

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
7. Dezember 2006 (07.12.2006)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2006/128401 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G05B 19/4069 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2005/001662

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. September 2005 (21.09.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2005 025 338.5 31. Mai 2005 (31.05.2005) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KOCH, David [DE/DE]; Glockenhofstr. 48, 90478 Nürnberg (DE). KREIDLER, Volker [DE/DE]; Schloss Lindich 1, 72379 Hechingen (DE). MUTSCHELLER, Wolfgang [DE/DE]; Hohenzollernstr. 17, 70178 Stuttgart (DE).

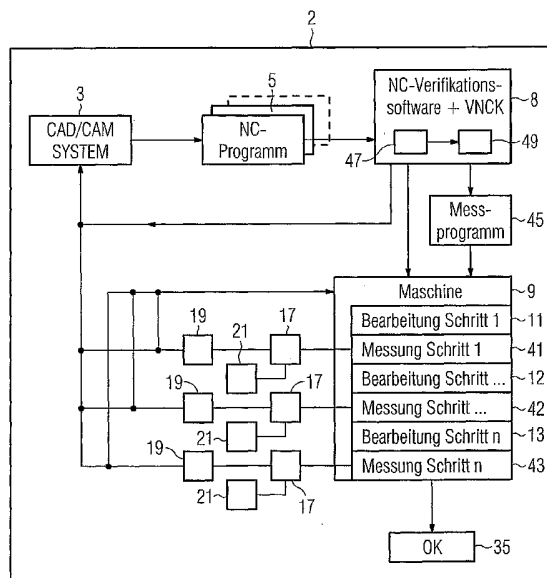
(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR OPERATING AN INDUSTRIAL MACHINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER INDUSTRIELLEN MASCHINE



- 3 ... CAD/CAM SYSTEM
- 5 ... NC PROGRAMME
- 8 ... NC VERIFICATION SOFTWARE + VNCK
- 45 ... MEASURING PROGRAMME
- 9 ... MACHINE
- 11 ... PROCESSING STEP 1
- 41 ... MEASURING STEP 1
- 12 ... PROCESSING STEP ...
- 42 ... MEASURING STEP ...
- 13 ... PROCESSING STEP N
- 43 ... MEASURING STEP N

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating an industrial machine (54), the latter being e.g. a processing machine, a production machine or a manipulation robot. At least part of the operation of said industrial machine (54) is simulated with the aid of a simulation model (50) and the simulated results and real-time data from the operation of the industrial machine (50) are stored. The simulation can be carried out in the industrial machine (54) and if this is the case a parametric representation of the simulation model can be at least partly produced using a unit (50) for this purpose. To produce said parametric representation, a data-systems connection can be created between the industrial machine (54) and the unit (50), by means of an Intranet and/or an Internet connection (52). In addition, the simulation can be carried out in an external simulation unit (50), the latter (50) having a data-systems connection to the industrial machine (54) by means of an Intranet and/or an Internet connection (52).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer industriellen Maschine (54), wobei die industrielle Maschine (54) z.B. eine Bearbeitungsmaschine, eine Produktionsmaschine oder ein Handhabungsautomat ist. Zumindest ein Teil des Betriebes der industriellen Maschine (54) wird mittels eines Simulationsmodells (50) simuliert, wobei Simulationsergebnisse und reale Daten aus dem Betrieb der industriellen Maschine (50) gespeichert werden. Die Simulation kann auf der industriellen Maschine (54) selbst durchgeführt werden, wobei zumindest teilweise eine Parametrierung des Simulationsmodells mittels einer Einrichtung (50) zur Parametrierung des Simulationsmodells durchführbar ist, wobei zwischen der industriellen Maschine (54) und der Einrichtung (50) zur Parametrierung des

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2006/128401 A1

Simulationsmodells



MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Beschreibung

Verfahren zum Betrieb einer industriellen Maschine

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer industriellen Maschine. Die industrielle Maschine ist beispielsweise eine Bearbeitungsmaschine, eine Produktionsmaschine oder ein Handhabungsautomat. Unter einer Bearbeitungsmaschine wird beispielsweise eine Werkzeugmaschine verstan-
- 10 den, welche beispielsweise zur Durchführung eines Drehvorganges, eines Fräsvorganges oder auch eines Schleifvorganges dient. Eine Produktionsmaschine ist beispielsweise eine Kunststoffgussgießmaschine, eine Schlauchbeutelmaschine oder auch eine Druckmaschine. Daneben kann unter einer Produkti-
- 15 onsmaschine auch ein Hebezeug verstanden werden, welches beispielsweise als Kran zum Transport eines Gutes vorgesehen ist. Ein typisches Beispiel für einen Handhabungsautomaten ist ein Roboter.
- 20 Der Betrieb einer derartigen industriellen Maschine ist simulierbar. Betrifft die industrielle Maschine eine Bearbeitungsmaschine zur Bearbeitung eines Werkstücks, so werden beim Entwurf eines Werkstücks vorteilhafterweise neben technologischen und geometrischen auch qualitative Parameter
- 25 festgelegt. Die Erfassung und der Nachweis der Einhaltung der qualitativen Parameter können während oder nach der Fertigung durchgeführt werden. Umfang und Zeitpunkt dieser Überwachung können sich beispielsweise nach technologischen oder wirtschaftlichen Erfordernissen errichten. In der Regel ist es
- 30 jedoch vorteilhaft, eine Abweichung von Istgrößen in Bezug auf Sollgrößen frühzeitig festzustellen, so dass insbesondere höhere Folgekosten wie eine Nachbearbeitung oder ein Totalverlust des Werkstückes vermieden werden können. Zur Überwachung technologischer, geometrischer oder auch qualitativer
- 35 Parameter wird üblicherweise mit einem Qualitätssicherungsprozess gearbeitet. Dieser Prozess begleitet z.B. die Definition, die Konstruktion und die Fertigung eines Werkstücks. So kann beispielsweise eine Spezifikation erstellt werden, wel-

che festlegt, welche Parameter (technologische, geometrische, ...) für die Qualität eines Werkstücks relevant sind und in welcher Art und Weise diese Parameter zur überwachen und zu dokumentieren sind. Je mehr Parameter überwacht werden müssen, desto mehr Aufwand ist notwendig.

Zur Sicherung der Einhaltung obig genannter Parameter werden in der Regel Messungen zu bestimmten Zeitpunkten während oder nach einem Produktionsprozess durchgeführt. Eine derartige Messung betrifft beispielsweise auch die Oberflächengüte oder einen Toleranzwert eines geometrischen Maßes. Oftmals erfolgt die Qualitätssicherung mithin in nachgelagerten Prozessschritten auf eigens hierfür zur Verfügung gestellten Maschinen mit entsprechend hohem Aufwand und Kosten. Eine übliche Vorgehensweise besteht darin, dass Prozessdaten einer Fertigung eines Werkstückes aufgenommen werden und dessen Qualität durch Messungen nachgewiesen wird. Während der Bearbeitung weiterer gleicher Teile (Werkstücke) können die dann gemessenen Prozessdaten kontinuierlich mit den Daten des Gutteils verglichen werden. So ist es möglich frühzeitig Abweichungen von Sollgrößen festzustellen. Diese Vorgehensweise ist jedoch umständlich und sehr zeitintensiv.

Der Betrieb der industriellen Maschine betrifft insbesondere auch eine Bearbeitung eines Werkstückes auf einer numerisch gesteuerten Bearbeitungsmaschine. Dabei wird auch unter einer Computer numerisch gesteuerten Bearbeitungsmaschine (CNC-Maschine) eine numerisch gesteuerte Bearbeitungsmaschine verstanden, wobei die Bearbeitungsmaschine eine Werkzeugmaschine sein kann. Zur Bearbeitung des Werkstückes können zwei oder mehrere Bearbeitungsschritte vorgesehen sein. Ein Verfahren zur Bearbeitung eines Werkstücks schließt somit auch ein Simulationsverfahren für eine dreidimensionale Bearbeitung durch eine CNC-gesteuerte Bearbeitungsmaschine, insbesondere eine Fräsmaschine und einen hierfür notwendigen beschreibenden Datensatz ein.

Bei numerisch gesteuerten Bearbeitungsmaschinen, wie insbesondere CNC-gesteuerten Bearbeitungsmaschinen, wird ein Werkstück entweder von einem Programmierer direkt codiert oder das Werkstück wird mittels eines CAD-Systems modelliert und dann in ein äquivalentes CNC-Teileprogramm umgewandelt. Das CNC-Teileprogramm bzw. das CAD-Modell entsprechen dabei idealisierten Bearbeitungsanweisungen für die Bearbeitungsmaschine. Das CNC-Programm wird in eine CNC-Steuerung geladen und die Bearbeitungsmaschine entsprechend dem CNC-Programm gesteuert. Wenn das so gefertigte Werkstück innerhalb der gewünschten Fertigungstoleranzen eines idealen Werkstücks liegt, stellen sich bei dieser Vorgehensweise keine Probleme. Entspricht das gefertigte Werkstück hingegen nicht den Anforderungen, stellt sich die Frage, aufgrund welcher Variationen ein ordnungsgemäßes Werkstück fertigbar ist.

Um Fehler zu korrigieren ist es zwar möglich, nacheinander einzelne Bearbeitungsanweisungen und/oder einzelne Betriebsparameter der Bearbeitungsmaschine zu ändern, ein neues Werkstück zu fertigen und dann dieses erneut gefertigte Werkstück zu überprüfen, jedoch ist diese Vorgehensweise sehr mühsam und darüber hinaus kosten-, material- und zeitintensiv. Dies gilt ganz besonders auch deshalb, weil oftmals nicht bekannt ist, wo die Ursache für die Abweichungen des tatsächlich gefertigten Werkstücks vom gewünschten Werkstück zu suchen ist.

Bei der Fertigung insbesondere komplexer Teile, insbesondere bei Teilen mit hohem Zerspanungsvolumen, wie diese zum Beispiel im Flugzeugbau oder auch im Turbinenbau für Kraftwerke vorkommen, sind mehrere Prozessschritte mit unterschiedlichen Werkzeugen erforderlich. Da für die einzelnen Teilprozesse zur Herstellung eines Teiles, wobei das Teil ein Werkstück ist, kein CAD-Modell existiert, kann heute die Qualität der Teilprozesse nicht direkt gemessen werden. Lediglich das Ergebnis des Gesamtprozesses kann auf einer Messmaschine oder auch auf der Fertigungsmaschine gemessen werden. Dies bedeutet, dass auch Fehler, die bereits im ersten Prozessschritt aufgetreten sind immer erst nach der Fertigstellung des ge-

santen Teiles, z.B. einer Turbinenschaufel, entdeckt werden können. Diese Vorgehensweise kann beispielsweise zu folgenden Problemen führen:

- 5 - Teile/Werkstücke werden immer fertig produziert, auch dann wenn bereits kurz nach dem Beginn der Fertigung ein irreparabler Schaden am Teil entstanden ist, der nicht erkannt wurde. Dadurch wird wertvolle Maschinenzeit verschenkt;
- Die bislang übliche Vermessung der Teile auf einer Messma-
- 10 schine ist sehr kostenintensiv, da zum einen die Messmaschinen für große Teile sehr teuer sind, zum anderen die Aufspannung der zum Teil sehr großen Werkstücke auf die Messmaschine äußerst aufwändig ist;
- Fehler in der Produktion werden oft erst Wochen nach der
- 15 Teilefertigung erkannt, mit der Folge, dass in dieser Zeit u.U. eine ganze Teileserie fehlerhaft gefertigt wurde;
- Fehler die auf bislang bekannte Weise erkannt wurden, lassen sich in den seltensten Fällen eindeutig einem Teilprozess zuordnen, so dass die Fehlerkorrektur wiederum sehr
- 20 aufwändig wird, weil alle Teilprozesse untersucht werden müssen.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Möglichkeit zu schaffen, auf erheblich schnellere, einfachere

25 und/oder kostengünstigere Weise als im Stand der Technik Fehler bei einer insbesondere schrittweise erfolgenden Bearbeitung eines Werkstücks zu erkennen. Dies ist insbesondere bei geringen Losgrößen wie z.B. 1 von Vorteil.

30 Die Aufgabe wird durch ein Verfahren gelöst, welches die Merkmale nach Anspruch 1 aufweist. Die abhängigen Ansprüche 2 bis 13 bilden weitere erfinderische Verfahren aus. Der Anspruch 14 betrifft ein System zur Durchführung eines der erfindungsgemäßen Verfahren.

35

Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betrieb einer industriellen Maschine wird zumindest ein Teil des Betrieb der industriellen Maschine mittels eines Simulationsmodells simu-

liert, wobei Simulationsergebnisse und reale Daten aus dem Betrieb der industriellen Maschine gespeichert werden. Die industrielle Maschine ist beispielsweise eine Bearbeitungsmaschine, eine Produktionsmaschine oder ein Handhabungsautomat. Gemäß des Verfahrens ist es möglich, dass bei einer Überwachung einer Bearbeitungsqualität der Bearbeitungsmaschine während der Bearbeitung gemessene Prozessgrößen mit aus einem Simulationsmodell berechneten Prozessgrößen verglichen werden können. Ein System zur Durchführung des Verfahrens weist beispielsweise einen Rechner auf, er mit der Steuerung und/oder Regelung der Bearbeitungsmaschine beispielsweise über eine datentechnische Verbindung unter Zuhilfenahme eines Intranet bzw. eines Internets zum Zwecke des Informationsaustausches verbunden ist. Auf dem Rechner, welcher eine Simulationseinrichtung darstellt, befindet sich ein Simulationsmodell für die industrielle Maschine. Ein derartiges Modell weist insbesondere verschiedene Modelle für Teilkomponenten der industriellen Maschine auf. Modelle für Teilkomponenten der industriellen Maschine betreffen beispielsweise eine Steuerungs- bzw. Regelungssimulation, eine Simulation der Kinematik, eine Simulation der Bearbeitungsschritte (dies betrifft z.B. ein Teileprogramm) oder dergleichen.

In einer Ausgestaltung weist der Rechner zur Simulation eine Verbindung zu einer realen Werkzeugmaschine zum Vergleich der realen aufgezeichneten Prozessgrößen mit berechneten Prozessgrößen aus dem Simulationsmodell auf. Der Vergleich wird entweder zeitgleich zur Bearbeitung oder zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt und erfolgt auf dem Rechner und/oder auf der Steuerungs- bzw. Regelungseinrichtung der Werkzeugmaschine. Wenn der Vergleich auf der Werkzeugmaschine erfolgt, werden die Simulationsergebnisse vom Rechner auf die Steuerung und/oder Regelung der Werkzeugmaschine übertragen. Wenn der Vergleich auf dem Rechner folgt, wobei dieser Vergleich insbesondere nachgelagert zu einer Fertigung erfolgt, werden die Prozessinformationen von der Werkzeugmaschine zum Rechner übertragen. Die Ermittlung der Simulationsergebnisse erfolgt insbesondere unter Verwendung einer Steuerungssimulation,

d.h. eines Modells für die Steuerung auf dem Rechner. Die Konfiguration der Steuerungssimulation erfolgt vorteilhaft über eine Verbindung zur Werkzeugmaschine unter Verwendung eines Datentransfers über das Intranet bzw. des Internet. Zur Konfiguration der Simulation werden Maschinendaten der Steuerung verwendet. Ein durchgeführter Vergleich von Daten beruht beispielsweise auf gemessenen und simulierten Werten für eine Position oder eine Orientierung eines Werkzeugs, eine Achsposition eine Drehzahl, eine Geschwindigkeit oder durch den Vergleich von auftretenden Kräften.

Das Verfahren ist folglich derart ausbildbar, dass die Simulation auf der industriellen Maschine durchgeführt wird, wobei zumindest teilweise eine Parametrierung des Simulationsmodells mittels einer Einrichtung zur Parametrierung des Simulationsmodells durchführbar ist, wobei zwischen der industriellen Maschine und der Einrichtung zur Parametrierung des Simulationsmodells eine datentechnische Verbindung mittels einer Internet- und/oder Intranetverbindung herstellbar ist.

In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens ist die Simulation auf einer externen Simulationseinrichtung durchführbar, wobei die externe Simulationseinrichtung mit der industriellen Maschine mittels einer Intranet- und/oder einer Internetverbindung datentechnisch verbindbar bzw. verbunden ist.

Bei bislang verwendeten Verfahren zur Qualitätssicherung wurden Prozesswerte einer Fertigung eines Produktionsgutes mit den Werten eines Gutteils verglichen. Das Gutteil ist ein Teil, welches gemäß den Vorgaben richtig gefertigt wurde und keine Fehler aufweist. Diese Vorgehensweise des Vergleiches setzt voraus, dass bereits ein Gutteil vorhanden ist. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann bereits die Entstehung des ersten Gutteils überwacht werden. Dies ist besonders wichtig bei Losgrößen 1 für die bislang eine derartige Qualitätssicherung nicht möglich war. Die erfindungsgemäße Durchführung einer Simulation ermöglicht im Vorfeld der Fertigung Sollda-

ten mit hoher Prozeßion zu erzeugen, die unmittelbar der Qualitätssicherung dienen, wobei dies parallel zur Produktion erfolgt.

5 Die datentechnische Verbindung einer industriellen Maschine mit einem externen Rechner über ein Netzwerk, wie dies ein Intranet bzw. ein Internet darstellt, macht es möglich, Ergebnisse direkt aus der Arbeitsvorbereitung zum Zwecke der Qualitätssicherung in der Fertigung einzusetzen und Daten der
10 Fertigung wie insbesondere Traces in der Arbeitsvorbereitung zur Dokumentation der Produktion zu verwenden.

Ein erfindungsgemäßes System bzw. die Durchführung dies erfindungsgemäßen Verfahrens ermöglicht es auch, eine kontinuierliche gesicherte und dokumentierbare Überwachung von Bearbeitungsprozessen gemäß eines festgelegten Qualitätssicherungsmanagementsprozesses durchzuführen. Weiterhin ergibt sich aus der Erfindung die Möglichkeit, dass beispielsweise
15 Werkstückhersteller die Überwachung der Qualität beispielsweise durch externe Einrichtungen durchführen zu lassen. Diese externen Einrichtungen weisen dabei z.B. einen Server auf, welcher eine Datenverbindung zum Internet hat. Der Server ist zur Durchführung der Simulation und/oder zumindest zur Übermittlung von Simulationsergebnissen vorgesehen.
20

25 Ein weiteres vorteilhaftes Verfahren betrifft die Bearbeitung eines Werkstückes auf einer numerisch gesteuerten Bearbeitungsmaschine, wobei zur Bearbeitung des Werkstückes zwei oder mehreren Bearbeitungsschritte benötigt werden und demzufolge auch vorgesehen sind. Zur Steuerung und/oder Regelung der numerisch gesteuerten Bearbeitungsmaschine ist ein Bearbeitungsdatensatz vorgesehen, welcher in einer Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung der numerisch gesteuerten Bearbeitungsmaschine zusammen mit einem Programm zum Betrieb der
30 Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung ablauffähig ist. Der Bearbeitungsdatensatz ist beispielsweise zumindest ein Teileprogramm. Die Bearbeitungsmaschine ist insbesondere eine Werkzeugmaschine oder auch eine Produktionsmaschine bzw. ein
35

Handhabungsautomat. Eine Werkzeugmaschine kann beispielsweise für folgende Bearbeitungen vorgesehen sein: Bohren, Fräsen, Schleifen, Drehen, usw. Die Bearbeitungsmaschine weist eine Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung wie z.B. eine NC-
5 Steuerung oder auch eine CNC-Steuerung auf, wobei derartige Steuerungen entweder in die Bearbeitungsmaschine integriert sind oder auch diesen funktionell zugeordnet sind. Zum Betrieb der Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung ist ein Betriebssystem notwendig, welches auch NC-Kern (NCK) genannt
10 wird. Dieser NC-Kern stellt eine Runtime-Software dar. Gemäß des erfindungsgemäßen Verfahrens werden Simulationsdaten erzeugt. Diese Simulationsdaten werden aus dem Bearbeitungsdatensatz zusammen mit dem Programm (NCK) zum Betrieb der Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung in einem Simulations-
15 schritt erzeugt. Die Simulation kann in einem oder auch in mehreren Schritten erfolgen. Die Simulationsdaten sind insbesondere die Daten, welche durch die Bearbeitung des Teileprogramms durch den NCK entstehen. Zur Berechnung dieser Simulationsdaten, kann entweder der reale NC-Kern auf der Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung verwendet werden, oder
20 auch ein simulierter NC-Kern. Den simulierten NC-Kern kann man auch als virtuellen NC-Kern VNCK bezeichnen, wobei dieser beispielsweise auf einem Rechner abläuft, welcher nicht zur Steuerung und/oder Regelung der Bearbeitungsmaschine vorgesehen ist. Der Rechner ist beispielsweise über das Internet und
25 oder das Intranet mit der Bearbeitungsmaschine datentechnisch verbunden. In einer fortentwickelten Ausführungsform ist der VNCK in der Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung integriert. Weiterhin werden gemäß des erfindungsgemäßen Verfahrens nach der Erzeugung der Simulationsdaten diese einer Materialabtragssimulation übergeben, wobei aus den Simulationsdaten simulierte Materialabtragsdaten erzeugt werden. Aus den
30 simulierten Materialabtragsdaten können dann mittels einer Berechnung aus den ursprünglichen Geometriedaten des Werkstücks und eben den Materialabtragsdaten die Geometriedaten des Werkstücks nach einem bestimmten und/oder nach einem beliebigen Bearbeitungsschritt berechnet werden. Die Geometriedaten nach einem x'ten Bearbeitungsschritt werden dann vor-

teilhafter Weise mit real gemessenen Geometriedaten nach dem
x'ten Bearbeitungsschritt verglichen. Stimmen die gemessenen
Geometriedaten mit den berechneten - simulierten - Geometrie-
daten überein, so kann der nächste Bearbeitungsschritt durch-
geführt werden. Stimmen die gemessenen Geometriedaten mit den
5 berechneten - simulierten - Geometriedaten nicht überein, so
kann die Abweichung der Geometriedaten berechnet werden. Auf-
grund der Abweichung kann automatisiert ermittelt werden, ob
das zu bearbeitende Werkstück mittels einer Nachbearbeitung
10 weiter verwendet werden kann, oder ob das zu bearbeitende
Werkstück einer weiteren Bearbeitung entzogen werden muss.
Vorteilhafter Weise erfolgt unter zu Hilfenahme der abwei-
chenden Geometriedaten entweder automatisiert die Abänderung
eines Bearbeitungssatzes für einen nachfolgenden Bearbei-
15 tungsschritt oder auch die Neuberechnung des Bearbeitungssat-
zes für einen neu einzufügenden Bearbeitungsschritt.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine Simulation ei-
ner Bearbeitung eines Werkstückes verwendet. Dabei wird der
20 die Bearbeitung auf der Bearbeitungsmaschine beschreibende
Datensatz - der Bearbeitungsdatensatz - verwendet. Folglich
kann eine Sollbearbeitung durch idealisierte Bearbeitungsan-
weisungen für die Bearbeitungsmaschine aufgrund eines be-
schreibenden Ausgangsdatensatz bestimmt werden. Der Ausgangs-
25 datensatz ist dabei der Beschreibungsdatensatz.

Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens können wesentliche
Nachteile des bislang bekannten Verfahrens zur Bearbeitung
eines Werkstückes in mehreren Bearbeitungsschritten auf einer
30 numerisch gesteuerten Bearbeitungsmaschine überwunden werden.

Bislang wurde zur Simulation eine NC-Verifikationssoftware
verwendet, welche das Programm zum Betrieb der Bearbeitungs-
maschine nur unzureichend nachgebildet hat. Zur Erzeugung der
35 Simulationsdaten wird nunmehr erfindungsgemäß die Software
des NC-Kerns selbst verwendet. Hierbei kann allerdings auch
ein virtueller NC-Kern VNCK, also ein nicht auf der Bearbei-
tungsmaschine selbst ablaufender NC-Kern verwendet werden. Da

der VNCK das Steuerungsverhalten exakt wiedergibt, können auch kleinere geometrische Abweichungen, die durch Steuerungsfunktionen wie z.B. einem Kompressor, einer Eckenverrundung oder einer Werkzeugkorrektur erzeugt werden, bereits in
5 der Simulation erkannt werden. Dadurch, dass derartige Steuerungsfunktionen, welche im NC-Kern vorliegen bei der Erzeugung der Simulationsdaten mit berücksichtigt werden, erhöht sich deren Genauigkeit wesentlich. Mit diesen Daten und mit Hilfe der nachfolgenden Materialabtragssimulation können die
10 Geometriedaten von Zwischenschritten in der Bearbeitung eines Werkstückes sehr genau berechnet werden. Somit ist stets eine genau Kontrolle der Exaktheit des Bearbeitungsfortschritts gewährleistet, da Messdaten mit Simulationsdaten verglichen werden können.

15

Vorteilhaft ist es folglich, wenn in der Materialabtragssimulation Daten aus dem Bearbeitungsdatensatz und/oder aus dem Programm zum betrieb der Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung, dem NC-Kern, übernommen werden. Der Einsatz der Materialabtragssimulation ist im Übrigen auch deswegen von Bedeutung, weil der NC-Kern (NCK) bzw. der VNCK bei seinen Ausgabedaten z.B. Werkzeuggeometrien bereits mit berücksichtigt hat. Da zur Fertigung gleicher Werkstücke unter Verwendung lediglich eines Bearbeitungsdatensatzes, also z.B. lediglich
20 eines Teileprogramms, verschiedene Werkzeuge mit unterschiedlichen Werkzeuggeometrien verwendet werden können berechnet der NCK bzw. der VNCK unterschiedliche Ausgabedaten abhängig von der ihm bekannten Werkzeuggeometrie. Diese Variationsmöglichkeiten sind durch die Materialabtragssimulation wieder korrigierbar. Aus Materialabtragungsdaten sind demzufolge simulierte Geometriedaten eines Werkstücks erzeugbar, welche für
30 Zwischenmessungen zur Verifikation einer korrekt ablaufenden Bearbeitung eines Werkstücks heranziehbar sind. Vorteilhafter Weise werden werkzeugspezifische Daten wie z.B. Radien von
35 Fräswerkzeugen vom NCK bzw. vom VNCK an die Materialabtragungssimulation automatisch übermittelt.

Die Materialabtragssimulation wird in einer vorteilhaften Ausgestaltung dazu benutzt, für jeden Teilschritt ein Messprogramm zu erzeugen. Bisher war es so, dass als Referenz zur Messung lediglich das CAD-Modell zur Verfügung stand. Das
5 heißt, dass man immer nur das komplett bearbeitete Teil korrekt vermessen konnte. Eine NC-Verifikationssoftware mit einem unterlegten VNCK ist nun in der Lage, für jeden Bearbeitungsschritt den Materialabtrag exakt darzustellen. Sie ist damit in der Lage, nach jedem Schritt eine Sollgeometrie zu
10 erzeugen, die einem CAD-Modell für jeden Prozessschritt entspricht. Damit ist man in der Lage, das Ergebnis jedes Teilschrittes zu einem Geometriemodell zu referenzieren und die Sollwertvorgaben für Kontrollmessungen nach jedem Schritt zu erzeugen. Diese Sollwertvorgaben liegen z.B. in Form von
15 Messprogrammen vor, die auf die Maschinensteuerung geladen werden. Zu jedem Bearbeitungsprogramm oder Programmabschnitt existiert nun das korrespondierende Messprogramm.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren ist es nunmehr möglich
20 das Ergebnis jedes einzelnen Bearbeitungsschrittes direkt auf der Bearbeitungsmaschine zu überprüfen, indem beispielsweise ein Messtaster anstelle des Werkzeugs eingewechselt wird und ein Messprogramm abgearbeitet wird. Durch Vergleich der Soll- und Istwerte, die beide protokolliert werden können, kann ein
25 Maschinenbediener direkt erkennen, ob das Ergebnis der Bearbeitung im erlaubten Toleranzbereich liegt. Im Fehlerfall wird der Prozess sofort unterbrochen und es kann mit der Fehleranalyse begonnen werden.

30 Diese Vorgehensweise ist gegenüber dem herkömmlichen Verfahren deutlich einfacher, da der Fehler einem einzigen Bearbeitungsschritt zugeordnet werden kann. Darüber hinaus wird vermieden, dass wertvolle Maschinenzeit mit einem Teil verschwendet wird, das bereits zerstört ist. Ist das Ergebnis
35 jedes Teilschrittes positiv, ist durch die Messprotokolle der Nachweis erbracht, dass der Gesamtprozess erfolgreich war und das erzeugte Teil den Spezifikationen entspricht. Eine separate Vermessung auf einer Messmaschine kann damit entfallen.

Soll die Qualität der Simulation und der Messung in der Bearbeitungsmaschine mittels eines Messtasters überprüft werden, so ist zusätzlich der Einsatz einer Messmaschine möglich.

5 Um die Stabilität des Prozesses der Überprüfung von Bearbeitungsschritten mittels Simulationsdaten zu verbessern, wird die Bearbeitungsmaschine periodisch kalibriert. Dies wird z.B. durch ein Verfahren sichergestellt, mit dessen Hilfe in regelmäßigen Zeitabständen der Zustand der Bearbeitungsmaschine und damit auch ihre geometrische Güte überwacht wird. Dies ist auch unter dem Schlagwort „Electronic fingerprints for machine tools and production“ machines bekannt.

15 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist der NC-Kern in eine Materialabtragsimulation integriert. Dies bringt z.B. eine erhebliche Verbesserung der NC-Programme bereits am Programmierplatz. Die Integration bringt auch den Vorteil, dass zu jedem Teilprozess eine Referenzgeometrie erzeugt wird, die die automatische Vermessung der Teilergebnisse auf der Bearbeitungsmaschine ermöglicht.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren können Probleme bei der Bearbeitung eines Werkstückes zum frühest möglichen Zeitpunkt erkannt werden. Es ist vermeidbar, dass der Prozess der Fertigung fortgesetzt wird und damit teure Maschinenzeit verschwendet wird, falls ein Fehlabbtrag stattgefunden hat. Das Verfahren vereinfacht in hohem Maße die Fehleranalyse, da Fehler direkt einem Teilprozess zugeordnet werden können. Fehlerursachen werden schneller erkannt und können damit auch schneller beseitigt werden. Die nach dem Stand der Technik nötige teure Infrastruktur zur gesonderten Vermessung der fertigen Teile kann durch das erfindungsgemäße Verfahren entfallen, ohne dass daraus Qualitätseinbußen entstehen.

35 Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich, dass ein Werkstück gemäß eines ersten Bearbeitungsdatensatzes in einem ersten Bearbeitungsschritt bearbeitet wird und Geometriedaten des Werkstückes gemessen werden, wonach die gemessene

nen Geometriedaten des Werkstückes mit den simulierten Geometriedaten verglichen werden. Stimmen die Geometriedaten nicht überein, bzw. sind die vorgegebenen Toleranzen überschritten, so kann frühzeitig ein neuer Bearbeitungsdatensatz generiert werden mit welchem in einem anschließenden Bearbeitungsschritt das Werkstück in korrigierter Form weiterbearbeitet wird.

Der Vergleich von Geometriedaten kann beispielsweise wie folgt ablaufen. Ein Werkstück wird gemäß eines ersten Bearbeitungsdatensatzes in einem ersten Bearbeitungsschritt bearbeitet wonach Geometriedaten des Werkstückes gemessen werden. Danach werden aus den gemessenen Geometriedaten des Werkstückes Materialabtragsdaten errechnet, wonach die errechneten Materialabtragsdaten mit den simulierten Materialabtragsdaten verglichen werden. In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung erfolgt die Simulation in Echtzeit parallel zur realen Bearbeitung des Werkstücks oder auch nach der Bearbeitung des Werkstücks in einem Bearbeitungsschritt, da es so möglich ist, Daten des realen NC-Kerns auch für den virtuellen NC-Kern zu verwenden. Beispiele für derartige Daten sind insbesondere veränderliche Größen wie Raumtemperatur, Fehlermeldungen, usw.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung wird wie obig bereits angemerkt der Unterschied zwischen den gemessenen Geometriedaten und den simulierten Geometriedaten bzw. zwischen den gemessenen Materialabtragsdaten und den simulierten Materialabtragsdaten berechnet, wonach abhängig von einem Überschreiten einer Differenzschwelle ein für einen folgenden Bearbeitungsschritt vorgesehener Bearbeitungsdatensatz abgeändert wird.

Die bei der Erfindung durchgeführten Simulation des NC-Kerns kann z.B. auf der Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung und/oder auf einem Simulationsrechner durchgeführt wird.

Die Erfindung betrifft neben dem Verfahren auch ein entsprechendes System zur Durchführung des Verfahrens. Das System ist derart aufgebaut, dass es neben einem Mittel zur Simulation des Programms zum Betrieb einer Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung auch ein Mittel zur Simulation eines Materialabtrags aufweist. Des Weiteren weist es vorteilhaft auch ein Mittel zur Messung des zu bearbeitenden Werkstücks auf.

Beispiele für weitere Vorteile und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels. Dabei zeigen in Prinzipdarstellung:

FIG 1 ein Verfahren nach dem bislang bekannten Stand der Technik zur Bearbeitung eines Werkstücks,

FIG 2 ein erfindungsgemäßes Verfahren,

FIG 3 schematisiert eine Bearbeitungsmaschine und

FIG 4 die Nutzung eines Intranets und/oder eines Internets zur Verbesserung von Simulationsergebnissen.

Nach dem Stand der Technik ist die in FIG 1 dargestellte Verfahrenskette 1 zur Fertigung komplexer Teile bekannt. Die komplexen Teile, d.h. Teile/Werkstücke, welche einer Bearbeitung in mehreren Schritten 11,12,13 bedürfen, werden in einem CAD-System 3 (Computer Added Design) modelliert. An der Stelle oder auch ergänzend zum CAD-System 3 könnte beispielsweise auch ein CAM-System (Computer Added Manufacturing) verwendet werden. Das CAD-System 3 erzeugt zusammen mit einem Postprozessor die für die Bearbeitung eines Werkstücks notwendigen Teileprogramme 5. Das Teileprogramm 5 ist ein NC-Programm. Für den Gesamtprozess der Bearbeitung beispielsweise eines Werkstücks können ein einziges und/oder mehrere NC-Programme 5 mit mehreren Werkzeugwechseln erzeugt werden. Es ist allerdings auch möglich für jedes Werkzeug ein eigenes NC-Programm zu erzeugen. Die Bearbeitung mit einem Werkzeug entspricht einem Teilprozess. Die NC-Programme 5 werden dann mit einem Verifikationssystem 7 getestet. Das Verifikationssystem 7 weist beispielsweise eine NC-Verifikationssoftware auf. Vericut® ist ein Beispiel für eine derartige Verifikationssoft-

ware. Bei der Verifikation werden insbesondere Kollisionen mit einer Aufspannung des Werkstücks z.B. in einer Werkzeugmaschine und dem Werkstück überprüft. Gleichzeitig wird anhand einer Abtragssimulation überprüft, ob die NC-Programme zur gewünschten Werkstückgeometrie führen. Das heißt, das Ergebnis der Abtragssimulation wird mit dem ursprünglichen CAD-Modell verglichen. Wenn die Übereinstimmung innerhalb der festgesetzten Fehlertoleranzen liegt, werden die Programme zur Fertigung freigegeben und an die Maschinensteuerung einer Maschine, insbesondere einer Bearbeitungsmaschine 9, übertragen. Das Werkstück wird mit den NC-Programmen 5 gefertigt, was insbesondere bei Teilen, (Werkstücken) mit einem hohen Zerspanungsgrad von z.B. ca. 95%, mehrere Stunden bis Tage dauern kann. Hohe Zerspanungsgrade weisen insbesondere einen Materialabtrag von über 80% auf. Durch die Bearbeitungsmaschine 9 werden verschiedene Schritte 11, 12 und 13 der Bearbeitung des oder der Werkstücke durchgeführt. Beispielhaft sind in der Darstellung nach FIG 1 nur drei Bearbeitungsschritte 11, 12 und 13 gezeigt, jedoch sind im Schritt 12 weitere Schritte angedeutet. Das fertig gestellte Werkstück wird anschließend auf einer Messmaschine in einem Messschritt 15 vermessen und entweder zertifiziert 35 oder ausgesondert 37. Dieser Vorgang kann wiederum mehrere Tage bis Wochen dauern. Falls das Werkstück ausgesondert 17 wird, kann es entweder in einer Einrichtung zur Nachbearbeitung nachgearbeitet werden 19 (falls zu wenig Material entfernt wurde) oder muss endgültig verschrottet werden 21. In beiden Fällen der Verschrottung 21 und auch der Nachbearbeitung 19 muss aber die Produktion gestoppt und in mühevoller händischer Arbeit die Fehlerquelle ermittelt werden. Die Auffindung der Fehlerquelle dient der Reduzierung der Aussonderungsrate.

Im Folgenden werden mögliche Fehlertypen aufgelistet, welche vorteilhafter Weise identifiziert werden müssen bzw. können:

- eine fehlerhafte Teilegeometrie
- ein Maschinenfehler
- eine falsche Abmessungen eines Rohlings

- Dynamische Probleme bei der Bearbeitung (z.B.: Nachlauf-
fehler)
- Eine fehlerhafte Aufspannung des Teils/Werkstücks
- Werkzeugprobleme
- 5 • Temperatureinflüsse bei der Bearbeitung
- Eine Verformung des Teils/Werkstücks während des Prozes-
ses der Bearbeitung (Verbiegungen, Aufwölbungen)

Das bislang bekannte Verfahren zur Bearbeitung eines Werkstü-
10 ckes in mehren Schritten kann zumindest einen der im Folgen-
den aufgeführten Nachteile bergen:

- ein Fehler wird erst nach der Komplettbearbeitung fest-
gestellt; Wenn bereits im ersten Teilschritt ein Problem
15 auftritt, wird trotzdem weitergearbeitet, bis der Fehler
erkannt wird; Dabei geht Maschinenzeit verloren;
- bis der Fehler erkannt ist, wird weiterproduziert; Das
kann bedeuten, dass viele weitere fehlerhafte Teile pro-
duziert werden, was einen entsprechenden Verlust an Zeit
20 und Material mit sich bringt;
- die Vermessung der Teile auf der Messmaschine 15 erforder-
t eine aufwändige und kostspielige Infrastruktur;
- es ist sehr schwierig, ein Problem einem Teilprozess
oder einer spezifischen Fehlerquelle zuzuordnen;
- 25 • NC-Verifikationssysteme 7 nach dem Stand der Technik ha-
ben den Nachteil, dass das Steuerungsverhalten emuliert
wird; Dies führt zwangsweise dazu, dass die Abtragssimu-
lation nur näherungsweise der Realität entspricht und
deshalb geometrische Fehler im Teileprogramm nicht immer
30 erkannt werden können.

Die Darstellung gemäß FIG 2 zeigt beispielhaft ein erfin-
dungsgemäßes Verfahren zur Bearbeitung eines Werkstücks auf
einer Bearbeitungsmaschine. Die Bearbeitungsmaschine kann
35 beispielsweise als eine Fräsmaschine oder auch eine andere
Werkzeugmaschine, wie z.B. eine Bohr- oder Drehmaschine aus-
gebildet sein. Die Bearbeitungsmaschine könnte auch als In-
dustrieroboter oder als Sondermaschine ausgebildet sein.

Im Unterschied zur FIG 1 ist in der FIG 2 eine NC-Verifikations-Software dargestellt, welche einen virtuellen NC-Kern VNCK beinhaltet. Hieraus ergibt sich ein um den VNCK erweitertes Verifikationssystem 8. Dabei ist die Emulationssoftware für ein CNC-System durch den VNCK ersetzt worden. Dies macht eine im Vergleich zu FIG 1 verbesserte Verfahrenskette 2 möglich. Da der VNCK das Steuerungsverhalten exakt wiedergibt, können auch kleinere geometrische Abweichungen, die durch Steuerungsfunktionen wie Kompressor, Eckenverrundungen oder Werkzeugkorrekturen erzeugt werden, bereits in der Simulation erkannt werden. Weiterhin weist das erweiterte Verifikationssystem 8 eine Materialabtragssimulation auf. Die Materialabtragssimulation dazu benutzt, für jeden Teilschritt 11, 12 oder 13 einer Bearbeitung ein Messprogramm zu erzeugen. Bisher war es so, dass als Referenz zur Messung lediglich das CAD-Modell zur Verfügung stand. D.h., dass man immer nur das komplett bearbeitete Teil korrekt vermessen konnte. Die erweiterte NC-Verifikationssoftware mit dem unterlegten VNCK ist nun in der Lage, für jeden Bearbeitungsschritt 11, 12 und 13 den Materialabtrag exakt darzustellen. Damit ist man in der Lage, nach jedem Schritt eine Sollgeometrie zu erzeugen, die einem CAD-Modell für jeden Prozessschritt entspricht. Somit ist es möglich das Ergebnis jedes Teilschrittes zu einem Geometriemodell zu referenzieren und die Sollwertvorgaben für Kontrollmessungen nach jedem Schritt zu erzeugen. Diese Sollwertvorgaben liegen in Form von Messprogrammen 45 vor, die auf eine Maschinensteuerung geladen werden können. Zu jedem Bearbeitungsprogramm oder Programmabschnitt existiert nun das korrespondierende Messprogramm 45. Dadurch ist es möglich, das Ergebnis jedes einzelnen Bearbeitungsschrittes 11, 12 und 13 direkt auf der Maschine 9 zu überprüfen, indem beispielsweise ein Messtaster eingewechselt wird und das Messprogramm 45 abgearbeitet wird. Durch Vergleich der Soll- und Istwerte, die beide protokolliert werden, kann ein Maschinenbediener direkt erkennen, ob das Ergebnis der Bearbeitung im erlaubten Toleranzbereich liegt. Im Fehlerfall wird der Prozess sofort unterbrochen und es erfolgt eine Aussonderung 17. Der Aussonderung 17 kann abhängig von der schwere des Fehlers die Ver-

schrottung 21 oder die Nacharbeitung 19 folgen. Zur Nacharbeitung 19, welche vorteilhafter Weise wieder auf der Bearbeitungsmaschine 9 erfolgt, wird z.B. über eine CAD/CAM-System zumindest ein NC-Programm zur Nacharbeitung generiert.

5 Ist eine Aussonderung 17 notwendig, kann eine Fehleranalyse begonnen werden. Diese Fehleranalyse kann dazu führen, dass ein oder mehrere NC-Programme 5 abgeändert werden. Diese Vorgehensweise ist gegenüber dem herkömmlichen Verfahren deutlich einfacher, da der Fehler einem einzigen Bearbeitungsschritt zugeordnet werden kann. Darüber hinaus wird vermieden, dass wertvolle Maschinenzeit mit einem Teil verschwendet wird, das bereits zerstört ist. Ist das Ergebnis jedes Teilschrittes positiv, ist durch die Messprotokolle der Nachweis erbracht, dass der Gesamtprozess erfolgreich war und das erzeugte Teil den Spezifikationen entspricht. Um die Stabilität des Bearbeitungsprozesses zu verbessern, ist es möglich, die Bearbeitungsmaschine periodisch zu kalibrieren. Dies wird durch ein Verfahren sichergestellt, mit dessen Hilfe in regelmäßigen Zeitabständen der Zustand der Maschine und damit auch ihre geometrische Güte überwacht wird (Electronic fingerprints for machine tools and production machines).

10
15
20

Die Verfahrenskette 2 gemäß FIG 2 zeigt also sowohl ein um einen VNCK erweitertes Verifikationssystem 8, wie auch zusätzliche Messprogramme 45 für Messschritte 41, 42 und 43, Diese zusätzlichen Messschritte 41, 42 und 43 ermöglichen die Überprüfung eines jeden Bearbeitungsschrittes 11, 12 und 13. Es ist allerdings nicht zwingend, dass jedem Bearbeitungsschritt auch ein Messschritt folgen muss. Vorteilhafter Weise ist die Anzahl der Messschritte 41, 42 und 43 frei wählbar.

25
30

Die Darstellung gemäß FIG 3 zeigt schematisiert eine Bearbeitungsmaschine 9. Die Bearbeitungsmaschine 9 weist eine Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung 26 auf. Diese Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung 26 ist zur Abarbeitung von Bearbeitungsdatensätzen 28 vorgesehen. Zur Abarbeitung ist ein Programm 30 vorgesehen. Dieses Programm ist ein NC-Kern, welches als eine Art Betriebssystem der Steuerungs-

35

und/oder Regelungseinrichtung 26 dient. Der Bearbeitungsdatensatz 28 ist zur Beschreibung der Bearbeitung eines Werkstücks 20 mit einem Werkzeug 22 vorgesehen. Die Darstellung gemäß FIG 3 zeigt ferner einen Simulationsrechner 32, welcher
5 beispielsweise zur Simulation des NC-Kerns herangezogen werden kann. Dies entspricht dann einem virtuellen NC-Kern (VNCK).

Die Darstellung gemäß FIG 4 zeigt eine Recheneinrichtung 50
10 zur Ausführung einer Arbeitsvorbereitung. Die Arbeitsvorbereitung betrifft beispielsweise eine Steuerungssimulation, ein Simulationssystem zur Simulation zumindest eines Teil einer industriellen Maschine sowie die Möglichkeit eines Vergleiches von Soll- und Istwerten. Das Simulationssystem
15 weist zumindest ein Simulationsmodell auf, welches mittels Software und/oder Hardware realisierbar ist. Mittels einer Internet- und/oder Intranetverbindung 52 lassen sich Daten wie z.B. Simulationsergebnisse, welche beispielsweise die Sollgeometrie eines Werkstückes betreffen, zu einer industriellen Maschine 54 übertragen. In dieser industriellen Maschine sind insbesondere Maschinendaten wie auch Istwerte,
20 welche während des Betriebes der industriellen Maschine 54 aufgenommen und gespeichert werden, vorhanden. Die datentechnische Verbindung über das Internet und/oder das Intranet 52
25 lässt sich zur Übertragung der Maschinendaten bzw. der aus der industriellen Maschine 54 gewonnenen Istwerte zur Arbeitsvorbereitung bzw. zur externen Simulationsdurchführung übertragen. Dabei werden vorteilhafterweise für die Simulation eines Vorganges auf der industriellen Maschine 54 aktuelle
30 Maschinendaten wie z.B. Daten, welche erst bei der Betriebsnahme der industriellen Maschine 54 gewonnen wurden, verwendet. Derartige Daten betreffen beispielsweise Parameterdaten von Reglern wie z.B. Verstärkungen und/oder Integrationszeiten.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer industriellen Maschine (54),
wobei die industrielle Maschine (54) insbesondere eine der
5 folgenden Maschinentypen ist:
- eine Bearbeitungsmaschine,
- eine Produktionsmaschine oder
- ein Handhabungsautomat,
wobei zumindest ein Teil des Betriebes der industriellen Ma-
10 schine (54) mittels eines Simulationsmodells (50) simuliert
wird, wobei Simulationsergebnisse und reale Daten aus dem Be-
trieb der industriellen Maschine (50) gespeichert und/oder
verglichen werden.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n -
z e i c h n e t , dass die Simulation auf der industriellen
Maschine (54) durchgeführt wird, wobei zumindest teilweise
eine Parametrierung des Simulationsmodells mittels einer Ein-
richtung (50) zur Parametrierung des Simulationsmodells
20 durchführbar ist, wobei zwischen der industriellen Maschine
(54) und der Einrichtung (50) zur Parametrierung des Simula-
tionsmodells eine datentechnische Verbindung mittels einer
Intranet- und/oder einer Internetverbindung (52) herstellbar
ist.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , dass die Simulation auf einer ex-
ternen Simulationseinrichtung (50) durchgeführt wird, wobei
die externe Simulationseinrichtung (50) mit der industriellen
30 Maschine (54) mittels einer Intranet- und/oder einer Inter-
netverbindung (52) datentechnisch verbindbar ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, d a d u r c h
g e k e n n z e i c h n e t , dass der Betrieb der indus-
35 triellen Maschine (54) eine Bearbeitung eines Werkstückes
(20) betrifft, wobei die industrielle Maschine (54) eine nu-
merisch gesteuerte Bearbeitungsmaschine (9) wobei zur Steue-
rung und/oder Regelung der numerisch gesteuerten Bearbei-

tungsmaschine (9) ein Bearbeitungsdatensatz (28) vorgesehen ist, welcher in einer Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung (26) der numerisch gesteuerten Bearbeitungsmaschine (9) zusammen mit einem Programm (30) zum Betrieb der Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung (26) ablauffähig ist, wobei
5 mittels des Bearbeitungsdatensatzes (28) zusammen mit dem Programm (30) zum Betrieb der Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung (26) in einem Simulationsschritt Simulationsdaten (47) erzeugt werden, wobei zur Simulation insbesondere das
10 Programm (30) zum Betrieb der Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung (26) entweder simuliert wird oder selbst abläuft

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 , d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s z u r B e a r -
15 b e i t u n g d e s W e r k s t ü c k e s (2 0) z w e i o d e r m e h r e r e n B e a r b e i -
t u n g s s c h r i t t e (1 1 , 1 2 , 1 3) v o r g e s e h e n s i n d , w o b e i m i t t e l s e i -
n e r M a t e r i a l a b t r a g s s i m u l a t i o n a u s d e n S i m u l a t i o n s d a t e n (4 7)
s i m u l i e r t e M a t e r i a l a b t r a g s d a t e n (4 9) e r z e u g t w e r d e n .

20 6. Verfahren nach Anspruch 5, d a d u r c h g e k e n n -
z e i c h n e t , d a s s i n d e r M a t e r i a l a b t r a g s s i m u l a t i o n D a -
t e n a u s d e m B e a r b e i t u n g s d a t e n s a t z (2 8) u n d / o d e r a u s d e m P r o -
g r a m m (3 0) z u m B e t r i e b d e r S t e u e r u n g s - u n d / o d e r R e g e l u n g s e i n -
r i c h t u n g (2 6) ü b e r n o m m e n w e r d e n .

25 7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t , d a s s a u s d e n M a t e r i a l a b t r a g s d a t e n
(4 9) s i m u l i e r t e G e o m e t r i e d a t e n d e s W e r k s t ü c k s (2 0) e r z e u g t
w e r d e n .

30 8. Verfahren nach Anspruch 7, d a d u r c h g e k e n n -
z e i c h n e t , d a s s e i n W e r k s t ü c k (2 0) g e m ä ß e i n e s e r s -
t e n B e a r b e i t u n g s d a t e n s a t z e s (2 8) i n e i n e m e r s t e n B e a r b e i -
t u n g s s c h r i t t (1 1) b e a r b e i t e t w i r d u n d G e o m e t r i e d a t e n d e s
35 W e r k s t ü c k e s (2 0) g e m e s s e n w e r d e n , w o n a c h d i e g e m e s s e n e n G e o -
m e t r i e d a t e n d e s W e r k s t ü c k e s (2 0) m i t d e n s i m u l i e r t e n G e o m e t -
r i e d a t e n v e r g l i c h e n w e r d e n .

14. System zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 5 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das System:

- a) ein Mittel zur Simulation des Programms (30) zum Betrieb einer Steuerungs- und/oder Regelungseinrichtung aufweist,
- 5 b) ein Mittel zur Simulation eines Materialabtrags aufweist und
- c) ein Mittel zur Messung des zu bearbeitenden Werkstücks aufweist.

10

FIG 1

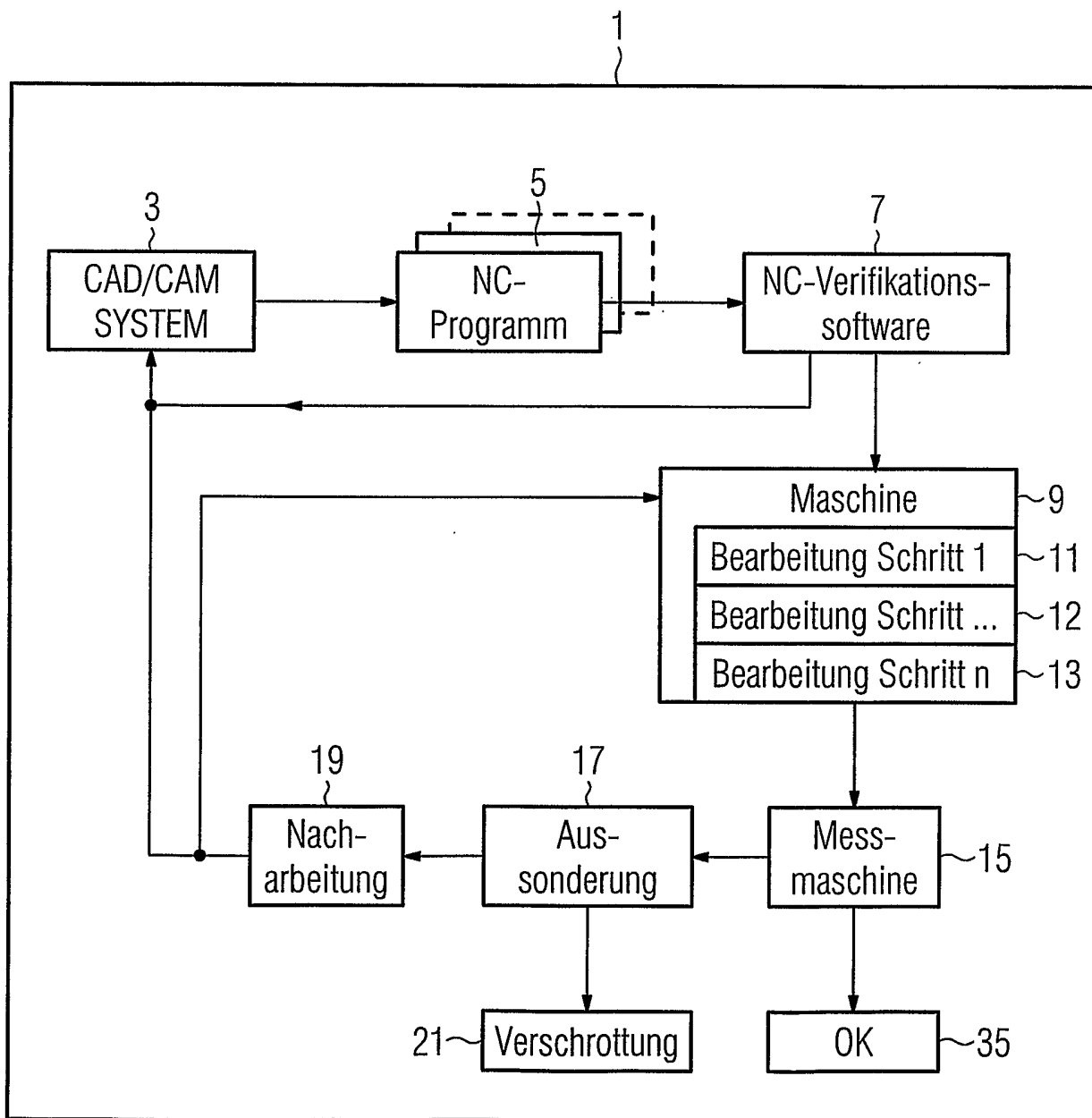


FIG 2

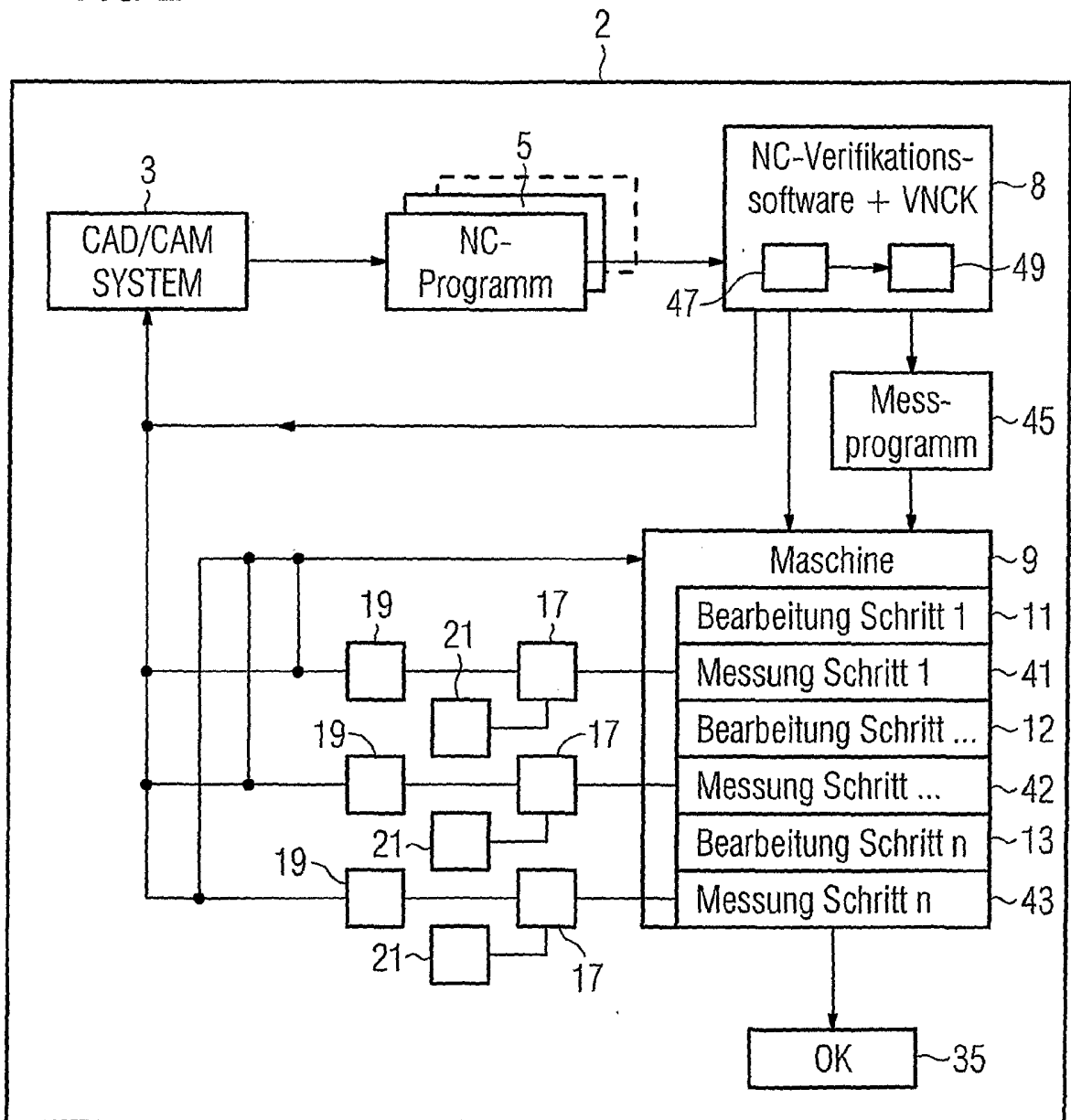


FIG 3

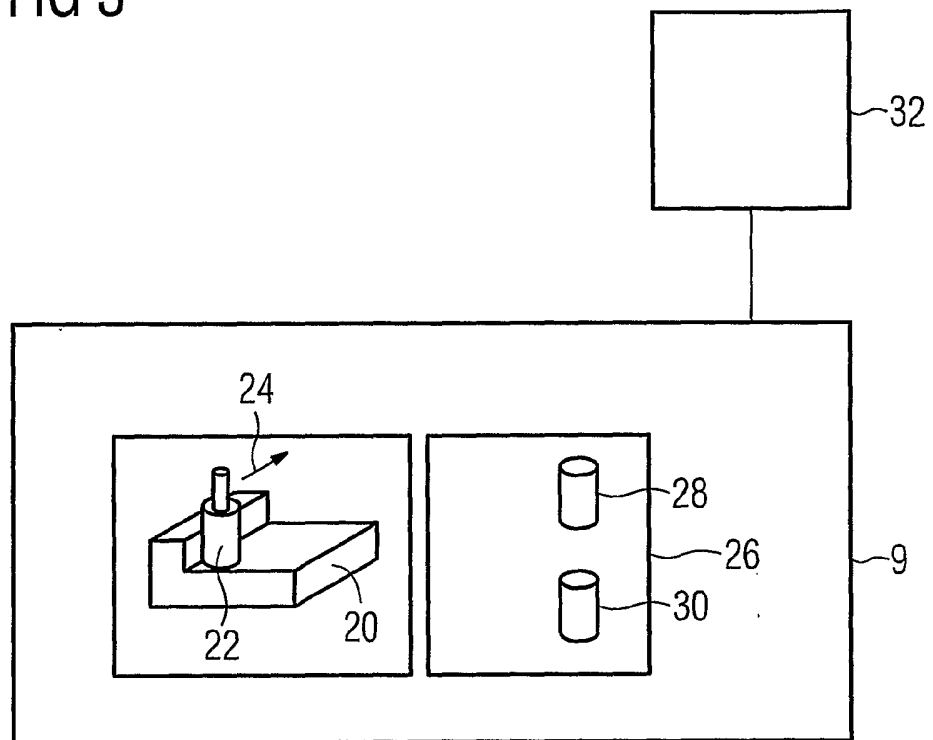
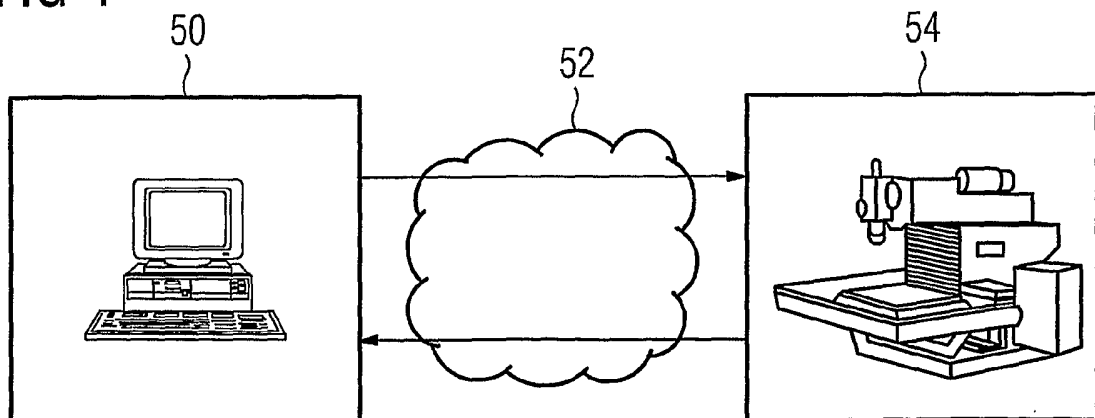


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2005/001662

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G05B19/4069		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G05B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, PAJ		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 879 675 A (OKUMA CORPORATION; KABUSHIKI KAISHA MORI SEIKI SEISAKUSHO; MITUTOYO CO) 25 November 1998 (1998-11-25)	1, 4-7
Y	column 5, line 5 - column 7, line 42 column 7, line 1 - line 42 column 9, line 4 - column 10, line 20 column 11, line 18 - column 11, line 33 column 12, line 19 - column 12, line 27	8-14
X	DE 103 11 027 A1 (SIEMENS AG) 30 September 2004 (2004-09-30)	1-3
Y	the whole document	13
----- -/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents :		
A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	*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	
E earlier document but published on or after the international filing date	*X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone	
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)	*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.	
O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	*&* document member of the same patent family	
P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
15 February 2006	24/02/2006	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Hasubek, B	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2005/001662

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5 208 763 A (HONG ET AL) 4 May 1993 (1993-05-04) column 1, line 18 - column 1, line 61 column 5, line 9 - column 6, line 48 column 27, line 54 - column 28, line 48 figure 1 -----	8-12,14
Y	US 5 808 432 A (INOUE ET AL) 15 September 1998 (1998-09-15) column 2, line 1 - column 3, line 7 column 5, line 58 - column 6, line 17 -----	11,14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/DE2005/001662

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 0879675	A	25-11-1998	WO	9819822 A1	14-05-1998
			US	6266572 B1	24-07-2001
DE 10311027	A1	30-09-2004	US	2004225484 A1	11-11-2004
US 5208763	A	04-05-1993	WO	9205399 A1	02-04-1992
US 5808432	A	15-09-1998	NONE		

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2005/001662

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
G05B19/4069

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G05B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 879 675 A (OKUMA CORPORATION; KABUSHIKI KAISHA MORI SEIKI SEISAKUSHO; MITUTOYO CO) 25. November 1998 (1998-11-25)	1, 4-7
Y	Spalte 5, Zeile 5 - Spalte 7, Zeile 42 Spalte 7, Zeile 1 - Zeile 42 Spalte 9, Zeile 4 - Spalte 10, Zeile 20 Spalte 11, Zeile 18 - Spalte 11, Zeile 33 Spalte 12, Zeile 19 - Spalte 12, Zeile 27	8-14
X	DE 103 11 027 A1 (SIEMENS AG) 30. September 2004 (2004-09-30)	1-3
Y	das ganze Dokument	13
	----- -/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist | <ul style="list-style-type: none"> *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist * & * Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist |
|---|--|

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
15. Februar 2006	24/02/2006

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Hasubek, B
---	---

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2005/001662

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 5 208 763 A (HONG ET AL) 4. Mai 1993 (1993-05-04) Spalte 1, Zeile 18 - Spalte 1, Zeile 61 Spalte 5, Zeile 9 - Spalte 6, Zeile 48 Spalte 27, Zeile 54 - Spalte 28, Zeile 48 Abbildung 1 -----	8-12,14
Y	US 5 808 432 A (INOUE ET AL) 15. September 1998 (1998-09-15) Spalte 2, Zeile 1 - Spalte 3, Zeile 7 Spalte 5, Zeile 58 - Spalte 6, Zeile 17 -----	11,14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2005/001662

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0879675 A	25-11-1998	WO 9819822 A1 US 6266572 B1	14-05-1998 24-07-2001
DE 10311027 A1	30-09-2004	US 2004225484 A1	11-11-2004
US 5208763 A	04-05-1993	WO 9205399 A1	02-04-1992
US 5808432 A	15-09-1998	KEINE	