

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50354/2022  
(22) Anmeldetag: 18.05.2022  
(43) Veröffentlicht am: 15.12.2023

(51) Int. Cl.: **B23Q 17/22** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
DE 19747798 A1  
EP 1197819 B1  
DE 3621049 A1

(71) Patentanmelder:  
Fill Gesellschaft m.b.H.  
4942 Gurten (AT)

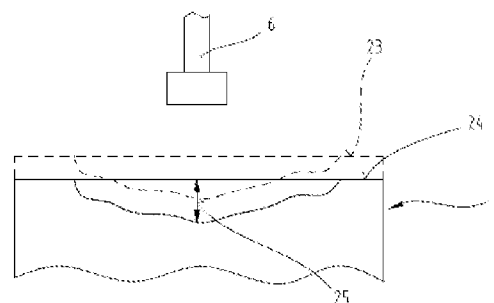
(74) Vertreter:  
Anwälte Burger und Partner Rechtsanwalt  
GmbH  
4580 Windischgarsten (AT)

(54) **Computerimplementiertes Verfahren zum Bearbeiten eines Werkstückes an einer Werkzeugmaschine, sowie eine Werkzeugmaschine, ein Computerprogrammprodukt und ein computerlesbares Medium**

(57) Die Erfindung betrifft ein Computerimplementiertes Verfahren zum Bearbeiten eines Werkstückes (9) an einer Werkzeugmaschine (1) mit einem in einer Arbeitsspindel (4) aufgenommenen Werkzeug (6), umfassend die Verfahrensschritte:

- Ausführen von Steuerbefehlen einer Recheneinheit (20) zum Bewegen des Werkzeuges (6) und/oder des Werkstückes (9) und zum in Bearbeitungseingriff bringen des Werkzeuges (6) mit dem Werkstück (9), wobei die Steuerbefehle dazu konfiguriert sind, das Werkstück (9) in einer Bearbeitungstiefe (25) relativ zu einer, auf Basis eines CAD-Modelles des Werkstückes (9) vorgegebenen, Soll-Außenkontur (23) zu bearbeiten;
- Automatisiertes Detektieren, wenn das Werkzeug (6) mit einer Ist-Außenkontur (24) des reellen Werkstückes (9) in Eingriff kommt, wobei ein Detektionskriterium abgefragt wird;
- Automatisiertes Anpassen der Steuerbefehle in der Recheneinheit (20) zum Verschieben der auf Basis der Soll-Außenkontur (23) des Werkstückes (9) festgelegten Bearbeitungstiefe (25) im Hinblick auf die detektierte Ist-Außenkontur (24) des Werkstückes (9).

**Fig.2**



## **Zusammenfassung**

Die Erfindung betrifft ein Computerimplementiertes Verfahren zum Bearbeiten eines Werkstückes (9) an einer Werkzeugmaschine (1) mit einem in einer Arbeits-spindel (4) aufgenommenen Werkzeug (6), umfassend die Verfahrensschritte:

- Ausführen von Steuerbefehlen einer Recheneinheit (20) zum Bewegen des Werkzeuges (6) und/oder des Werkstückes (9) und zum in Bearbeitungseingriff bringen des Werkzeuges (6) mit dem Werkstück (9), wobei die Steuerbefehle dazu konfiguriert sind, das Werkstück (9) in einer Bearbeitungstiefe (25) relativ zu einer, auf Basis eines CAD-Modelles des Werkstückes (9) vorgegebenen, Soll-Außenkontur (23) zu bearbeiten;
- Automatisiertes Detektieren, wenn das Werkzeug (6) mit einer Ist-Außenkontur (24) des reellen Werkstückes (9) in Eingriff kommt, wobei ein Detektionskriterium abgefragt wird;
- Automatisiertes Anpassen der Steuerbefehle in der Recheneinheit (20) zum Verschieben der auf Basis der Soll-Außenkontur (23) des Werkstückes (9) festgelegten Bearbeitungstiefe (25) im Hinblick auf die detektierte Ist-Außenkontur (24) des Werkstückes (9).

Fig. 2

Die Erfindung betrifft ein Computerimplementiertes Verfahren zum Bearbeiten eines Werkstückes an einer Werkzeugmaschine, sowie eine Werkzeugmaschine, ein Computerprogrammprodukt und ein computerlesbares Medium.

Die DD232223A1 offenbart eine Werkzeugmaschine, sowie ein Verfahren zum Betrieb der Werkzeugmaschine und zur Erfassung und Analyse von Konturfehler eines Werkstückes. Die an der Werkzeugmaschine vorhandenen Wegmesssysteme der an der Konturerzeugung beteiligten Vorschubachsen sind hierbei über spezielle Adapter zusätzlich mit einem Konturerfassungsgerät verbunden.

Die in der DD232223A1 offenbarte Werkzeugmaschine bringt den Nachteil mit sich, dass zur Erfassung der Konturfehler des Werkstückes ein komplexer Aufbau der Werkzeugmaschine benötigt wird.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden und eine Werkzeugmaschine und ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, mittels derer ein Konturfehler eines Werkstückes vereinfacht erfasst werden kann.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren und eine Vorrichtung gemäß den Ansprüchen gelöst.

Erfindungsgemäß ist ein computerimplementiertes Verfahren zum Bearbeiten eines Werkstückes an einer Werkzeugmaschine mit einem in einer Arbeitsspindel aufgenommenen Werkzeug vorgesehen. Das Verfahren umfasst die Verfahrensschritte:

- Ausführen von Steuerbefehlen einer Recheneinheit zum Bewegen des Werkzeuges und/oder des Werkstückes und zum in Bearbeitungseingriff bringen des Werkzeuges mit dem Werkstück, wobei die Steuerbefehle dazu konfiguriert sind, das Werkstück in einer Bearbeitungstiefe relativ zu einer, auf Basis eines CAD-Modell des Werkstückes vorgegebenen, Soll-Außenkontur zu bearbeiten;
- Automatisiertes Detektieren, wenn das Werkzeug mit einer Ist-Außenkontur des Werkstückes in Eingriff kommt, wobei ein Detektionskriterium abgefragt wird;
- Automatisiertes Anpassen der Steuerbefehle in der Recheneinheit zum Verschieben der auf Basis der Soll-Außenkontur des Werkstückes festgelegten Bearbeitungstiefe im Hinblick auf die detektierte Ist-Außenkontur des Werkstückes.

Das erfindungsgemäße Verfahren bringt den Vorteil mit sich, dass die Steuerbefehle in der Recheneinheit auf Basis einer Soll-Außenkontur, die aus einem CAD-Modell hervorgeht, vorgegeben sind, wobei die Steuerbefehle automatisiert an die Ist-Außenkontur des Werkstückes angepasst werden. Hierbei kann ausgehend von der Ist-Außenkontur eine exakte Bearbeitungstiefe erreicht werden. Somit können beispielsweise Taschen oder Bohrungen in Werkstücken eine exakte Tiefe bezüglich der Ist-Außenkontur aufweisen. Dies bringt insbesondere dann Vorteile mit sich, wenn nicht die komplette Außenkontur des Werkstückes bearbeitet werden soll, sondern wenn in die bestehende Außenkontur des Werkstückes lediglich Bearbeitungsausnehmungen eingebracht werden sollen. Dies kann etwa bei Gusswerkstücken mit ausreichend genauer Außenkontur der Fall sein. Weiters kann durch die vorgesehene Maßnahme erreicht werden, dass ein Aufspannungsfehler des Werkstückes an einer Spannvorrichtung kompensiert werden kann. Darüber hinaus kann durch diese Maßnahme auch eine Schneidenabnutzung des Werkzeuges kompensiert werden. Gegebenenfalls kann sogar das Vermessen des Werkzeuges nach dem Aufspannen in der Arbeitsspindel entfallen.

Weiters kann es zweckmäßig sein,

- dass Drehzahl der Arbeitsspindel detektiert wird und bei Verringerung der Drehzahl der Arbeitsspindel um einen Schwellwert ein Kontakt des Werkzeuges mit der Ist-Außenkontur des Werkstückes angenommen wird, oder

- dass mittels eines Beschleunigungssensors Schwingungen in der Werkzeugmaschine erfasst werden und bei Überschreitung der Schwingungen um einen Schwellwert ein Kontakt des Werkzeuges mit der Ist-Außenkontur des Werkstückes angenommen wird, oder
- dass mittels eines Kraftsensors eine Krafteinwirkung auf das Werkzeug erfasst wird und bei Überschreitung der Kraft um einen Schwellwert ein Kontakt des Werkzeuges mit der Ist-Außenkontur des Werkstückes angenommen wird, oder
- dass durch Messung des Motorstromes eines Antriebsmotors der Arbeitsspindel oder eines Antriebsmotors einer Achsverstellspindel eine Krafteinwirkung auf das Werkzeug erfasst wird und bei Überschreitung des Motorstromes um einen Schwellwert ein Kontakt des Werkzeuges mit der Ist-Außenkontur des Werkstückes angenommen wird. Bei einer derartigen Abfrage des Detektionskriteriums kann dieses möglichst einfach und mit einer hohen Genauigkeit ermittelt werden. Das Abfragen einer Drehzahl der Arbeitsspindel ist eine einfache Maßnahme, welche mit an einer modernen Werkzeugmaschine ohnehin verbauten Sensoren erfolgen kann. Auch ein Kraftsensor kann standardmäßig in einer modernen Werkzeugmaschine verbaut sein. Auch eine Vorrichtung zur Messung des Motorstromes eines Antriebsmotors der Arbeitsspindel kann in der Werkzeugmaschine verbaut sein. Auch eine Vorrichtung zur Messung des Motorstromes eines Antriebsmotors einer Achsverstellspindel kann standardmäßig in der Werkzeugmaschine verbaut sein. Auch Beschleunigungssensoren sind einfach aufgebaute und robuste Sensoren, die standardmäßig in einer Werkzeugmaschine verbaut sein können. Durch die Verwendung von Standardkomponenten der Werkzeugmaschine zum Abfragen des Detektionskriteriums kann das Verfahren zum Bearbeiten des Werkstückes möglichst einfach gehalten werden.

Ferner kann vorgesehen sein, dass der Schwellwert beim Erstellen der Steuerbefehle der Recheneinheit festgelegt wird. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass der Schwellwert an die jeweilige Bearbeitungssituation angepasst sein kann.

Ein Erstellen der Steuerbefehle der Recheneinheit kann insbesondere als NC-Programmieren bezeichnet werden. Dieses Erstellen der Steuerbefehle kann beispielsweise durch Eingabe durch einen Programmierer erfolgen. Alternativ können

die Steuerbefehle auch direkt automatisiert aus einem CAD-Modell generiert werden, wobei diese optional durch einen Programmierer angepasst werden können.

Darüber hinaus kann vorgesehen sein, dass der Schwellwert unter Berücksichtigung des in der Bearbeitung verwendeten Werkzeuges und einer Bearbeitungslage des Werkzeuges festgelegt wird. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass durch diese Maßnahme eine exakte Erfassung der Ist-Außenkontur des Werkstückes erreicht werden kann.

Als Bearbeitungslage des Werkzeuges im Sinne dieses Dokumentes wird verstanden wie das Werkzeug mit dem Werkstück in Eingriff gebracht wird.

Eine Bearbeitungslage kann beispielsweise sein, dass eine umfänglich angeordnete Schneide mit dem Werkstück in Eingriff kommt. Hierbei kann bei der Bearbeitung das Werkzeug in einer Ebene normal zu einer Drehachse des Werkzeuges relativ zum Werkstück verschoben werden.

Eine Bearbeitungslage weitere kann beispielsweise sein, dass eine stirnseitig angeordnete Schneide mit dem Werkstück in Eingriff kommt. Hierbei kann bei der Bearbeitung das Werkzeug in Längsrichtung zu einer Drehachse des Werkzeuges relativ zum Werkstück verschoben werden.

In einer weiteren Bearbeitungslage ist es auch denkbar, dass sowohl eine umfänglich angeordnete Schneide als auch eine stirnseitig angeordnete Schneide mit dem Werkstück in Eingriff kommt. Hierbei kann eine zusammengesetzte Bearbeitung aus den beiden oben beschriebenen Bearbeitungen erfolgen.

Vorteilhaft ist auch eine Ausprägung, gemäß welcher vorgesehen sein kann, dass mittels eines Trainingsdatensatzes, insbesondere unter Zuhilfenahme eines neuronalen Netzes, der Schwellwert zum Erreichen des Detektionskriteriums für unterschiedliche Werkzeuge und unterschiedliche Bearbeitungslagen des Werkzeuges festgelegt wird. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass durch diese Maßnahme der Schwellwert zum Erreichen des Detektionskriteriums im Trainingsdatensatz derart definiert bzw. voreingestellt werden kann, dass eine exakte Bestimmung der

Ist-Außenkontur des Werkstückes erreicht werden kann. Insbesondere ist es hierbei denkbar, dass das neuronale Netz durch machine learning bzw. deep learning trainiert wird. Weiters ist es auch denkbar, dass das neuronale Netz während des Betriebes sich ständig anpasst bzw. durch die Realdaten weitertrainiert wird. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass durch eine Vermessung des bearbeiteten Werkstückes ein Anpassen des neuronalen Netzes erreicht wird.

Gemäß einer Weiterbildung ist es möglich, dass die unterschiedlichen mittels des Trainingsdatensatzes ermittelten Schwellwerte in eine Auswahltablelle gespeichert werden. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass bei der NC-Programmierung die bekannten Parameter bzw. das verwendete Bearbeitungswerkzeug aus der Auswahltablelle ausgewählt werden können und mittels des dahinterliegenden Trainingsdatensatzes der Schwellwert zum Erreichen des Detektionskriteriums festgelegt wird. Dadurch kann die Definition des Schwellwertes eine möglichst geringe Fehleranfälligkeit aufweisen. Die Auswahlwerte der Auswahltablelle kann beispielsweise die Bearbeitungslage des Werkzeuges, ein Werkzeugdurchmesser bzw. eine Werkzeugtype, eine Spindeldrehzahl oder sonstige sein. Die Auswahlwerte können beispielsweise mittels Eingabe durch einen Programmierer ausgewählt werden. Alternativ dazu können die Auswahlwerte automatisiert ausgewählt werden, wenn beispielsweise das NC-Programm auf Basis eines CAD-Modelles automatisiert erstellt wird.

Ferner kann es zweckmäßig sein, dass zum automatisierten Detektieren, wenn das Werkzeug mit einer Ist-Außenkontur des Werkstückes in Eingriff kommt, eine inkrementelle Zustellung des Werkzeuges und/oder des Werkstückes erfolgt, wobei nach Zustellung eines jeden Inkrementes das Detektionskriterium abgefragt wird. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass durch diese Maßnahme eine exakte Bestimmung der Ist-Außenkontur des Werkstückes erreicht wird.

Darüber hinaus kann vorgesehen sein, dass eine Zustellung eines folgenden Inkrementes erst dann erfolgt, wenn die Abfrage des Detektionskriteriums des vorhergehenden Inkrementes abgeschlossen ist. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass durch diese Maßnahme eine exakte Erfassung der Ist-Außenkontur des Werkstückes erreicht werden kann.

Alternativ dazu ist es auch denkbar, dass eine Zustellung eines folgenden Inkrements schon erfolgt, wenn die Berechnung der Abfrage des Detektionskriteriums des vorhergehenden Inkrements noch nicht vollständig abgeschlossen ist. Durch diese Maßnahme kann die Zustellgeschwindigkeit erhöht werden. Ein vollständiges Berechnungsergebnis kann zu einem späteren Zeitpunkt vorliegen, wobei nach Vorliegen des Berechnungsergebnisses eine Anpassung der Steuerbefehle erfolgen kann.

Weiters kann vorgesehen sein, dass ein Zustellmaß eines Inkrements in Abhängigkeit von der notwendigen Fertigungstoleranz des Werkstückes gewählt wird. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass die Zustellgeschwindigkeit durch diese Maßnahme erhöht werden kann. Somit kann durch diese Maßnahme die Fertigungszeit verringert werden. Insbesondere kann dabei vorgesehen sein, dass das Zustellmaß des Inkrements zwischen 5 % und 20 % der Fertigungstoleranz des Werkstückes gewählt wird.

Gemäß einer besonderen Ausprägung ist es möglich, dass die Abweichung zwischen Soll-Außenkontur des Werkstückes und Ist-Außenkontur des Werkstückes dokumentiert und gespeichert wird. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass die Ist-Außenkontur des Werkstückes zu Zwecken der Qualitätssicherung eindeutig zu einem Werkstück dokumentiert werden kann.

Entsprechend einer vorteilhaften Weiterbildung kann vorgesehen sein, dass zum Abfragen des Detektionskriteriums anhand der Drehzahl der Arbeitsspindel oder anhand der Messung des Motorstromes des Antriebsmotors der Arbeitsspindel, der Motorstrom des Antriebsmotors der Arbeitsspindel so gewählt wird, dass die eingestellte Drehzahl der Arbeitsspindel gerade gehalten werden kann. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass bereits eine geringe Bremswirkung auf die Arbeitsspindel zu einer Verringerung der Drehzahl führt, wodurch das Detektionskriterium erreicht werden kann. Hierbei kann die eingestellte Drehzahl der Arbeitsspindel durch einen Kontakt des Werkzeuges mit dem Werkstück aufgrund der auftretenden Zerspanungskräfte reduziert werden.

Insbesondere kann es vorteilhaft sein, wenn nach dem Feststellen des Detektionskriteriums, der Motorstrom des Antriebsmotors der Arbeitsspindel erhöht wird, so dass während dem Bearbeitungseingriff des Werkzeuges eine vorgegebene Drehzahl der Arbeitsspindel gehalten werden kann. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass eine genaue Bearbeitung des Werkstückes erreicht werden kann.

Weiters kann vorgesehen sein, dass bei Annäherung des Werkzeuges um einen Toleranzzuschlag an die Soll-Außenkontur des Werkstückes die Zustellgeschwindigkeit reduziert wird. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass die Bearbeitungsdauer verkürzt werden kann, da die Zustellgeschwindigkeit erhöht werden kann. Gleichzeitig kann durch diese Maßnahme die Standzeit des Werkzeuges erhöht werden. Der Toleranzzuschlag kann hierbei so gewählt werden, dass unter Summierung der Toleranzgrenzen der Soll-Außenkontur zur Ist-Außenkontur ausgeschlossen werden kann, dass das Werkzeug mit dem Werkstück in Eingriff kommt, bevor die Zustellgeschwindigkeit reduziert wird.

Insbesondere ist es beispielsweise denkbar, dass das Werkzeug mit einer erhöhten Zustellgeschwindigkeit an das Werkstück angenähert wird bis der Punkt Soll-Außenkontur plus Toleranzzuschlag erreicht ist. Anschließend kann die Zustellgeschwindigkeit reduziert werden. Hierbei kann eine Reduktion der Zustellgeschwindigkeit direkt auf die Vorschubgeschwindigkeit bei Bearbeitung des Werkstückes erfolgen. Alternativ kann die Zustellgeschwindigkeit auf eine reduzierte Zustellgeschwindigkeit verringert werden und erst bei Detektion eines Kontaktes des Werkzeuges mit dem Werkstück die Zustellgeschwindigkeit weiter auf die Vorschubgeschwindigkeit bei Bearbeitung des Werkstückes reduziert werden.

Erfindungsgemäß ist eine Werkzeugmaschine ausgebildet, welche Mittel aufweist, die geeignet sind, die Schritte des obigen Verfahrens auszuführen und Werkstücke zu bearbeiten.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Werkzeugmaschine folgende Bauteile umfasst:

- ein Grundgestell;

- eine Arbeitsspindel mit einer Werkzeugaufnahme zur Aufnahme eines Werkzeuges;
- einen Werkstücktisch zur Aufnahme eines Werkstückes;
- zumindest eine NC-Achse mit einer Achsverstellspindel und einen mit der Achsverstellspindel gekoppelten Antriebsmotor zum Verschieben des Werkstücktisches oder der Arbeitsspindel;
- eine Recheneinheit.

Weiters kann in der Werkzeugaufnahme ein Werkzeug aufgenommen sein.

Erfindungsgemäß ist ein Computerprogrammprodukt ausgebildet, welches Befehle umfasst, die bewirken, dass die Werkzeugmaschine die Verfahrensschritte nach einem der obigen Merkmale ausführt.

Erfindungsgemäß ist ein computerlesbares Medium ausgebildet, auf dem das obige Computerprogrammprodukt abgespeichert ist.

Eine Recheneinheit im Sinne dieses Dokumentes kann ein elektronisches Datenverarbeitungsgerät sein. Dies kann beispielsweise ein Computer oder auch eine NC-Steuerung sein.

Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

Es zeigen jeweils in stark vereinfachter, schematischer Darstellung:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Werkzeugmaschine;

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Werkzeuges und ein Bearbeitungseingriff des Werkzeuges an einer Ist-Außenkontur im Vergleich zu einer Soll-Außenkontur des Werkstückes.

Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw.

gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Werkzeugmaschine 1. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel der Werkzeugmaschine 1 ist diese in Form einer Fräsmaschine ausgebildet.

Die Werkzeugmaschine 1 kann ein Grundgestell 2 umfassen.

Die Werkzeugmaschine 1 kann außerdem einen Bearbeitungskopf 3 umfassen, an welchem eine Arbeitsspindel 4 aufgenommen ist. Der Bearbeitungskopf 3 kann mit dem Grundgestell 2 gekoppelt sein.

In der Arbeitsspindel 4 kann eine Werkzeugaufnahme 5 ausgebildet sein, welche zur Aufnahme von Werkzeugen 6, wie etwa Fräswerkzeugen, dient. Weiters kann ein Werkstücktisch 7 vorgesehen sein, an welchem eine Werkstückaufnahme 8 zur Aufnahme von zu bearbeitenden Werkstücken 9 angeordnet sein kann.

Die Werkzeugmaschine 1 kann eine erste Führung 10 aufweisen, welche beispielsweise als Linearführung ausgebildet sein kann, wodurch der Bearbeitungskopf 3 entlang einer Y-Achse verstellbar sein kann. Weiters kann ein erster Antriebsmotor 11 ausgebildet sein, welcher zum Verschieben des Bearbeitungskopfes 3 entlang der ersten Führung 10 dient.

Weiters kann eine zweite Führung 12 ausgebildet sein, mittels welcher der Bearbeitungskopf 3 entlang einer Z-Achse verschoben werden kann. Weiters kann ein zweiter Antriebsmotor 13 zum Verschieben des Bearbeitungskopfes 3 entlang der zweiten Führung 12 vorgesehen sein.

Weiters kann eine dritte Führung 14 ausgebildet sein, mittels welcher die Werkstückaufnahme 8 entlang einer X-Achse relativ zum Bearbeitungskopf 3 ver-

schiebbar ist. Weiters kann einer dritter Antriebsmotor 15 vorgesehen sein, welcher zum Verschieben des Werkstücktisches 7 entlang der dritten Führung 14 dient.

Das Zusammenwirken aus erster Führung 10 und erster Antriebsmotor 11 kann auch als NC-Achse 16 bezeichnet werden. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der erste Antriebsmotor 11 mit einer Achsverstellspindel 17 gekoppelt ist, welche zum Überführen der Drehbewegung des ersten Antriebsmotors 11 in eine Linearbewegung dient. Analog dazu können auch die restlichen Führungen 12, 14 mit den restlichen Antriebsmotoren 13, 15 als NC-Achsen 16 bezeichnet werden. Auch die weiteren NC-Achsen 16 können Achsverstellspindeln 17 aufweisen.

Die erste Führung 10, die zweite Führung 12 und die dritte Führung 14 können alle oder teilweise zur linear verschiebbaren Aufnahme des Bearbeitungskopfes 3 oder der Werkstückaufnahme 8 ausgebildet sein.

Alternativ dazu ist es auch denkbar, dass die erste Führung 10, die zweite Führung 12 und die dritte Führung 14 alle oder teilweise zur rotatorisch verschwenkbaren Aufnahme des Bearbeitungskopfes 3 oder der Werkstückaufnahme 8 ausgebildet sind.

Hierbei kann vorgesehen sein, dass durch die erste Führung 10, die zweite Führung 12 und die dritte Führung 14 die Werkstückaufnahme 8 relativ zum Bearbeitungskopf 3 bewegbar ist. Die Führungen 10, 12, 14 können, wie in Fig. 1 dargestellt, als Linearführungen ausgebildet sein. Alternativ dazu ist es auch denkbar, dass alle oder einzelne der Führungen 10, 12, 14 als Rotationsführungen ausgebildet sind.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass es sich in der Fig. 1 um eine exemplarische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Werkzeugmaschine 1 handelt. Die Werkzeugmaschine 1 kann mehr oder weniger als die dargestellten NC-Achsen 16 aufweisen.

Wie aus Fig. 1 weiters ersichtlich, kann vorgesehen sein, dass die Arbeitsspindel 4 mit einem Antriebsmotor 18 gekoppelt ist.

Wie aus Fig. 1 weiters ersichtlich, kann vorgesehen sein, dass die Arbeitsspindel 4 mit einem Antriebsmotor 18 gekoppelt ist. der Antriebsmotor 18 dient zur Drehung der Arbeitsspindel 4 bzw. des Werkzeuges 6 um eine Drehachse 19.

Wie aus Fig. 1 weiters ersichtlich, kann vorgesehen sein, dass eine Recheneinheit 20 ausgebildet ist, welche zur Steuerung der Bewegungsabläufe der Werkzeugmaschine 1 dient.

Wie aus Fig. 1 weiters ersichtlich, kann vorgesehen sein, dass an der Werkzeugmaschine 1 ein Beschleunigungssensor 21 ausgebildet ist. Der Beschleunigungssensor 21 kann beispielsweise zur Erfassung von Vibrationen an der Werkzeugmaschine 1 dienen. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der Beschleunigungssensor 21 zur Erfassung von Vibrationen bzw. zur Erfassung von Bewegungen in unterschiedlichen Achsen bzw. auch zur Erfassung von Vibrationen und zur Erfassung von Bewegungen um unterschiedliche Rotationsachsen ausgebildet ist. In einer ersten Ausführungsvariante kann vorgesehen sein, dass die unterschiedlichen Beschleunigungen in einem einzelnen Beschleunigungssensor 21 erfasst werden. In einem weiteren Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, dass je Linearbewegungsachse bzw. Rotationsachse ein eigener Beschleunigungssensor ausgebildet ist. Hierbei können die einzelnen Beschleunigungssensoren zusammen ausgewertet werden.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der Beschleunigungssensor 21 am Bearbeitungskopf 3 angeordnet ist. Natürlich ist es auch denkbar, dass an der Werkzeugmaschine 1 mehrere der Beschleunigungssensoren 21 an verschiedenen Standorten verteilt ausgebildet sind.

Wie aus Fig. 1 weiters ersichtlich, kann vorgesehen sein, dass die Werkzeugmaschine 1 einen Kraftsensor 22 aufweist. Der Kraftsensor 22 kann zur Erfassung einer Axialkraft auf die Arbeitsspindel 4 dienen. Weiters ist es auch denkbar, dass der Kraftsensor 22 zur Erfassung einer Radialkraft auf die Arbeitsspindel 4 dienen kann. Insbesondere kann hierbei vorgesehen sein, dass der Kraftsensor 22 als Axialkraftsensor und als Radialkraftsensor zur Erfassung einer Radialkraft und zur Erfassung einer Axialkraft auf die Arbeitsspindel 4 dienen kann. Insbesondere

kann vorgesehen sein, dass der Kraftsensor 22 in Form von mehreren Sensoren ausgebildet ist, welche an einer ersten Lagerstelle und an einer zweiten Lagerstelle der Arbeitsspindel 4 ausgebildet sind. Durch die Verteilung der Kraftsensoren 22 auf die erste Lagerstelle und die zweite Lagerstelle der Arbeitsspindel 4 kann nicht nur eine Axialkraft auf das Werkzeug 6, sondern auch eine Radialkraft auf das Werkzeug 6 erfasst werden.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung des Werkstückes 9 und des zum Bearbeiten des Werkstückes 9 vorgesehenen Werkzeuges 6. Hierbei ist einerseits eine Soll-Außenkontur 23 des Werkstückes 9 und eine Ist-Außenkontur 24 des Werkstückes 9 dargestellt.

Weiters ist aus Fig. 2 ersichtlich, dass vorgesehen sein kann, dass das Werkzeug 6 ausgehend von der Ist-Außenkontur 24 relativ zu dieser Ist-Außenkontur 24 eine spanabtragende Bearbeitung in einer Bearbeitungstiefe 25 vornimmt. Aufgrund von Fehlpositionierungen beim Positionieren des Werkstückes 9 an der Werkstückaufnahme 8 bzw. aufgrund von Abweichungen der Ist-Außenkontur 24 des Werkstückes 9 bzw. aufgrund von Abweichungen der tatsächlichen Position einer Schneide des Werkzeuges 6 kann es vorkommen, dass der tatsächliche Eingriffspunkt bzw. Auftreffpunkt des Werkzeuges 6 an der Oberfläche des Werkstückes 9 nicht mit dem erwarteten Eingriffspunkt bzw. Auftreffpunkt des Werkzeuges 6 an der Oberfläche des Werkstückes 9 übereinstimmt. Wenn nun die Bearbeitung rein anhand der Soll-Kenngrößen, ohne einer vorherigen Vermessung des Werkstückes 9 bzw. einer vorherigen Vermessung des Werkzeuges 6 vorgenommen wird, so kann es vorkommen, dass aufgrund der verschobenen Ist-Kenngrößen die Bearbeitungstiefe 25 in Relation zur Ist-Außenkontur 24 größer oder kleiner als gewünscht ist. Um diesen Fehler auszugleichen, kann vorgesehen sein, dass das Werkzeug 6 und das Werkstück 9 aufeinander zubewegt werden, um das Werkzeug 6 mit dem Werkstück 9 in Bearbeitungseingriff zu bringen. Eine Relativbewegung des Werkzeuges 6 zum Werkstück 9 kann hierbei durch ausschließliche Bewegung des Werkzeuges 6, durch ausschließliche Bewegung des Werkstückes 9 oder auch durch eine kombinierte Bewegung des Werkzeuges 6 und des Werkstückes 9

ckes 9 erfolgen. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass bei dieser Zustellbewegung des Werkzeuges 6 und des Werkstückes 9 aufeinander zu, jene Position an der das Werkzeug 6 die Ist-Außenkontur 24 des Werkstückes 9 kontaktiert, detektiert wird. Dadurch kann unabhängig von den obig beschriebenen Abweichungen erfasst werden, wann eine Schneide des Werkzeuges 6 tatsächlich mit der Ist-Außenkontur 24 des Werkstückes 9 in Eingriff kommt. In einem anschließenden Verfahrensschritt können nun die Steuerbefehle in der Recheneinheit 20 zum Verschieben der gewünschten Bearbeitungstiefe 25 im Hinblick auf Ist-Parameter, insbesondere auf die Ist-Außenkontur 24 des Werkstückes 9 erfolgen. Dadurch kann eine angepasste Bearbeitung erfolgen, wobei die Bearbeitungstiefe 25 der Ist-Außenkontur 24 analog zur Vorgabe der Bearbeitungstiefe 25 relativ zur Soll-Außenkontur 23 eine exakte Tiefe aufweist.

Durch das genannte Verfahren ist es nicht zwingend erforderlich, dass das Werkstück 9 vor einem Start der Bearbeitung bzw. nach Aufspannung des Werkstückes 9 an der Werkstückaufnahme 8 vermessen wird. Auch eine Vermessung des Werkzeuges 6 kann entfallen. Das Verfahren bringt insbesondere dann Vorteile mit sich, wenn nur Teile der Ist-Außenkontur 24 des Werkstückes 9 bearbeitet werden sollen und eine exakte Bearbeitungstiefe 25 relativ zur nicht bearbeiteten Ist-Außenkontur 24 des Werkstückes 9 erforderlich ist.

Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellten Ausführungsvarianten derselben eingeschränkt ist, sondern vielmehr auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind und diese Variationsmöglichkeit aufgrund der Lehre zum technischen Handeln durch gegenständliche Erfindung im Können des auf diesem technischen Gebiet tätigen Fachmannes liegt.

Der Schutzbereich ist durch die Ansprüche bestimmt. Die Beschreibung und die Zeichnungen sind jedoch zur Auslegung der Ansprüche heranzuziehen. Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen

unterschiedlichen Ausführungsbeispielen können für sich eigenständige erfinderische Lösungen darstellen. Die den eigenständigen erfinderischen Lösungen zugrundeliegende Aufgabe kann der Beschreibung entnommen werden.

Sämtliche Angaben zu Wertebereichen in gegenständlicher Beschreibung sind so zu verstehen, dass diese beliebige und alle Teilbereiche daraus mitumfassen, z.B. ist die Angabe 1 bis 10 so zu verstehen, dass sämtliche Teilbereiche, ausgehend von der unteren Grenze 1 und der oberen Grenze 10 mit umfasst sind, d.h. sämtliche Teilbereiche beginnen mit einer unteren Grenze von 1 oder größer und enden bei einer oberen Grenze von 10 oder weniger, z.B. 1 bis 1,7, oder 3,2 bis 8,1, oder 5,5 bis 10.

Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus Elemente teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

## Bezugszeichenliste

|    |                              |
|----|------------------------------|
| 1  | Werkzeugmaschine             |
| 2  | Grundgestell                 |
| 3  | Bearbeitungskopf             |
| 4  | Arbeitsspindel               |
| 5  | Werkzeugaufnahme             |
| 6  | Werkzeug                     |
| 7  | Werkstücktisch               |
| 8  | Werkstückaufnahme            |
| 9  | Werkstück                    |
| 10 | erste Führung                |
| 11 | erster Antriebsmotor         |
| 12 | zweite Führung               |
| 13 | zweiter Antriebsmotor        |
| 14 | dritte Führung               |
| 15 | dritter Antriebsmotor        |
| 16 | NC-Achse                     |
| 17 | Achsverstellspindel          |
| 18 | Antriebsmotor Arbeitsspindel |
| 19 | Drehachse                    |
| 20 | Recheneinheit                |
| 21 | Beschleunigungssensor        |
| 22 | Kraftsensor                  |
| 23 | Soll-Außenkontur             |
| 24 | Ist-Außenkontur              |
| 25 | Bearbeitungstiefe            |

## P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Computerimplementiertes Verfahren zum Bearbeiten eines Werkstückes (9) an einer Werkzeugmaschine (1) mit einem in einer Arbeitsspindel (4) aufgenommenen Werkzeug (6), umfassend die Verfahrensschritte:
  - Ausführen von Steuerbefehlen einer Recheneinheit (20) zum Bewegen des Werkzeuges (6) und/oder des Werkstückes (9) und zum in Bearbeitungseingriff bringen des Werkzeuges (6) mit dem Werkstück (9), wobei die Steuerbefehle dazu konfiguriert sind, das Werkstück (9) in einer Bearbeitungstiefe (25) relativ zu einer, auf Basis eines CAD-Modelles des Werkstückes (9) vorgegebenen, Soll-Außenkontur (23) zu bearbeiten;
  - Automatisiertes Detektieren, wenn das Werkzeug (6) mit einer Ist-Außenkontur (24) des reellen Werkstückes (9) in Eingriff kommt, wobei ein Detektionskriterium abgefragt wird;
  - Automatisiertes Anpassen der Steuerbefehle in der Recheneinheit (20) zum Verschieben der auf Basis der Soll-Außenkontur (23) des Werkstückes (9) festgelegten Bearbeitungstiefe (25) im Hinblick auf die detektierte Ist-Außenkontur (24) des Werkstückes (9).
  
2. Computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Abfragen des Detektionskriteriums dadurch erfolgt, dass
  - eine Drehzahl der Arbeitsspindel (4) detektiert wird und bei Verringerung der Drehzahl der Arbeitsspindel (4) um einen Schwellwert ein Kontakt des Werkzeuges (6) mit der Ist-Außenkontur (24) des Werkstückes (9) angenommen wird, oder
  - dass mittels eines Beschleunigungssensors (21) Schwingungen in der Werkzeugmaschine (1) erfasst werden und bei Überschreitung der Schwingungen um einen Schwellwert ein Kontakt des Werkzeuges (6) mit der Ist-Außenkontur (24) des Werkstückes (9) angenommen wird, oder
  - dass mittels eines Kraftsensors (22) eine Krafteinwirkung auf das Werkzeug (6) erfasst wird und bei Überschreitung der Kraft um einen Schwellwert ein Kontakt des Werkzeuges (6) mit der Ist-Außenkontur (24) des Werkstückes (9) angenommen wird, oder

- dass durch Messung des Motorstromes eines Antriebsmotors (18) der Arbeits-  
spindel (4) oder eines Antriebsmotors (11, 13, 15) einer Achsverstellspindel (17)  
eine Krafteinwirkung auf das Werkzeug (6) erfasst wird und bei Überschreitung  
des Motorstromes um einen Schwellwert ein Kontakt des Werkzeuges (6) mit der  
Ist-Außenkontur (24) des Werkstückes (9) angenommen wird.

3. Computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 2, dadurch ge-  
kennzeichnet, dass der Schwellwert beim Erstellen der Steuerbefehle der Rechen-  
einheit (20) festgelegt wird.

4. Computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch  
gekennzeichnet, dass der Schwellwert unter Berücksichtigung des in der Bearbei-  
tung verwendeten Werkzeuges (6) und einer Bearbeitungslage des Werkzeuges  
(6) festgelegt wird.

5. Computerimplementiertes Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet, dass mittels eines Trainingsdatensatzes, insbesondere  
unter Zuhilfenahme eines neuronalen Netzes, der Schwellwert zum Erreichen des  
Detektionskriteriums für unterschiedliche Werkzeuge (6) und unterschiedliche Be-  
arbeitungslagen des Werkzeuges (6) festgelegt wird.

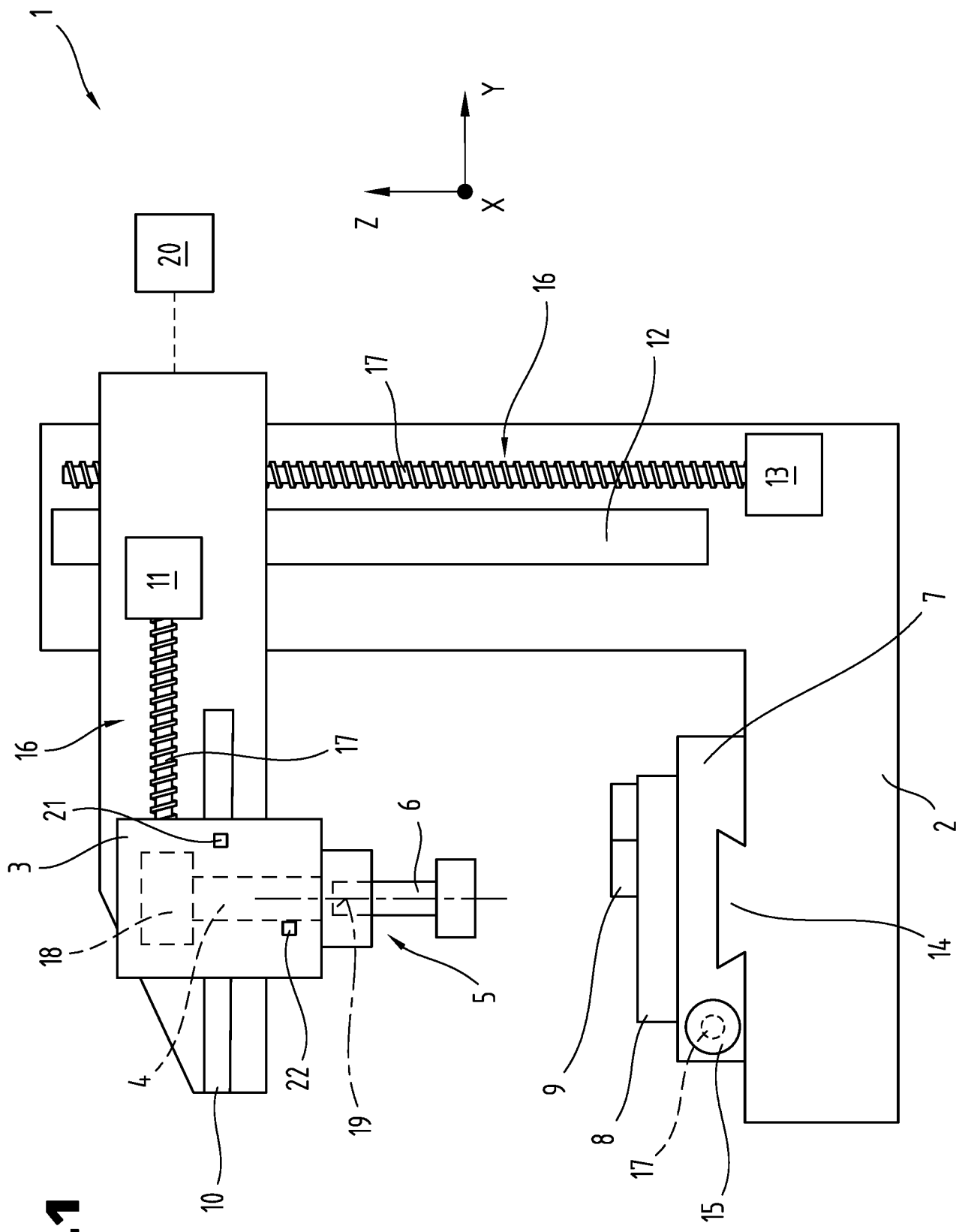
6. Computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 5, dadurch ge-  
kennzeichnet, dass die unterschiedlichen mittels des Trainingsdatensatzes ermit-  
telten Schwellwerte in eine Auswahltablelle gespeichert werden.

7. Computerimplementiertes Verfahren nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum automatisierten Detektieren, wenn  
das Werkzeug (6) mit einer Ist-Außenkontur (24) des Werkstückes (9) in Eingriff  
kommt, eine inkrementelle Zustellung des Werkzeuges (6) und/oder des Werkstü-  
ckes (9) erfolgt, wobei nach Zustellung eines jeden Inkrementes das Detektionskri-  
terium abgefragt wird.

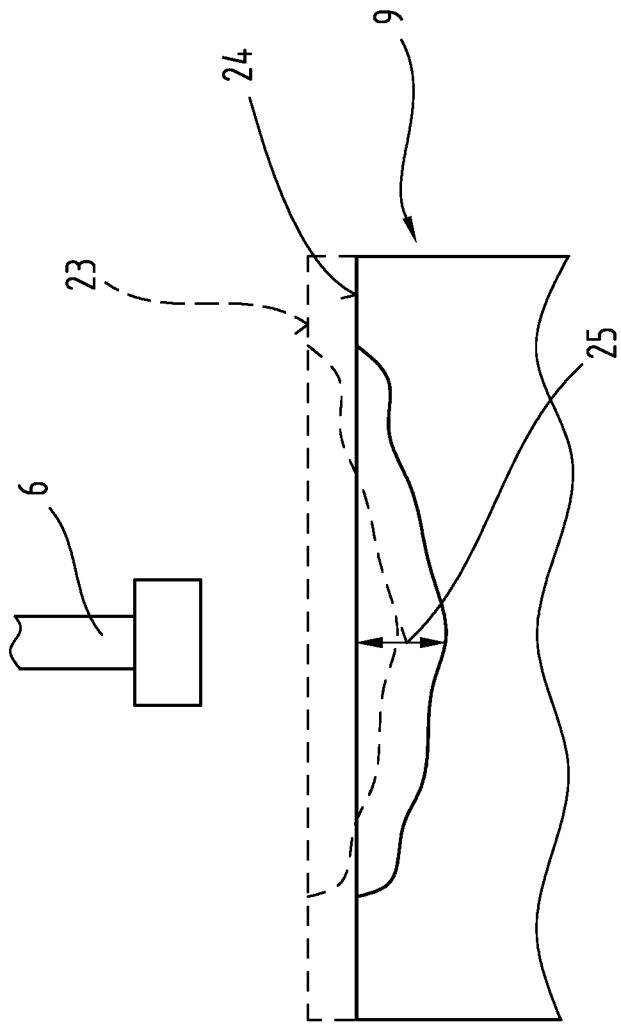
8. Computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine Zustellung eines folgenden Inkrementes erst dann erfolgt, wenn die Abfrage des Detektionskriteriums des vorhergehenden Inkrementes abgeschlossen ist.
9. Computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein Zustellmaß eines Inkrements in Abhängigkeit von der notwendigen Fertigungstoleranz des Werkstückes (9) gewählt wird.
10. Computerimplementiertes Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Abweichung zwischen Soll-Außenkontur (23) des Werkstückes (9) und Ist-Außenkontur (24) des Werkstückes (9) dokumentiert und gespeichert wird.
11. Computerimplementiertes Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass zum Abfragen des Detektionskriteriums anhand der Drehzahl der Arbeitsspindel (4) oder anhand der Messung des Motorstromes des Antriebsmotors der Arbeitsspindel (4), der Motorstrom des Antriebsmotors der Arbeitsspindel (4) so gewählt wird, dass die eingestellte Drehzahl der Arbeitsspindel (4) gerade gehalten werden kann.
12. Computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Feststellen des Detektionskriteriums, der Motorstrom des Antriebsmotors der Arbeitsspindel (4) erhöht wird, sodass während dem Bearbeitungseingriff des Werkzeuges (6) eine vorgegebene Drehzahl der Arbeitsspindel (4) gehalten werden kann.
13. Computerimplementiertes Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei Annäherung des Werkzeuges (6) um einen Toleranzzuschlag an die Soll-Außenkontur (23) des Werkstückes (9) die Zustellgeschwindigkeit reduziert wird.

14. Werkzeugmaschine (1) mit Mitteln, die geeignet sind, die Schritte des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13 auszuführen und Werkstücke (9) zu bearbeiten.
15. Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, die bewirken, dass die Werkzeugmaschine (1) des Anspruchs 14 die Verfahrensschritte nach einem der Ansprüche 1 bis 13 ausführt.
16. Computerlesbares Medium, auf dem das Computerprogrammprodukt nach Anspruch 15 gespeichert ist.

**Fig.1**



**Fig.2**



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:  
**B23Q 17/22** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:  
**B23Q 17/2241** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):  
B23Q

Konsultierte Online-Datenbank:  
EpoDoc

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 18.05.2022 eingereichten Ansprüchen 1 - 16 erstellt.

| Kategorie <sup>*)</sup> | Bezeichnung der Veröffentlichung:<br>Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder),<br>Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich | Betreffend<br>Anspruch |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| X                       | DE 19747798 A1 (BOSCH) 12. Mai 1999 (12.05.1999)<br>Anspruch 1 - 7; Figuren                                                                                            | 1                      |
| A                       |                                                                                                                                                                        | 2-16                   |
| A                       | EP 1197819 B1 (FUJI BELLOWS) 24. September 2008 (24.09.2008)<br>Anspruch 1                                                                                             | 1-16                   |
| A                       | DE 3621049 A1 (GEN ELECTRIC) 02. Januar 1987 (02.01.1987)<br>Ansprüche 1 - 10                                                                                          | 1-16                   |

Datum der Beendigung der Recherche:  
01.06.2023

Seite 1 von 1

Prüfer(in):  
LOSENICKY Gerhard

<sup>\*)</sup> Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

## P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Computerimplementiertes Verfahren zum Bearbeiten eines Werkstückes (9) an einer Werkzeugmaschine (1) mit einem in einer Arbeitsspindel (4) aufgenommenen Werkzeug (6), umfassend die Verfahrensschritte:
- Ausführen von Steuerbefehlen einer Recheneinheit (20) zum Bewegen des Werkzeuges (6) und/oder des Werkstückes (9) und zum in Bearbeitungseingriff bringen des Werkzeuges (6) mit dem Werkstück (9), wobei die Steuerbefehle dazu konfiguriert sind, das Werkstück (9) in einer Bearbeitungstiefe (25) relativ zu einer, auf Basis eines CAD-Modelles des Werkstückes (9) vorgegebenen, Soll-Außenkontur (23) zu bearbeiten;
  - Automatisiertes Detektieren, wenn das Werkzeug (6) mit einer Ist-Außenkontur (24) des reellen Werkstückes (9) in Eingriff kommt, wobei ein Detektionskriterium abgefragt wird;
  - Automatisiertes Anpassen der Steuerbefehle in der Recheneinheit (20) zum Verschieben der auf Basis der Soll-Außenkontur (23) des Werkstückes (9) festgelegten Bearbeitungstiefe (25) im Hinblick auf die detektierte Ist-Außenkontur (24) des Werkstückes (9), dadurch gekennzeichnet, dass das Abfragen des Detektionskriteriums dadurch erfolgt, dass
    - eine Drehzahl der Arbeitsspindel (4) detektiert wird und bei Verringerung der Drehzahl der Arbeitsspindel (4) um einen Schwellwert ein Kontakt des Werkzeuges (6) mit der Ist-Außenkontur (24) des Werkstückes (9) angenommen wird, oder
    - dass mittels eines Beschleunigungssensors (21) Schwingungen in der Werkzeugmaschine (1) erfasst werden und bei Überschreitung der Schwingungen um einen Schwellwert ein Kontakt des Werkzeuges (6) mit der Ist-Außenkontur (24) des Werkstückes (9) angenommen wird, oder
    - dass mittels eines Kraftsensors (22) eine Krafteinwirkung auf das Werkzeug (6) erfasst wird und bei Überschreitung der Kraft um einen Schwellwert ein Kontakt des Werkzeuges (6) mit der Ist-Außenkontur (24) des Werkstückes (9) angenommen wird, oder
    - dass durch Messung des Motorstromes eines Antriebsmotors (18) der Arbeitsspindel (4) oder eines Antriebsmotors (11, 13, 15) einer Achsverstellspindel (17)

eine Krafteinwirkung auf das Werkzeug (6) erfasst wird und bei Überschreitung des Motorstromes um einen Schwellwert ein Kontakt des Werkzeuges (6) mit der Ist-Außenkontur (24) des Werkstückes (9) angenommen wird.

2. Computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwellwert beim Erstellen der Steuerbefehle der Recheneinheit (20) festgelegt wird.
3. Computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwellwert unter Berücksichtigung des in der Bearbeitung verwendeten Werkzeuges (6) und einer Bearbeitungslage des Werkzeuges (6) festgelegt wird.
4. Computerimplementiertes Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass mittels eines Trainingsdatensatzes, insbesondere unter Zuhilfenahme eines neuronalen Netzes, der Schwellwert zum Erreichen des Detektionskriteriums für unterschiedliche Werkzeuge (6) und unterschiedliche Bearbeitungslagen des Werkzeuges (6) festgelegt wird.
5. Computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die unterschiedlichen mittels des Trainingsdatensatzes ermittelten Schwellwerte in eine Auswahltablelle gespeichert werden.
6. Computerimplementiertes Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zum automatisierten Detektieren, wenn das Werkzeug (6) mit einer Ist-Außenkontur (24) des Werkstückes (9) in Eingriff kommt, eine inkrementelle Zustellung des Werkzeuges (6) und/oder des Werkstückes (9) erfolgt, wobei nach Zustellung eines jeden Inkrementes das Detektionskriterium abgefragt wird.

7. Computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine Zustellung eines folgenden Inkrementes erst dann erfolgt, wenn die Abfrage des Detektionskriteriums des vorhergehenden Inkrementes abgeschlossen ist.
8. Computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein Zustellmaß eines Inkrements in Abhängigkeit von der notwendigen Fertigungstoleranz des Werkstückes (9) gewählt wird.
9. Computerimplementiertes Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Abweichung zwischen Soll-Außenkontur (23) des Werkstückes (9) und Ist-Außenkontur (24) des Werkstückes (9) dokumentiert und gespeichert wird.
10. Computerimplementiertes Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass zum Abfragen des Detektionskriteriums anhand der Drehzahl der Arbeitsspindel (4) oder anhand der Messung des Motorstromes des Antriebsmotors der Arbeitsspindel (4), der Motorstrom des Antriebsmotors der Arbeitsspindel (4) so gewählt wird, dass die eingestellte Drehzahl der Arbeitsspindel (4) gerade gehalten werden kann.
11. Computerimplementiertes Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Feststellen des Detektionskriteriums, der Motorstrom des Antriebsmotors der Arbeitsspindel (4) erhöht wird, sodass während dem Bearbeitungseingriff des Werkzeuges (6) eine vorgegebene Drehzahl der Arbeitsspindel (4) gehalten werden kann.
12. Computerimplementiertes Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei Annäherung des Werkzeuges (6) um einen Toleranzzuschlag an die Soll-Außenkontur (23) des Werkstückes (9) die Zustellgeschwindigkeit reduziert wird.

13. Werkzeugmaschine (1) mit Mitteln, die geeignet sind, die Schritte des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12 auszuführen und Werkstücke (9) zu bearbeiten.
14. Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, die bewirken, dass die Werkzeugmaschine (1) des Anspruchs 13 die Verfahrensschritte nach einem der Ansprüche 1 bis 12 ausführt.
15. Computerlesbares Medium, auf dem das Computerprogrammprodukt nach Anspruch 14 gespeichert ist.