet und sich dabei aufeinanderfolgende Extremwerte der nicht gefilterten Signalwechselamplitude um einen Wert unterscheiden, der größer als eine zweite generierte Schwelle ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit einen Betriebszustand als "externe Störung" und nicht als "fehlerhaftes Werkzeug" bewertet, wenn die Hochpaß-gefilterte

Signalwechselamplitude eine erste generierte Schwelle lediglich während einer Zeit, die vergleichbar gegen die Umdrehungszeit des Bohrers ist, überschreitet und sich gleichzeitig aufeinanderfolgende Extremwerte der nicht gefilterten Signalwechselamplitude um einen Wert unterscheiden, der größer als eine zweite generierte Schwelle ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit die Signalverläufe der Hochpaß-gefilterten Signalwechselamplituden während des Eingriffs speichert und den zu Beginn einer Serie von Werkzeugeingriffen aufgenommenen Verlauf mit späteren Verläufen vergleicht.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit die Bewertungen aufgrund der Signalamplitude und der Signalfrequenz korreliert.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit die verschiedenen bewerteten Größen miteinander vergleicht.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit die verschiedenen Größen während des Eingriffs bestimmt und die Änderung über eine Anzahl von Bohrungen verfolgt.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit aus der Änderung der Größen über eine Anzahl von Bohrungen neue Schranken für die Bewertung generiert.

16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Wegsensoren auf einer Sensorträgerplatte auf der der Werkzeugaufnahme zugewandten Seite angebracht sind.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Wegsensoren in radialer Richtung verschiebbar sind.

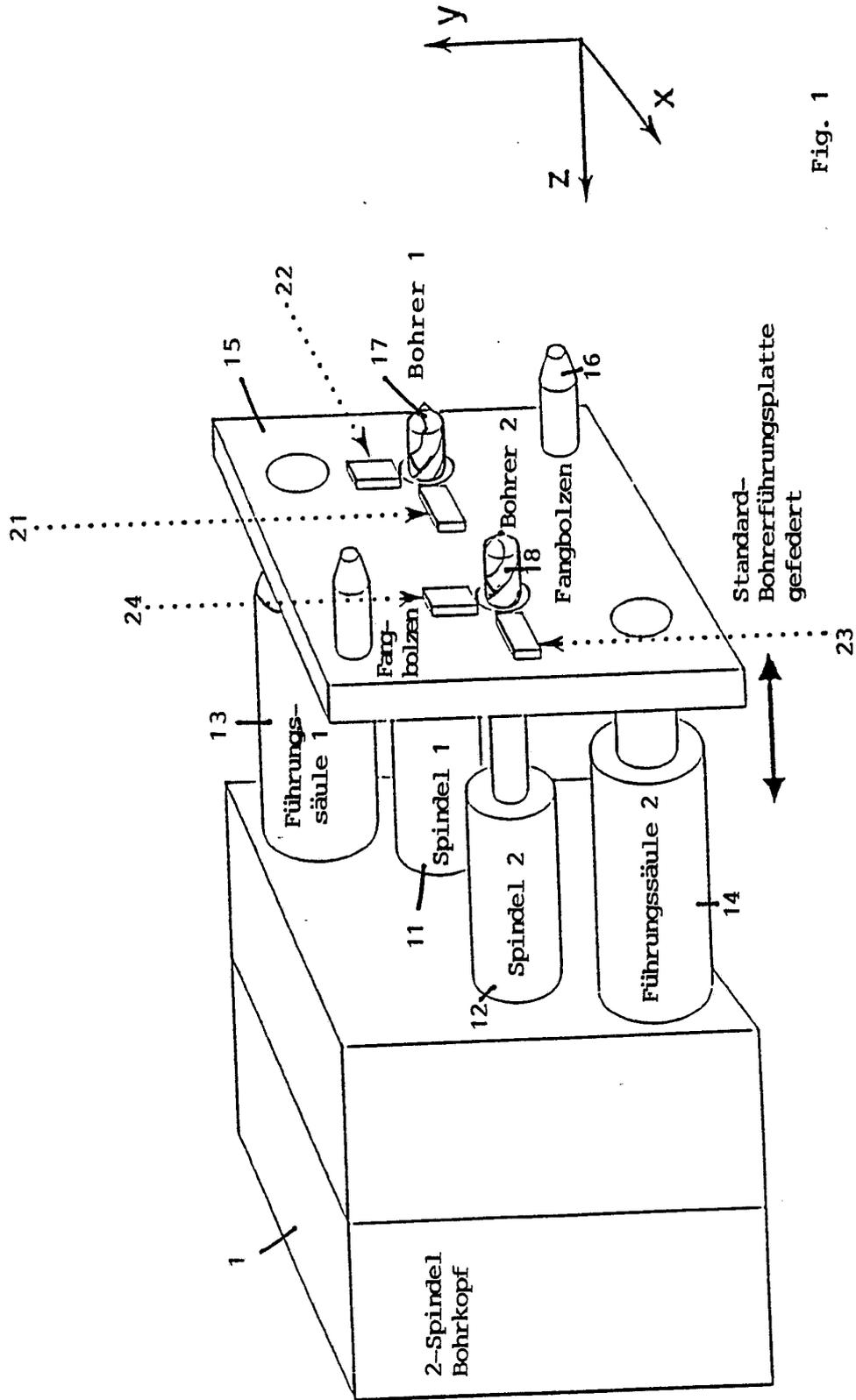


Fig. 1

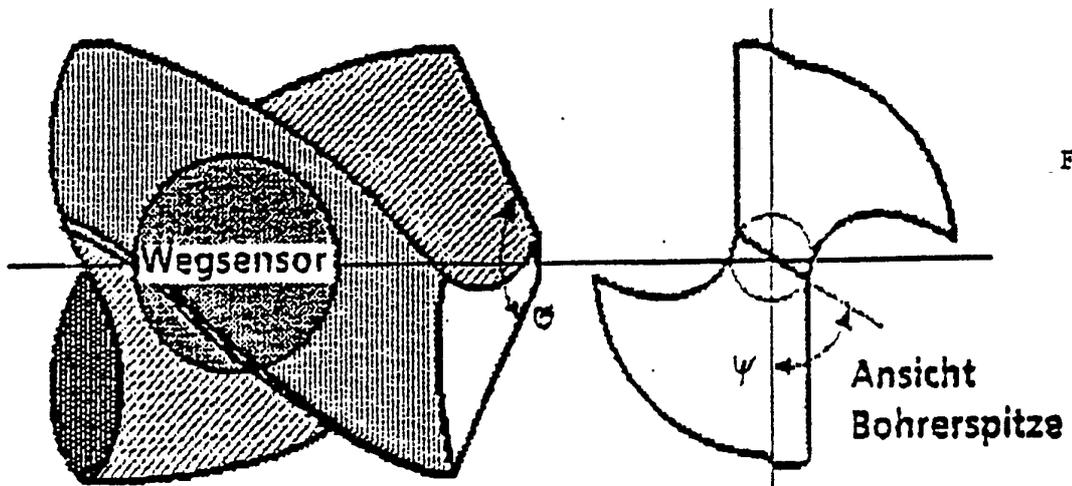


FIG. 2a

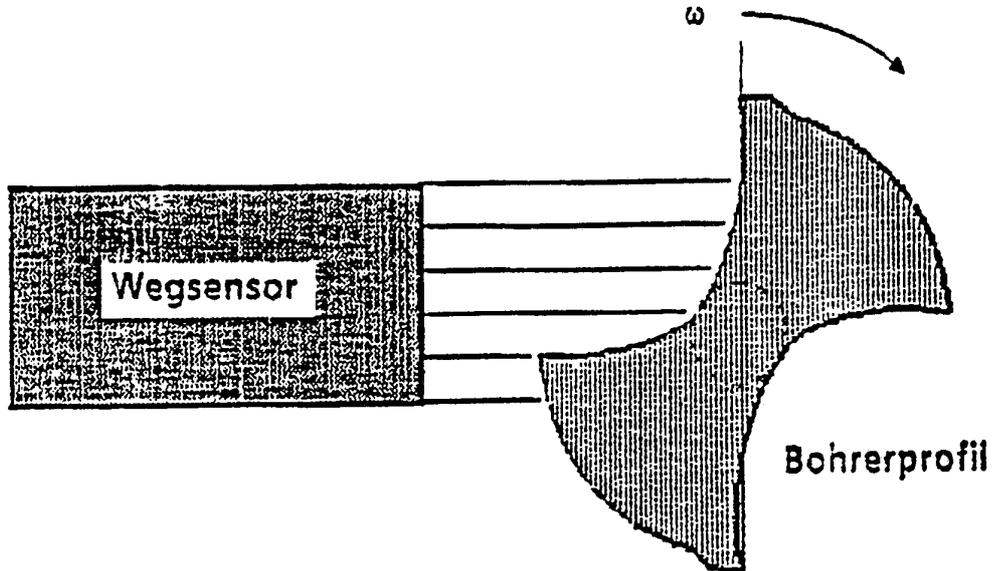


FIG. 2b

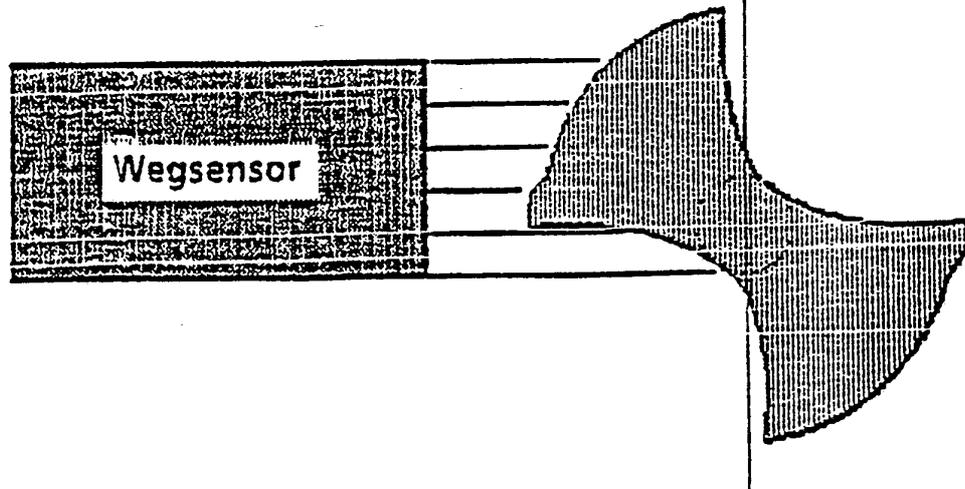
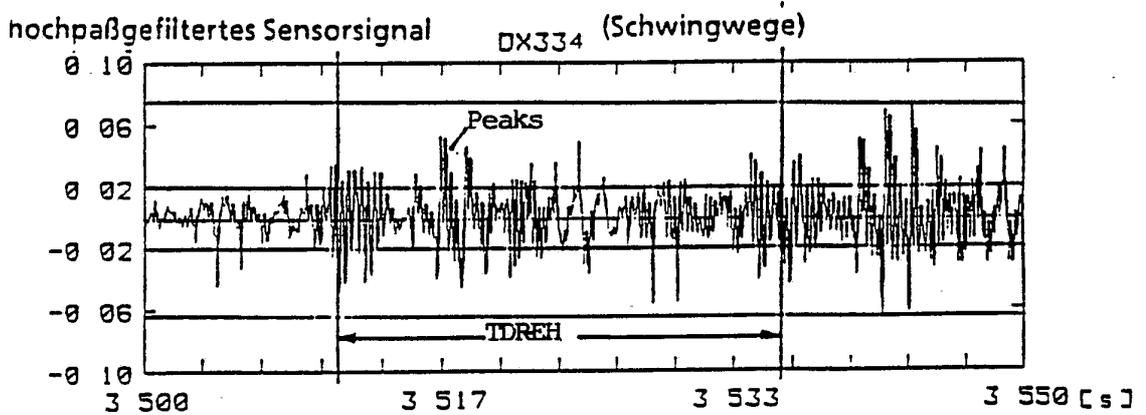
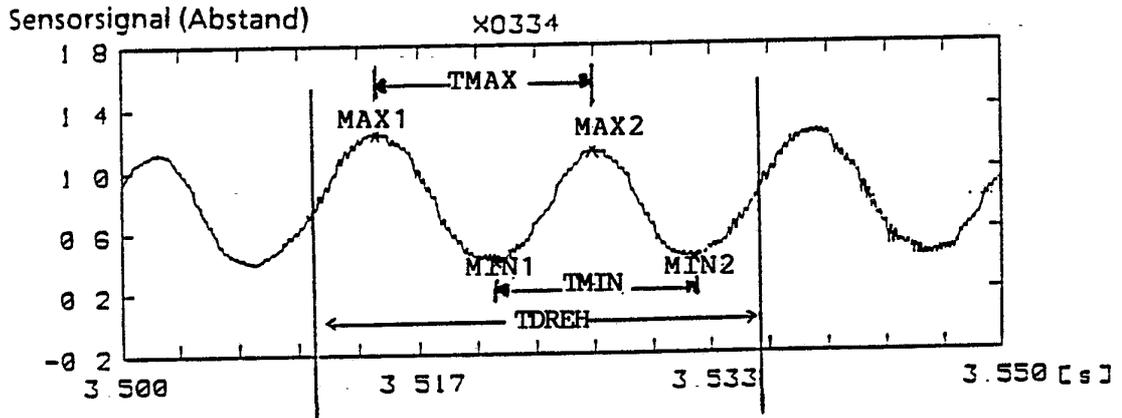
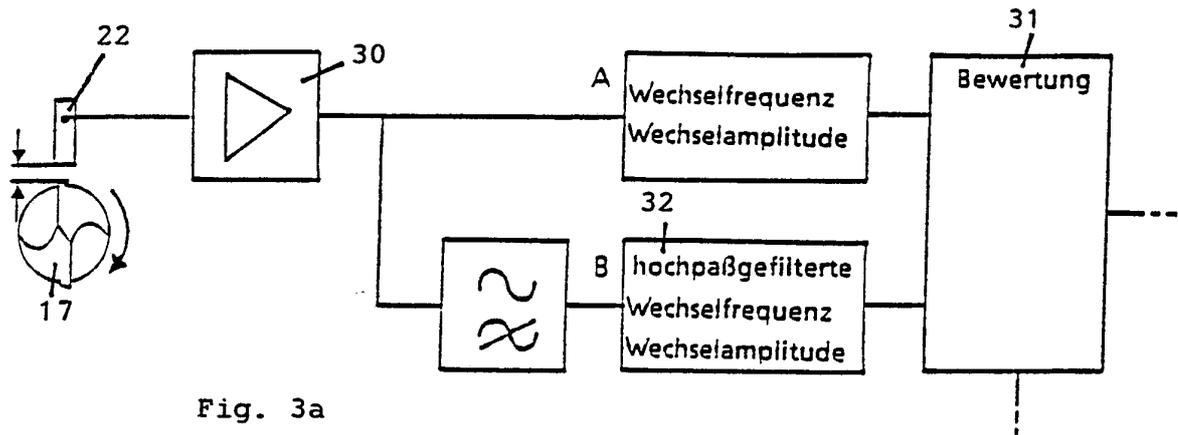


FIG. 2c

FIG. 2



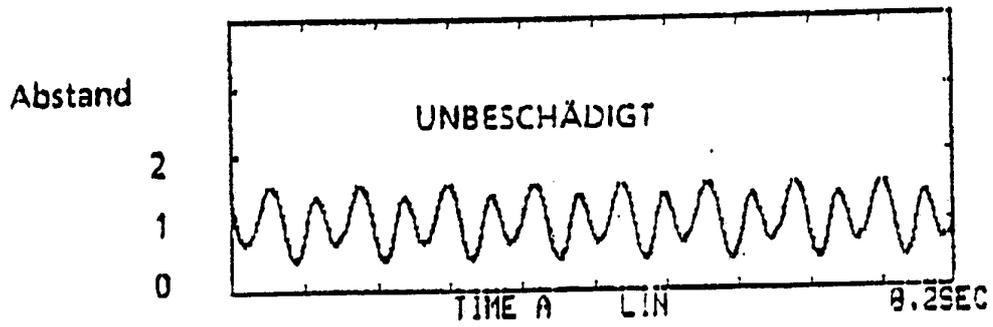


FIG. 4a

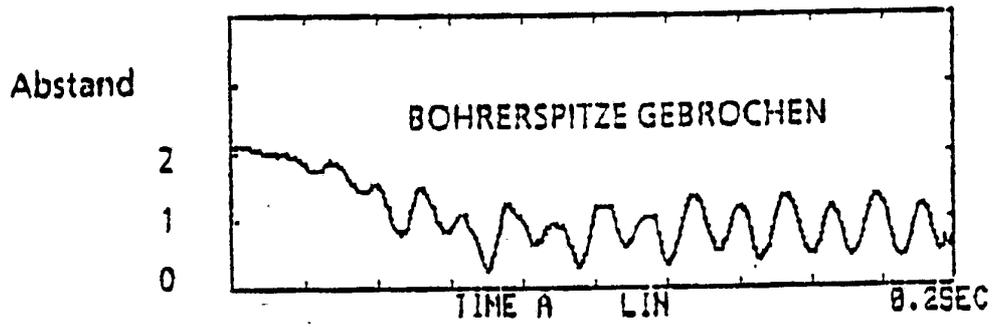


FIG. 4b

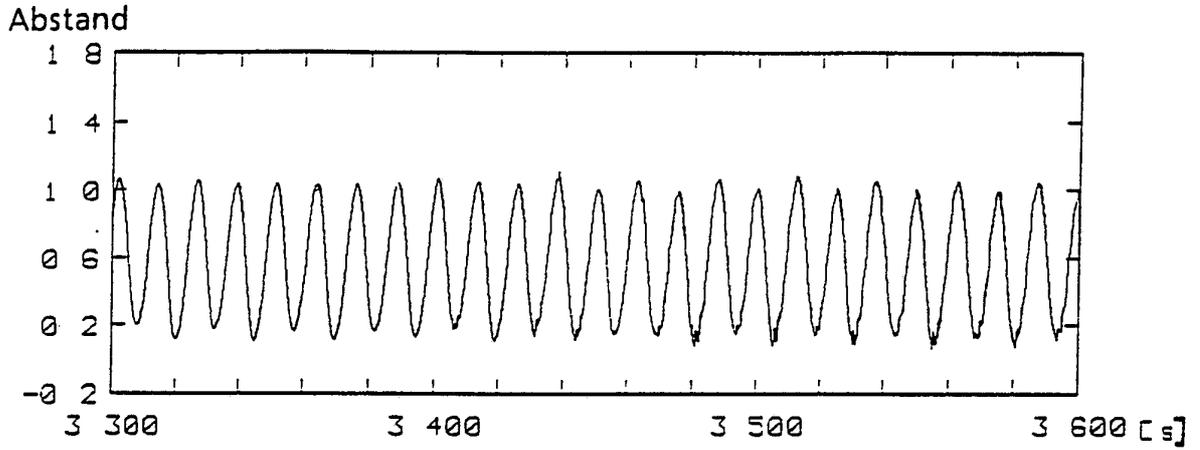


Fig. 5a

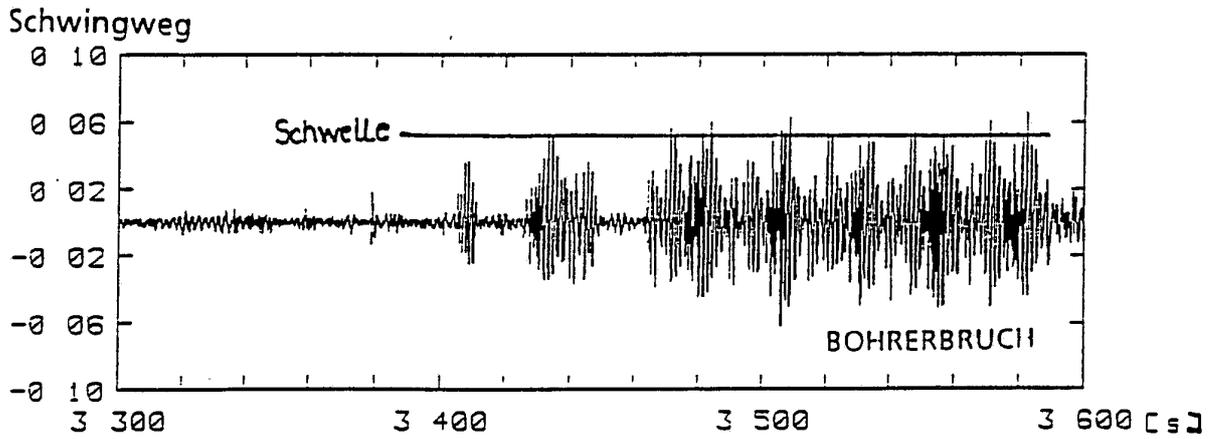


Fig.5b

FIG. 6a

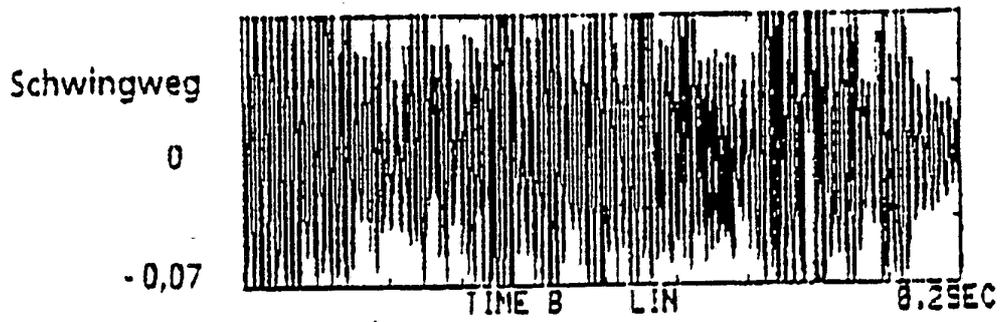
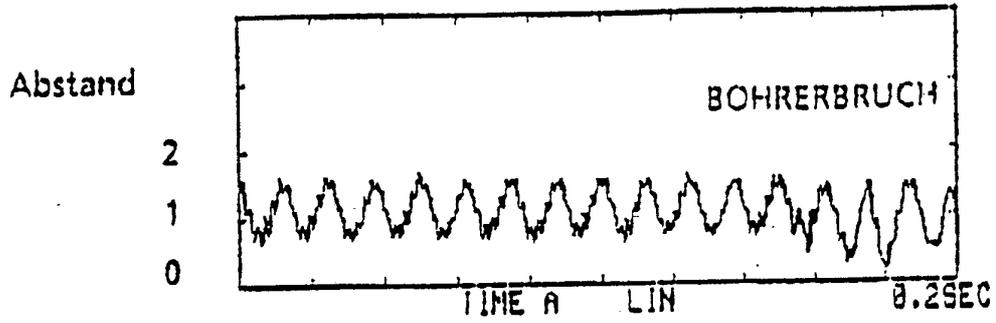


FIG. 6b

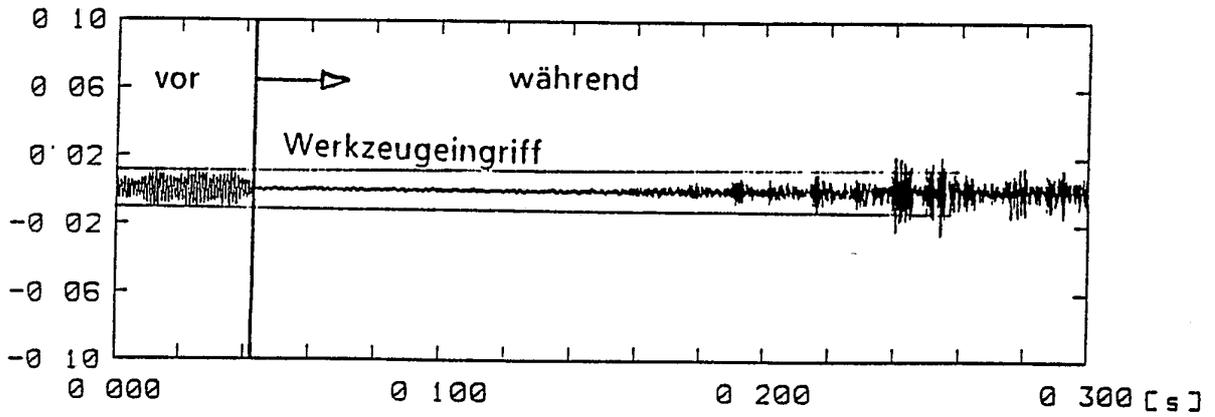


Fig. 7

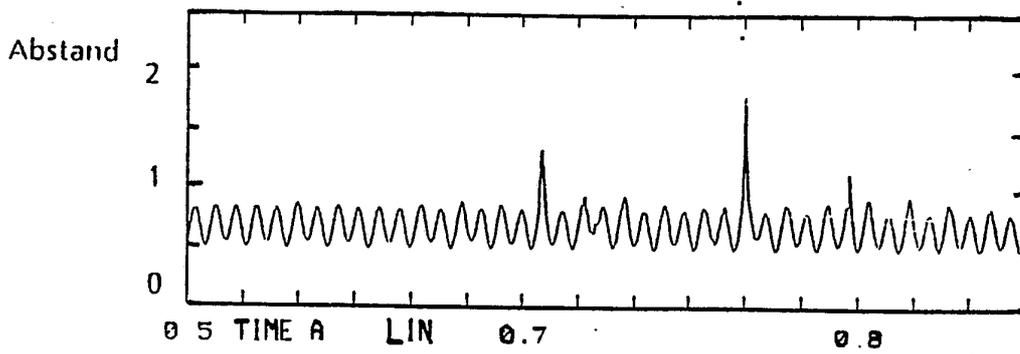


Fig. 8a

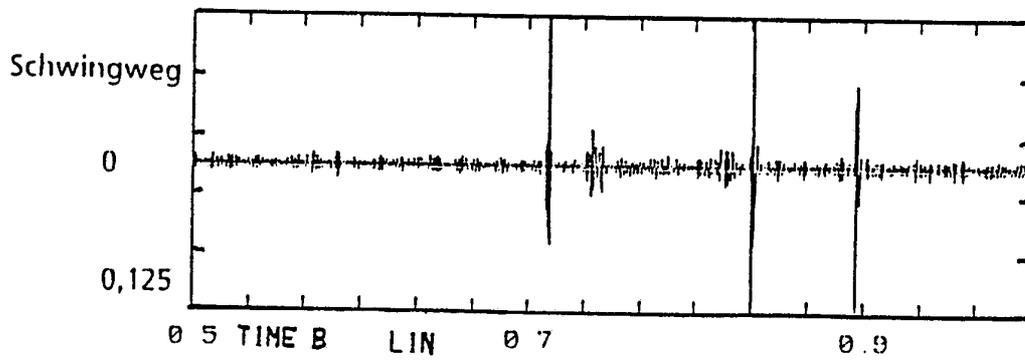
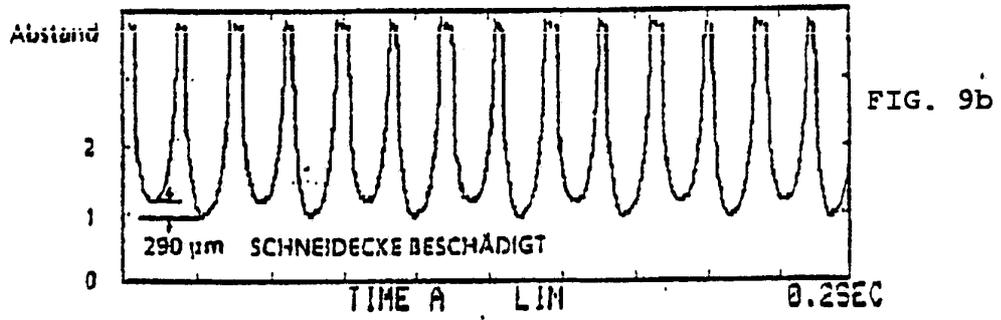
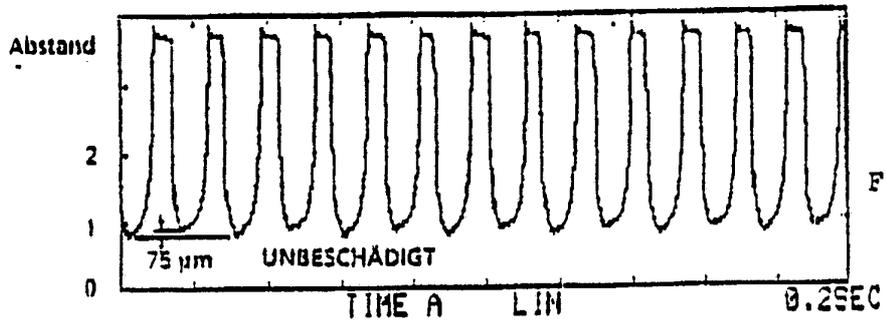


Fig. 8b

Späne Späne Späne



9/11

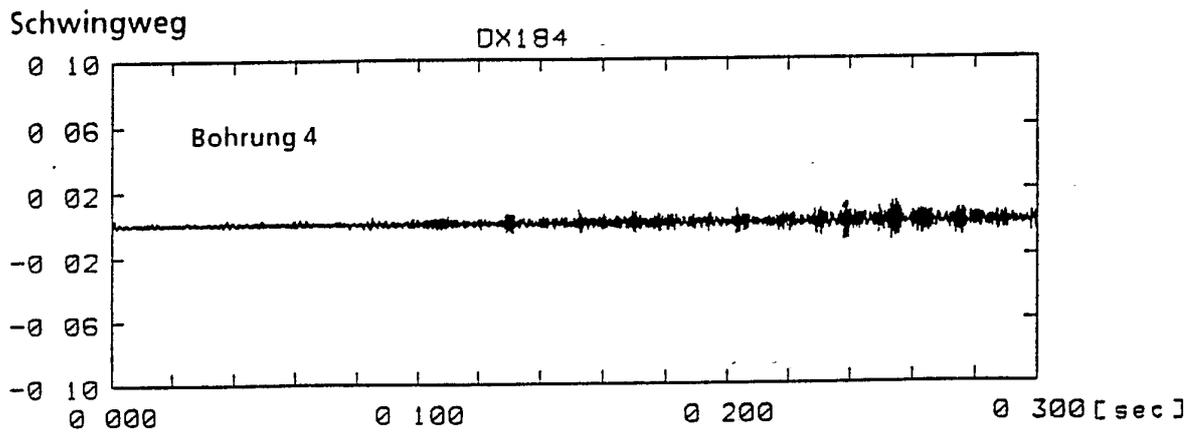


Fig. 10a

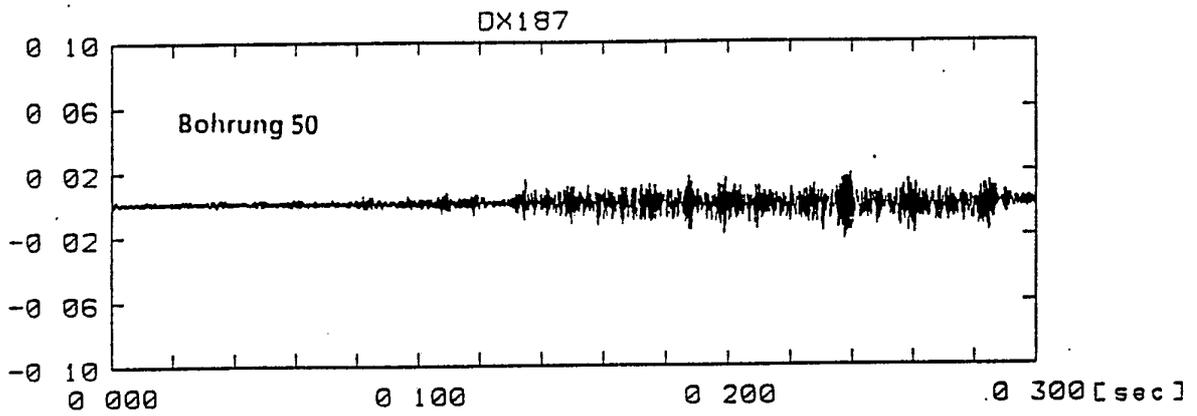


Fig. 10b

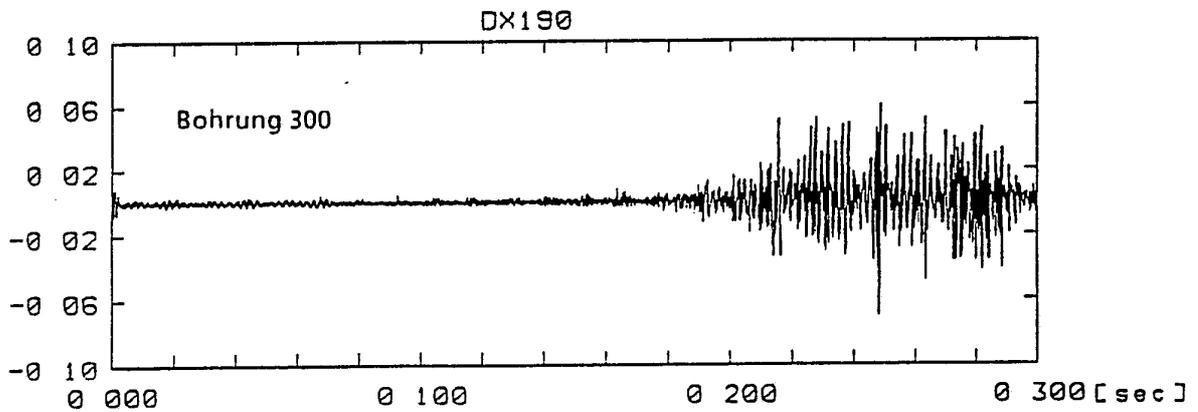


Fig. 10c

Leistungsdichtespektrum (Schwingweg)

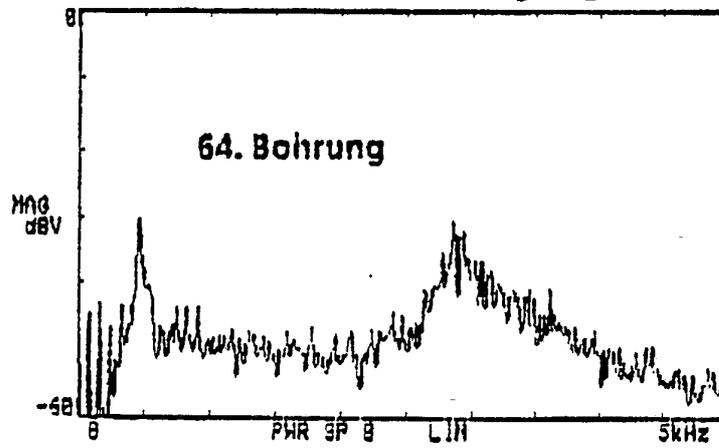


FIG. 11a

Leistungsdichtespektrum

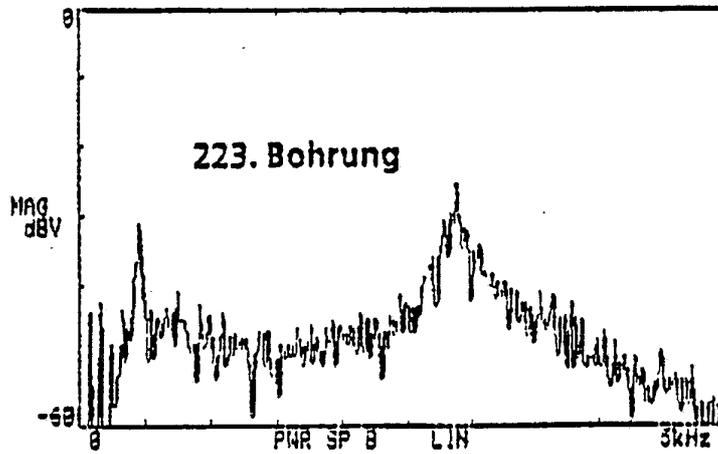
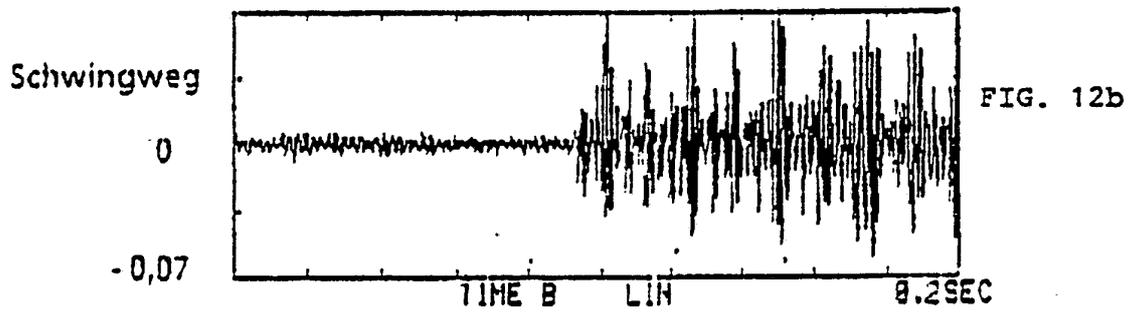
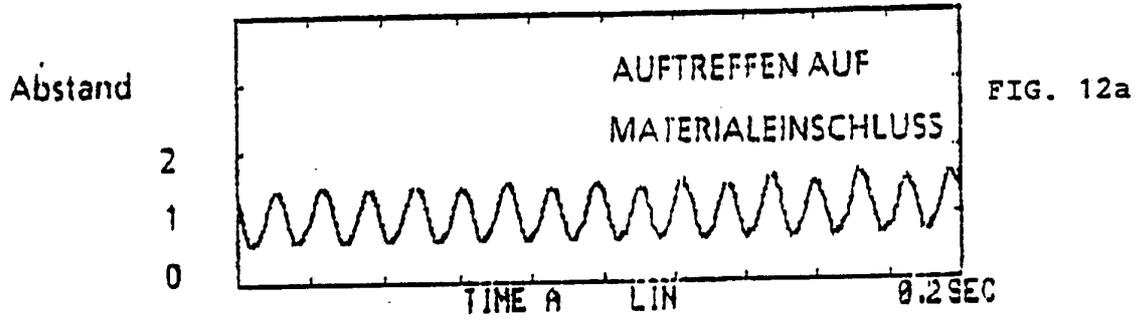


FIG. 11b



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/DE 88/00616

International Application No

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) *		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int.Cl ⁴	B 23 Q 17/09, G 01 H 11/00	
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System	Classification Symbols	
Int.Cl ⁴	B 23 B; B 23 Q; G 01 B; G 01 D; G 01 H; G 01 M	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁸		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹		
Category [*]	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
X	US, A, 3610029 (CARLSON) 5 October 1971, see column 1, line 35 - column 2, line 18, figures 2,3a,3b	1,2
A	DE, A1, 3642130 (TÖNSHOFF) 23 June 1988, see, figure 1, claims 1,6	2-6
A	US, A, 4642618 (JOHNSON ET AL) 10 February 1987, see, figure 1, claims 1,14	3,5
A	US, A, 4644335 (WEN) 17 February 1987, see column 2, line 26 - column 3, line 30; column 5, line 1 - line 38, figures 4-6	3-7
A	Patent Abstracts of Japan, volume 11, No. 302, M629, abstract dated JP 62- 94250, publication 1987-04-30 (MAZDA MOTOR CORP)	7
A	WO, A1, 82/03589 (KB WIBRA) 28 October 1982, see page 4, line 6 - line 23, claims 1-5	7-9
A	GB, A, 2166241 (GENERAL ELECTRIC) 30 April 1986, see page 4, line 102 - page 5, line 30, figures 5-8	9-13
<p>* Special categories of cited documents: ¹⁰</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document 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</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>		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	
6 April 1989 (06.04.89)	20 April 1989 (16.04.89)	
International Searching Authority	Signature of Authorized Officer	
EUROPEAN PATENT OFFICE		

III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT (CONTINUED FROM THE SECOND SHEET)

Category *	Citation of Document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to Claim No
A	DE, C2, 2557428 (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO.) 4 December 1986, see, figures 1,3+5, claim 1 -----	10

**ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.**

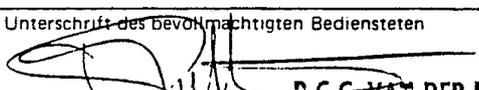
PCT/DE 88/00616

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. SA 24496
 The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 03/03/89
 The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A- 3610029	05/10/71	NONE	
DE-A1- 3642130	23/06/88	NONE	
US-A- 4642618	10/02/87	EP-A- 0209680 JP-A- 62028155	28/01/87 06/02/87
US-A- 4644335	17/02/87	EP-A- 0196567 JP-A- 61230805	08/10/86 15/10/86
WO-A1- 82/03589	28/10/82	SE-A- 8102372 EP-A-B- 0077789 SE-A-C- 428540 AU-D- 83336/82 US-A- 4558311 AU-A- 553170	14/10/82 04/05/83 11/07/83 04/11/82 10/12/85 03/07/86
GB-A- 2166241	30/04/86	DE-A- 3537214 FR-A- 2572000 JP-A- 61100348 US-A- 4636779	24/04/86 25/04/86 19/05/86 13/01/87
DE-C2- 2557428	04/12/86	CH-A- 591691 US-A- 4087801 JP-A- 51072787 JP-A- 51118182 JP-A- 52052281	30/09/77 02/05/78 23/06/76 16/10/76 26/04/77

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen **PCT/DE 88/00616**

I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) ⁶		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
Int. Cl. 4 B 23 Q 17/09, G 01 H 11/00		
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff ⁷		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int. Cl. 4	B 23 B; B 23 Q; G 01 B; G 01 D; G 01 H; G 01 M	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehorende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen ⁸		
III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN⁹		
Art*	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³
X	US, A, 3610029 (CARLSON) 5 Oktober 1971, siehe Spalte 1, Zeile 35 - Spalte 2, Zeile 18, Figuren 2,3a,3b --	1,2
A	DE, A1, 3642130 (TÖNSHOFF) 23 Juni 1988, siehe, Figure 1, Anspruche 1,6 --	2-6
A	US, A, 4642618 (JOHNSON ET AL) 10 Februar 1987, siehe, Figure 1, Anspruche 1,14 --	3,5
A	US, A, 4644335 (WEN) 17 Februar 1987, siehe Spalte 2, Zeile 26 - Spalte 3, Zeile 30; Spalte 5, Zeile 1 - Zeile 38, Figuren 4-6 --	3-7
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen¹⁰:</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"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</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
IV. BESCHEINIGUNG		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
6. April 1989		20.04.89
Internationale Recherchenbehörde		Unterschrift des Bevollmächtigten Bediensteten
Europäisches Patentamt		 P.C.G. VAN DER PUTTEN

III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN (Fortsetzung von Blatt 2)		
Art *	Kennzeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	Patent Abstracts of Japan, Band 11, Nr 302, M629, Zusammenfassung von JP 62- 94250, publ 1987-04-30 (MAZDA MOTOR CORP) --	7
A	WO, A1, 82/03589 (KB WIBRA) 28 Oktober 1982, siehe Seite 4, Zeile 6 - Zeile 23, Anspruche 1-5 --	7-9
A	GB, A, 2166241 (GENERAL ELECTRIC) 30 April 1986, siehe Seite 4, Zeile 102 - Seite 5, Zeile 30, Figuren 5-8 --	9-13
A	DE, C2, 2557428 (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO.) 4 Dezember 1986, siehe, Figuren 1,3+5, Anspruch 1 -- -----	10

ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.

PCT/DE 88/00616

SA 24496

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 03/03/89
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US-A- 3610029	05/10/71	KEINE	
DE-A1- 3642130	23/06/88	KEINE	
US-A- 4642618	10/02/87	EP-A- 0209680 JP-A- 62028155	28/01/87 06/02/87
US-A- 4644335	17/02/87	EP-A- 0196567 JP-A- 61230805	08/10/86 15/10/86
WO-A1- 82/03589	28/10/82	SE-A- 8102372 EP-A-B- 0077789 SE-A-C- 428540 AU-D- 83336/82 US-A- 4558311 AU-A- 553170	14/10/82 04/05/83 11/07/83 04/11/82 10/12/85 03/07/86
GB-A- 2166241	30/04/86	DE-A- 3537214 FR-A- 2572000 JP-A- 61100348 US-A- 4636779	24/04/86 25/04/86 19/05/86 13/01/87
DE-C2- 2557428	04/12/86	CH-A- 591691 US-A- 4087801 JP-A- 51072787 JP-A- 51118182 JP-A- 52052281	30/09/77 02/05/78 23/06/76 16/10/76 26/04/77

EPO FORM P0473