

(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
11. Dezember 2008 (11.12.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/148558 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G05B 19/416 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/004519

(22) Internationales Anmeldedatum:
6. Juni 2008 (06.06.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 026 356.4 6. Juni 2007 (06.06.2007) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **TRUMPF WERKZEUGMASCHINEN GMBH +
CO. KG** [DE/DE]; Johann-Maus-Strasse 2, 71254 Ditzin-
gen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **EHLERDING, An-
dreas** [DE/DE]; Goltermannstrasse 5, 30926 Seelze (DE).

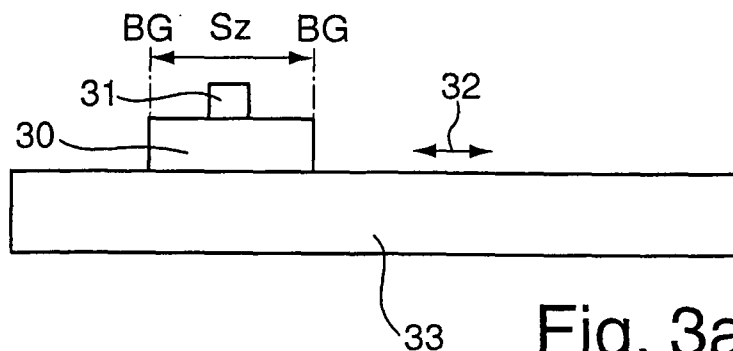
(74) Anwalt: **KOHLER SCHMID MÖBUS**; Rupp-
mannstrasse 27, 70565 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MEASURING MACHINE OR MACHINE TOOL HAVING REDUNDANT TRANSLATORY AXES FOR CONTIN-
UOUS MOTION ON COMPLEX PATHS

(54) Bezeichnung: MESS- ODER WERKZEUGMASCHINE MIT REDUNDANTEN TRANSLATORISCH WIRKSAMEN
ACHSEN ZUR KONTINUIERLICHEN BEWEGUNG AN KOMPLEXEN BAHNKURVEN



(57) Abstract: The invention relates to a measuring machine or machine tool, or a method for operating such machines, having redundant translatory axes for a substantially continuous motion on arbitrarily complex paths, the longer partial axes each allowing a relatively low-acceleration partial motion over a relatively large measuring or machining space, and the shorter partial axes each performing substantially only the partial motions of an overall motion having a substantially net constant measuring or machining velocity, requiring acceleration beyond a

maximum determined or set for each longer partial axis, characterized in that the acceleration of each longer partial axis determines the potential acceleration during the overall motion having said substantially constant measuring or machining velocity on an arbitrarily complex path, wherein the range of motion of the shorter partial axes as a distance must substantially suffice in order to perform at least one complete change in sign of the velocity of motion at said aspired constant velocity having said maximum acceleration of the longer partial axis, and the maximum velocity of motion of the shorter partial axis must be at least nearly double that of the aspired constant velocity.

(57) Zusammenfassung: Mess- oder Werkzeugmaschine oder Verfahren zum Betrieb solcher Maschinen mit redundanten transla-
torisch wirkenden Achsen zur weitgehend kontinuierlichen Bewegung an beliebig komplexen Bahnkurven, wobei die jeweils länge-
ren Teilachsen eine relativ niedrig beschleunigte Teilbewegung über einen relativ großen Mess- oder Bearbeitungsraum ermöglichen
und die jeweils kürzeren Teilachsen im wesentlichen nur die Bewegungsanteile einer Gesamtbewegung mit im wesentlichen insge-
samt konstanter Mess- oder Bearbeitungsgeschwindigkeit ausführen, die eine Beschleunigung jenseits eines für die jeweils längeren
Teilachsen festgestellten oder festgesetzten Maximums erfordern, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschleunigung der jeweils kür-
zeren Teilachse die Beschleunigungsmöglichkeit während der gesamten Bewegung mit besagter im wesentlichen konstanter Mess-
oder Bearbeitungsgeschwindigkeit auf einer beliebig komplexen Bahnkurve bestimmt, wobei der Bewegungsspielraum der kürzeren
Teilachsen als Strecke im wesentlichen ausreichen muss, um bei besagter angestrebt konstanter Geschwindigkeit mit der besagten

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2008/148558 A1



BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(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, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

maximalen Beschleunigung der längeren Teilachse mindestens einen vollständigen Vorzeichenwechsel in der Bewegungsgeschwindigkeit auszuführen und die maximale Bewegungsgeschwindigkeit der kürzeren Teilachse mindestens annähernd doppelt so hoch sein muss, wie die angestrebte konstante Geschwindigkeit.

Mess- oder Werkzeugmaschine mit redundanten translatorisch wirksamen Achsen zur kontinuierlichen Bewegung an komplexen Bahnkurven

Technisches Gebiet und Stand der Technik

In der Entwicklung von Mess- und Werkzeugmaschinen kommt es zunehmend zum Einsatz von redundanten translatorisch wirksamen Achsen, also Achsen, die aufeinander aufbauend oder gegeneinander wirksam, parallel im Raum zueinander bewegbar sind, wobei ein oder mehrere Zusatzachsen mit einem relativ kurzen Bewegungsspielraum auf oder gegenüber von Basisachsen, mit einem relativ langen Bewegungsspielraum angeordnet sind.

Solche redundant in gleicher Richtung überlagert bewegbare Achsen, bieten die Möglichkeit den größeren Bewegungsspielraum der Basisachsen mit den höheren Beschleunigungsmöglichkeiten kurzwegiger und damit leichter gebauter Zusatzachsen, in einem kontinuierlichen Bewegungsablauf einer Messeinrichtung oder eines Werkzeuges, relativ zu einem Mess- oder Bearbeitungsgut, zu kombinieren.

Ein Beispiel für ein derartiges Konzept ist das Patent EP 594 699 B1 (Ehlerding). In besagtem Patent wurde vorgeschlagen, parallel ausgerichtete überlagert wirksame Achsanordnungen zu nutzen, um die hohen Beschleunigungen leichter kurzwegiger Achsen im gesamten Arbeitsbereich weniger beschleunigbarer, langwegiger Achsen, in solchen Werkzeugmaschinen zu ermöglichen, die vorzugsweise für eine Bearbeitung von flächigen oder flachen Werkstücken in zwei oder drei orthogonal zueinander ausgerichteten Achsen ausgelegt sind.

Aus dieser Veröffentlichung ist bekannt, dass hier als Zusatzachsen bezeichnete kürzere Teilachsen von einem über dem Material bewegbaren Portal mit einer die Zusatzachsen tragender Bewegungseinheit, die sich wiederum an dem Portal entlang bewegt, getragen sein können, oder mittels Basisachsen auch das Material bewegt werden kann, wobei sich ein Werkzeug mittels Zusatzachsen nochmals unabhängig von der Bewegung durch die Basisachsen, gegenüber dem Material bewegen kann. Genauso ist auch vorstellbar ein oder mehrere Zusatzachsen, die ein Werkzeug tragen, an einem festen Portal entlang, als einer Basisachse, über das Material zu bewegen, während das Material mittels einer weiteren orthogonal zum Portal orientierten Basisachse unter dem Portal entlang bewegt wird.

Allgemein ist bekannt, dass anstatt eines Portals auch eine Traverse oder ein bewegbarer oder stationärer Arm oder Ausleger mit bewegter oder stationärer Stütze als Träger von Zusatzachsen dienen kann und dass alle genannten Achskonfigurationen auch abweichend vom üblichen Fall, in dem die Basisachsen vorzugsweise die schweren Maschinenteile oder das schwere Mess- oder Bearbeitungsgut in der horizontalen Ebene bewegen, auch eine andere Orientierung im Raum besitzen können.

Statt der Messeinrichtungen oder Werkzeuge kann auch leichtes oder kleines Mess- oder Bearbeitungsgut durch die Zusatzachsen getragen und durch gemeinsame Bewegung von Basis- und Zusatzachsen entlang von Messeinrichtungen oder Werkzeugen geführt werden, ohne dass hierzu eine grundlegend andere Koordination erforderlich wäre.

Beispielsweise aus WO 2006/75209 A2 (Gattiglio et al) ist zudem bekannt, dass Zusatzachsen zwar physisch orthogonal zueinander ausgerichtet sind, und sich gemeinsam in einer Ebene bewegen, die an zwei Basisachsen ausgerichtet ist, jedoch so, dass die physischen Zusatzachsen in dieser Bewegungsebene nicht parallel zu den Basisachsen ausgerichtet sind, beispielsweise, wie in WO 2006/75209 A2, um 45° gegenüber den Basisachsen in der gemeinsamen Bewegungsebene gedreht.

Eine redundante, parallel ausgerichtete Wirkung der Achsen ist grundsätzlich auch hier leicht zu implementieren, da die hierzu notwendige feste Transformation zwischen den Ausrichtungen von zwei an den physischen Achsrichtungen orientierten kartesischen Koordinatensystemen, mittels simpelster konstant wirkender analoger, digitaler oder computertechnisch berücksichtigter Multiplikationselemente, problemlos auch für den durchschnittlichen Fachmann vorzusehen ist.

Weiterhin ist aus dem Stand der Technik bekannt, dass anstelle linear bewegter Zusatzachsen, auch der Einsatz rotorisch um einen meist geringen Winkelbetrag bewegbarer Einrichtungen möglich ist, so dass mittels eines ausreichenden Abstandes zwischen Drehpunkt und Mess- oder Bearbeitungspunkt, eine ausreichend angenähert lineare Bewegung der für die Messung oder Bearbeitung relevanten Elemente einer Messeinrichtung oder eines Werkzeuges entsteht.

Eine Variante hiervon wird genutzt, wenn gebündelte Strahlungsenergie, meist ein Laserstrahl, mittels schwenkbarer Spiegel oder anderer Ablenkungselemente auf eine Bearbeitungsstelle gelenkt wird.

Zusatzachsen in diesem Sinne werden beispielsweise in dem Dokument WO 96/29634 A1 (Cutler et al) ausführlich behandelt, siehe illustrativ hierzu besonders Fig. 2 und Fig. 4 dort.

Ähnliche mechanische Verhältnisse betreffend der Zusatzachsen sind auch für andere Werkzeuge denkbar, beispielsweise rotierbare Fräsköpfe, oder entsprechende Messeinrichtungen, wobei oft zusätzlich eine Bewegung längs der Werkzeug- oder beispielsweise einer Messtasterachse möglich ist, auch zur Kompensation der Abweichung von einer zur jeweiligen Basisachse exakt parallelen Bewegung.

Ebenso ist aus dem US Patent 5 910 260 (Gerber) eine ähnliche Achskonfiguration bekannt, mit einer als "beam shifter" bezeichneten Ablenkeinheit für einen Laserstrahl. Betreffend der Koordination wird dort gelehrt, dass die trägeren Basisachsen eine weniger detaillierte Version der Sollkontur abfahren, während ergänzend sich die Zusatzachsen entsprechend der in der Bahn der Basisachsen fehlenden Details bewegen.

Tatsächlich ist dies jedoch eher eine Aufgabenbeschreibung als eine technische Lösung des Problems, da hier völlig unklar bleibt, wie diese getrennten Bewegungsanteile erzeugt werden und wie eine ausreichend synchronisierte und effiziente Koordination beider Achsarten technisch realisiert werden kann.

Alle dort in Beschreibung und Ansprüchen genannten Lösungsansätze hierfür, können keine effiziente Nutzung der Zusatzachsen bei zugleich weitgehend konstanter Bewegungsgeschwindigkeit des Werkzeuges gegenüber dem Material sicherstellen.

Entweder ist vorgesehen die Basisachse in ihrer Bewegungsgeschwindigkeit zu verlangsamen, um den Zusatzachsen das Abfahren der Details mit der Sollgeschwindigkeit und konstanten Bearbeitungsparametern zu erlauben (Anspruch 15 dort, letzter Teilsatz), oder es ist eine Beschleunigung der Bearbeitungsgeschwindigkeit während der Nutzung der Zusatzachsen vorgesehen (Anspruch 16 dort, letzter Teilsatz).

Details ("Features") können dort sowohl die von der Sollkontur abgetrennte Differenz zur Bewegung der Basisachsen sein, als auch eigenständige Konturen, die synchron zur Bewegung der Basisachsen an bestimmten Positionen separat ausgeführt werden sollen, wie in der Beschreibung dort, in Spalte 4, Zeilen 43 bis 54, ausgeführt wird.

Dies alles führt jedoch nicht zu technisch nachvollziehbaren effektiven Lösungen. Dass die "Features" mit höher Geschwindigkeit ausgeführt werden sollen, als die sonstige Bearbeitung, steht in völligem Gegensatz zum üblichen Ziel einer effizienten

gleichmäßigen Bearbeitung mit der höchstmöglichen Geschwindigkeit, so dass es nicht sinnvoll erscheint diese Möglichkeit hier weiter vertiefend zu diskutieren. Jedoch reicht es ebenso auch nicht, lediglich darauf hinzuweisen, dass die Geschwindigkeit der Basisachsen zur Erzielung einer gleichmäßigen Bearbeitungsgeschwindigkeit abnehmen sollte, wenn die Zusatzachsen zur Ausführung der "Features" zum Einsatz kommen.

Einerseits wäre dies wohl schon dem völligen Nichtfachmann anhand simpelster Summenbildung in den Sinn gekommen. Andererseits geht daraus nicht die geringste Information für ein funktionierendes Konzept zur entsprechenden Koordinierung der Achsen hervor.

Es ist unmöglich aus der Patentschrift US 5 910 260 auch nur eine grobe Regel zu entnehmen, wie eine Verlangsamung der Bewegung der Basisachsen, passend zu den Bewegungen der Zusatzachsen erfolgen soll, um eine weitgehend konstante Bearbeitungsgeschwindigkeit zu erhalten.

Ohne eine solche Regel, die für die von vornherein getrennte Abarbeitung entsprechender Teilkonturen durch Basis- und Zusatzachsen auch aus dem Stand der Technik nicht bekannt ist, dürfte die Realisierung einer entsprechenden Achskoordination jedoch nicht möglich sein.

Es wird nicht beschrieben wie zwei ausschließlich geometrisch definierte Teilkonturen in einer synchronen Bewegung von Teilsystemen wieder in eine Sollkontur zusammenzuführen sind. Dies wäre ein im Zeitverlauf komplexer Vorgang, für den bisher kein passender Stand der Technik vorliegt, der hierzu, für den Fachmann klar ersichtlich, verwendbar wäre.

In der Patentschrift EP 1 294 544 B1(Sartorio) wird eine weitere Konfiguration gezeigt und als eine Neuerung gegenüber dem früheren Stand der Technik eine zweiachsig linear bewegbare parallelkinematische Zusammenfassung der hoch beschleunigbaren Zusatzachsen gelehrt, was insbesondere zu dem Vorteil führt, dass in beiden horizontalen Hauptbewegungsrichtungen einer derart realisierten Maschine insoweit vergleichbare kinematische Verhältnisse herrschen, was die Effizienz einer zweidimensionalen Werkzeugbewegung verbessern kann.

Über die praktische Koordination der simultan betriebenen Achsen wird jedoch ebenfalls wenig offenbart. Lediglich einige wesentliche Rahmenbedingungen werden genannt, die bei der Koordination der Teilachsen gelten sollen.

Ab Satz [24] bis Satz [39] der Beschreibung und im Hauptanspruch wird im Patent EP 1 294 544 B1 hierzu etwas ausgeführt.

Insbesondere wird für wichtig gehalten (ab Satz [36] der Beschreibung), dass die Basisachsen sich wesentlich schneller bewegen können, als die höchste Bearbeitungsgeschwindigkeit.

Dies soll bewirken, dass im Verlauf einer simultanen Gesamtbewegung, nach einem hoch beschleunigten Voreilen der Zusatzachsen und vor einer neuerlichen hohen Beschleunigung, die Basisachse wieder aufholen kann und somit die Zusatzachse sich nicht vor der nächsten Bewegung schon am Rand ihres maximalen Bewegungsbereiches befindet, so dass weitere hoch beschleunigte koordiniert simultane Bewegungen nicht mehr, oder nicht ausreichend, möglich wären und es so zu unerwünschten Diskontinuitäten, besonders bei einer mehrdimensionalen Bewegung des Werkzeuges, kommen könnte.

Wie nun aber eine überlagerte Bewegung der Teilachsen tatsächlich koordiniert werden soll, darüber findet sich in EP 1 294 544 B1 keine weitere Information.

Somit ist dieses Dokument auch wenig hilfreich bei der praktischen Ausführung einer entsprechenden Maschine, da völlig im Dunkeln bleibt, wie und aus welchen Bedingungen sich die jeweiligen Daten zur Auslegung der einzelnen Komponenten ergeben sollen.

Der Zusammenhang zwischen Bewegungsgeschwindigkeit eines Werkzeuges gegenüber dem Material, Maximalgeschwindigkeiten der Basis- und Zusatzachsen, Beschleunigungen und des notwendigen Bewegungsspielraumes für die Zusatzachsen, in Abhängigkeit von diesen Größen, wird nirgendwo hergestellt.

Die einzigen Informationen, die aus dem oben genannten Abschnitt der Beschreibung, zu entnehmen sind, ergeben die Lehre, dass die Maximalgeschwindigkeit der Basisachsen wesentlich höher sein müsse als die Werkzeuggeschwindigkeit, und dass es möglich sei aus den genannten Bedingungen und der Voraussetzung bekannter Maschinendaten die notwendigen Gleichungen aufzustellen, um die noch unbekannten Maschinendaten zu ermitteln.

Offenbar auf dieser noch unvollständigen Lehre aufbauend, wird in EP 1 758 003 A1 (Cardinale et al) eine Koordination der Achsen vorgeschlagen, die einerseits nach dem Prinzip der inversen Kinematik die redundanten Freiheitsgrade einer Bewegungsmechanik in einem hoch abstrakt mathematisierten Verfahren nutzen soll, andererseits aber in den tatsächlich anwendbar ausformulierten Beispielen und Patentansprüchen gegenüber dem bekannten Stand der Technik nichts wirklich neues bietet.

Insbesondere wird zu einer möglichen Auslegung einer für solche Verfahren passenden Maschine aber beispielhaft das wiederholt, was schon in EP 1 294 544 B1 zu lesen war:

Die Maximalgeschwindigkeit der Basisachsen wurde deutlich höher gewählt, als die der Zusatzachsen.

(Siehe EP 1 758 003 A1, Beschreibung, Satz 32 und Anspruch 9).

Dem gegenüber offenbart der ältere Stand der Technik aus EP 594 699 B1, neben einer Frequenzaufteilungsmethode zur Erzeugung getrennter Ansteuerungssignale für die von vornherein koordiniert auf verschiedene Beschleunigungsbereiche aufgeteilte Bewegung der Teilachsen, auch noch eine wichtige Rahmenbedingung bei der Konzeption derartiger Maschinen, die ohne Einschränkungen für jede auch mit maximaler Arbeitsgeschwindigkeit abgefahrene Bahnkontur, die volle Beschleunigungsmöglichkeit der Zusatzachsen für den gesamten Bewegungsbereich der Basisachsen ermöglichen soll.

So wird in EP 594 699 B1 auf eine minimal notwendige Bewegungsfreiheit der Zusatzachsen in Abhängigkeit von der Werkzeuggeschwindigkeit und der Beschleunigungsfähigkeit der Basisachsen hingewiesen.

Siehe hierzu Spalte 4, Zeile 27 bis Zeile 51 der Beschreibung.

Und als wichtige Ergänzung der Methode, die Gesamtbewegung einer Achse, bezüglich der Beschleunigung in verschiedene Anteile zu zerlegen, wird in EP 594 699 zusätzlich gezeigt, dass in einer derartigen Konfiguration auch Summensignale für Position und Geschwindigkeit zur Rückkopplung, für eine aus überlagerten Anteilen bestehenden Achse genutzt werden können, statt einer separaten Rückkopplung jeder Teilachse.

Dies bietet insbesondere den Vorzug, dass sich somit automatisch auch eine Gegenkopplungsdynamik für die jeweilige Gesamtachse ergibt, die der Dynamik der hoch beschleunigbaren Zusatzachse entspricht, womit auch die Bewegungsabweichungen der weniger beschleunigten Basisachse von einer Gesamtsollbahn mit hoher Dynamik korrigiert werden.

Aber auch diese Beschreibung ist in einigen Aspekten unvollständig und lässt eine ganze Reihe von Fragen, die sich in Details der Koordination von überlagerten Achsen ergeben unbeantwortet.

In einem zu der im bisher beschriebenen Stand der Technik benachbarten Themenbereich, und zwar der aktiven Kompensation von Sollabweichungen bei der Bewegung in Werkzeugmaschinen oder sonstigen Bewegungseinrichtungen durch üblicherweise sehr kurzhubige Bewegungselemente, existiert schon ein vielfältiger Stand der Technik hierzu, wobei die besagten kurzhubigen Bewegungselemente meist ebenfalls als zusätzliche parallel zu den Maschinenachsen ausgerichtete Achsen angesehen werden können. Dies ist hier aber im wesentlichen beschränkt auf eine aktive Korrektur von Fehlern, die durch gewöhnlich elastische Verformungen der Strukturen, Schwingungen und Regelungsproblemen von relativ massereichen Bewegungselementen unter hohen Beschleunigungen bedingt sind.

Sehr allgemein gehalten, mit breit gestreuten Beispielen, angefangen mit der Regelung von Leseköpfen in der EDV bis hin zum Maschinenbau, hat sich US Patent 5 801 939 (Okazaki) mit dieser Problematik in seiner Beschreibung grundlegend auseinandergesetzt.

So ist in diesem Patent ein noch früherer Stand der Technik vom 1. Oktober 1991 beschrieben, der dort mit Bezug auf Fig. 9 von Spalte 3, Zeile 5 bis Zeile 18 und von Spalte 4, Zeile 35 bis Zeile 46, bezüglich der immer möglichst angestrebten Mittelposition der kurzhubigen Bewegungselemente, eine allgemein nutzbare Lösung offenbart, in der das Positionsausgangssignal des kurzhubigen Bewegungselementes dem Eingangssignal der zugehörigen Maschinenachse nach Durchlaufen eines integrierenden Elementes hinzuaddiert wird. Je nach der durch das integrierende Element bestimmten Zeit wird somit während einer unbeschleunigten Phase der Gesamtbewegung ein Einpendeln des kurzhubigen Elementes in seiner Null-Position erreicht, womit ein häufiges Randproblem der Koordination überlagert betriebener Achsen auf allgemein anwendbare Weise gelöst ist.

Ebenso zu dem besagten benachbarten technischen Bereich gehört das US Patent 5 109 148 (Fujita & Bamba). Dort wird ebenfalls für den Betrieb überlagerter Achsen einiges zum Stand der Technik Relevantes offenbart. Schrittweise in seiner Komplexität und Leistungsfähigkeit gesteigert, wird ein grundsätzlich allgemein zur Steuerung überlagerter Achsen geeignetes Regelmodell beschrieben.

Mit Bezug zu den Zeichnungen Fig. 3(b) bis Fig. 6, sowie Fig. 8 und 9 wird in dem ausführlichen Beschreibungsteil für die vorzugsweise zu realisierenden

Erfindungsvarianten zunächst ein relativ einfaches positionsabhängiges Regelmodell beschrieben, das dann in Fig. 4 um die Berücksichtigung der Geschwindigkeitskomponente der weniger beschleunigbaren Teilachse erweitert wird, was in Fig. 5 nochmals in ein Geschwindigkeitsfehlersignal verfeinert wird und schließlich in Fig. 6 entsprechend auch die Beschleunigungskomponente mit einbezieht.

Mit Bezug auf Fig. 8 und 9 wird dann eine Regelung für eine in zwei Achsen überlagert bewegbare Maschine beschrieben, bei der zusätzlich berücksichtigt wurde, dass in einer Achse die Zusatzachse von der Basisachse getragen wird, und daher die Beschleunigungskomponente der getragenen Zusatzachse, abhängig von der Beschleunigung der tragenden Basisachse, mit einem zusätzlichen Signal beaufschlagt wird.

Diese Beispiele für den Stand der Technik zeigen, dass grundsätzlich eine überlagerte Bewegung von parallel ausgerichteten Achsen zum Abfahren einer gegebenen Sollbahn nach dem Stand der Technik koordinierbar ist und wie die Regelzweige überlagert wirkender Antriebe untereinander durch die Verknüpfung von Regelgrößen beeinflusst werden können, um die Qualität des Gesamtregelverhaltens zu verbessern und somit eine verbesserte Bahngenauigkeit und Beschleunigungsfähigkeit eines Gesamtbewegungssystems zu erreichen.

Eine weiter verfeinerte Variante in die gleiche Entwicklungsrichtung wurde im Patent DE 101 567 81 C1 (Heinermann et al) offenbart. Gegenüber dem bisher schon beschriebenen Stand der Technik sind dort insbesondere die Ansprüche 6 bis 10 und 12 von Interesse, da in den zuvor aufgeführten Dokumenten noch nicht offenbart wurde, dass die Positionsbestimmung des TCP (Tool Center Point), des unmittelbar von der Zusatzachse angetriebenen Werkzeuges auch ausschließlich über die Auswertung von Beschleunigungsmessungen abgeleitet werden kann und vorzugsweise ein Hochpassfilter hierbei vorgesehen ist, um störende Dauersignale zu unterdrücken, beispielsweise durch Gravitationseinflüsse bei nicht perfekt horizontaler Ausrichtung.

Den drei zuletzt aufgeführten Dokumenten zum Stand der Technik ist, im deutlichen Unterschied zu den zu Anfang aufgeführten Beispielen, jedoch eines gemeinsam: Sie gehen ausdrücklich von sehr kurzen Zusatzachsen zur Kompensation von Bewegungsfehlern durch die üblichen Maschinenachsen oder der gesamten

Maschinenstruktur aus:

US Pat 5 801 939 Beschr. Spalte 7, Zeile 32 bis Zeile 35, "The fine positioner ..."

US Pat 5 109 148 Beschr. Spalte 5, Zeile 29 bis Zeile 30, "By the way ..."

DE 101 567 81 C1 Beschr. Satz [24], dritter Punkt "- der Zusatzantrieb ..."

Dem in diesen Dokumenten offenbarten Stand der Technik ist ebenso gemeinsam, dass das Ziel der Zusatzachsenbewegung immer die Kompensation von Bewegungsabweichungen der zu korrigierenden weniger beschleunigbaren oder mit einer größeren Positionierbarkeit behafteten Basisachsen ist.

Lediglich in US Pat 5 109 148 wird, allerdings ohne auf weitere Details einzugehen, beschrieben dass es möglich sei, durch ein "smoothing filter" die Basisachse von starken Beschleunigungskräften zu entlasten, die dann durch Kompensationsbewegungen der Zusatzachsen übernommen werden.

Siehe hierzu Anspruch 5 dort und die Beschreibung, Spalte 5, Zeile 16 bis Zeile 34.

Auch die Verbindung der Bewegung beider überlagerter Achsteile zu einer Gesamtbewegung wird dort in einem Satz ab Zeile 31 erwähnt.

Dies ist zwar abstrakt gesehen in einem gleichzeitigen Betrieb zweier parallel ausgerichteter Achsen selbstverständlich immer der Fall, jedoch ist dies hier mit Hinweis auf die Verbindung zum "smoothing filter" erwähnt worden, wodurch, neben der besagten Frequenzaufteilung der Teilbewegungen mittels Filtern in EP 594 699 B1, ein weiteres ähnliches Mittel offenbart wird, das grundsätzlich ebenfalls zur von vornherein geplant auf verschiedene Beschleunigungsbereiche aufgeteilten Bewegung der Teilachsen geeignet ist, im Gegensatz zur bloßen Korrektur oder Kompensation von Sollabweichungen der weniger beschleunigbaren Basisachsen, durch die höher beschleunigbaren Zusatzachsen.

Da auf diese grundsätzliche Möglichkeit in US 5 109 148 jedoch nicht näher eingegangen wird, fehlt dort auch jeder Hinweis darauf, dass und unter welchen weiteren Bedingungen ein Betrieb möglich wäre, der ohne wesentliche Einschränkungen für jede mit Arbeitsgeschwindigkeit abgefahrene Bahnkurve die volle Beschleunigungsmöglichkeit der Zusatzachsen für den gesamten Bewegungsbereich der Basisachsen ermöglicht.

Der Grundgedanke bleibt dort die Kompensation oder Korrektur einer Abweichung der Hauptachse durch die Zusatzachse, so dass zum grundsätzlich gleichgestellten Betrieb von Haupt- und Zusatzachse und zur optimalen gemeinsamen Nutzung der

Eigenschaften beider Achsarten keine problemlösende technische Lehre vorliegt.

Für das schon erwähnte Dokument WO 96/29634 A1 gilt, dass zwar nicht nur von Fehlerkompensation durch Zusatzachsen die Rede ist (siehe beispielsweise Seite 1, Zeilen 18 bis 22), tatsächlich jedoch keine universell nutzbare Lehre für eine mehrstufige Positionierungsvorrichtung geboten wird, die über das hinausgeht, was nicht schon aus US Pat 5 109 148 bekannt wäre.

Im Laufe der Beschreibung erfährt man genauer, wie die Koordination stattfinden soll: Wenn ein relativ zum Bearbeitungsgut zurückzulegendes Bahnsegment, das vom so genannten "Delta Process" (Fig. 2, 70 dort) an die nachfolgenden Verarbeitungsstufen ausgegeben wird, kürzer ist als 25% des Bewegungsspielraumes der hoch beschleunigbaren Zusatzachse, so werden die Grenzwerte für Beschleunigung und Geschwindigkeit an den Grenzwerten der Zusatzachse ausgerichtet, sonst an die Basisachsen angepasst.

(Siehe Seite 10 dort, Zeilen 16 bis 31)

Solch ein recht grobes Verfahren ist jedoch nur zur dort behandelten schrittweisen Positionierung auf eine Sequenz von Bearbeitungspunkten geeignet und nicht zur kontinuierlichen Bewegung einer Messeinrichtung oder eines Werkzeuges auf einer komplexen Bahnkurve. Dies gilt auch für die weiteren dort beschriebenen Beispiele.

Wie schon erwähnt, offenbaren auch andere aufgeführte Dokumente keine hierfür verwertbaren Erkenntnisse, so dass bisher allein in EP 594 699 B1 überhaupt eine erste Bedingung genannt wurde, die einen Stand der Technik bezüglich der notwendigen Auslegung der Basisachsen und Zusatzachsen offenbart, der über praktisch wenig nutzbare Abstraktionen oder Experimentieranleitungen hinausgeht, oder das, was für die reine Kompensation einer Sollabweichung der Basisachsen durch Zusatzachsen notwendig wäre.

Es handelt sich dabei insbesondere um die Bestimmung des notwendigen Bewegungsspielraums der Zusatzachsen, in Abhängigkeit von der angestrebten Arbeitsgeschwindigkeit und der maximalen Beschleunigung der weniger beschleunigbaren Basisachsen.

Welche Geschwindigkeit der Zusatzachsen im Verhältnis zur angestrebten Mess- oder Bearbeitungsgeschwindigkeit sinnvoll wäre, darüber finden sich im Stand der Technik bisher ebenso keine systematischen Auskünfte.

Die indirekten Hinweise lassen bei den primär an einer reinen Kompensation orientierten Dokumenten, wegen der kurzen Bewegungen, ohnehin nur geringe Geschwindigkeiten zu, unabhängig davon ob diese Achsen physisch zu höheren Geschwindigkeiten in der Lage wären, und in EP 1 204 544 B1 findet sich zwar ein Hinweis auf eine notwendigerweise gegenüber der Bearbeitungsgeschwindigkeit erhöhte Geschwindigkeit der Basisachsen, aber keinerlei Hinweis auf die notwendigen Geschwindigkeiten der Zusatzachsen. Auch der dort dargestellte "most critical case" (Satz [33], Fig. 4) würde von einer Zusatzachse maximal die beabsichtigte Bearbeitungsgeschwindigkeit fordern, weshalb es auch wohl nicht näher erwähnt wurde. Zum letzten Punkt gilt dies auch für EP 594 699 B1. EP 1 758 003 A1 wurde oben schon entsprechend erwähnt.

Wie nun neuere Untersuchungen des Erfinders der hier vorliegenden Erfindung zeigen, wurden im Stand der Technik kritische Betriebssituationen nicht derart berücksichtigt, dass die dort angegebenen Auslegungen ausreichend wären, um das Beschleunigungspotential der Zusatzachsen, für jede denkbare Bewegung der Gesamtachsen bei einer hohen angestrebten konstanten Mess- oder Bearbeitungsgeschwindigkeit, wirksam werden zu lassen.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ausgehend vom Stand der Technik zur Verwendung von redundant translatorisch wirksamen Teilachsen in Mess- und Bearbeitungsmaschinen, ein Konzept solcher Maschinen oder ein Verfahren zu offenbaren, das geeignet ist, um für eine Messung oder Bearbeitung das Beschleunigungspotential hoch beschleunigter Teilachsen, hier als Zusatzachsen bezeichnet, für jede grundsätzlich mögliche Bewegung der Gesamtachsen im Bewegungsbereich der weniger beschleunigbaren Teilachsen, hier als Basisachsen bezeichnet, bis hin zur einer maximal geeigneten Mess- oder Bearbeitungsgeschwindigkeit ohne Einschränkung wirksam werden zu lassen.

Beschreibung der Erfindung

Die Erfindungsaufgabe wird gelöst durch eine Mess- oder Werkzeugmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 1. In den Rahmen der Erfindung fällt auch eine Mess- oder Werkzeugmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 17 und ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 9 und einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 18.

Für alle Varianten von redundant translatorisch wirksamen Achsanordnungen, die mit einer gleichzeitigen Bewegung der überlagerten Achsanteile arbeiten, ergibt sich eine Begrenzung der maximal möglichen Beschleunigung und konstanten Arbeitsgeschwindigkeit, wenn ein kontinuierlicher Bewegungsablauf über die Bereichsgrenzen, der kürzeren hoch beschleunigbaren Achsanteile (Zusatzachsen), hinausgeht.

Diese Geschwindigkeitsgrenze hängt hauptsächlich von der Entfernung zwischen den besagten Bereichsgrenzen der Zusatzachsen und der maximal möglichen Beschleunigung der langsamer beschleunigbaren Basisachsen ab.

Eine Näherungsformel hierfür wurde schon in EP 594 699 B1 angegeben.

Jedoch ist die Formel nur für solche Bewegungen korrekt, die sich innerhalb der zu koordinierenden parallel ausgerichteten Achskombination in eine Richtung bewegen. Die Verhältnisse bei erheblichen aufeinander folgenden Gegenbewegungen wurden nicht berücksichtigt.

Für eine Bewegung mit maximaler Mess- oder Bearbeitungsgeschwindigkeit, aus dem Stand heraus, benötigt eine Basisachse einen Weg S von $V_{bmax}^2 / 2B_b$, wobei S für Beschleunigungsstrecke, V_{bmax} für die höchste Mess- oder Bearbeitungsgeschwindigkeit und B_b für die Beschleunigung der Basisachse steht. Spätestens nach diesem Weg kann die Basisachse die komplette Bewegung übernehmen, so dass die Zusatzachse, die während dieser Beschleunigung die Differenzgeschwindigkeit übernommen hat, annähernd auch dieselbe Wegstrecke in ihrem Bewegungsbereich (S_z) zurücklegen musste.

Wenn jedoch aus einer solchen Bewegung heraus eine Richtungsumkehr erfolgt und eine Bewegung, die wiederum die gegenüberliegende Grenze des Bewegungsbereiches der Zusatzachse überschreiten würde, so benötigt die Basisachse, da die Relativgeschwindigkeit zur Sollbewegung nun doppelt so hoch ist, bei gleicher Beschleunigung auch die doppelte Zeit um wieder die angestrebte Geschwindigkeit in der anderen Richtung zu erreichen.

Das Ergebnis wäre, dass die Zusatzachse nun schon die vierfache Strecke hätte zurücklegen müssen, da sie, etwas vereinfacht, mit der doppelten Geschwindigkeit starten muss, um die überschießende Bewegung der Basisachse solange in die Gegenrichtung zu kompensieren, bis die Basisachse wieder die Sollgeschwindigkeit erreicht hat.

Daher ergibt sich erstens, dass die minimal notwendige Bewegungsfreiheit der Zusatzachse (S_z), um die träge Basisachse in jeder Lage bewegungsmäßig kompensieren zu können, annähernd $4 \times V_{bmax}^2 / 2B_b$ also vereinfacht

$2 \times V_{\text{bmax}}^2 / B_b$ betragen muss und zweitens, sich die Zusatzachse kurzzeitig mit mindestens annähernd der doppelten Mess- oder Bearbeitungsgeschwindigkeit bewegen muss.

Unabhängig davon, ob diese Werte, je nach Anwendungsfall, im Detail auch etwas geringer ausfallen können, ist nach dem aufgeführten Stand der Technik meist zusätzlich zu berücksichtigen, dass die Ausgangsposition der Zusatzachse vorzugsweise in der Mitte ihres Bewegungsbereiches liegt, so dass man diese Distanz zu den Grenzen des Bewegungsbereiches noch einmal doppelt benötigt, womit sich ein maximal notwendiger Bewegungsspielraum der Zusatzachse von insgesamt $4 \times V_{\text{bmax}}^2 / B_b$ ergibt, wenn aufbauend auf dem bisherigen Stand der Technik eine Nutzung des vollen Beschleunigungspotentials der Zusatzachsen bei einer Mess- oder Bearbeitungsgeschwindigkeit V_{bmax} für jede Eventualität garantiert sein soll.

(erfindungsgemäße Ausnahmen hiervon werden weiter unten behandelt)

Umgekehrt kann so bei gegebenem Bewegungsspielraum der Zusatzachsen und bekannter Beschleunigung der Basisachsen entsprechend leicht die unkritische Maximalgeschwindigkeit für Mess- oder Bearbeitungsbewegungen grob bestimmt werden, da eine Umstellung der obigen Gleichung $V_{\text{bmax}} = \text{SQRT}(S_z \times B_b / 4)$ ergibt. (SQRT = Quadratwurzel)

Diese Angaben stimmen nur näherungsweise, weil hierbei - der Übersichtlichkeit halber - das begrenzte Beschleunigungsvermögen der Zusatzachsen nicht extra berücksichtigt wurde.

Bei relativ hohen Beschleunigungswerten der Zusatzachse ergeben sich in ausreichend guter Näherung die nach obigen Gleichungen bestimmten Werte für den erforderlichen Bewegungsspielraum der Zusatzachsen und die maximale unkritische Mess- oder Bearbeitungsgeschwindigkeit.

Wenn die Beschleunigungen beider Achsarten berücksichtigt werden sollen, lauten die entsprechenden Gleichungen:

$$S_z = 4 \times V_{\text{bmax}}^2 \times (1/B_b - 1/(B_b + B_z)), \quad V_{\text{bmax}} = \text{SQRT}(S_z / 4 \times (1/B_b - 1/(B_b + B_z)))$$

Die notwendige Höchstgeschwindigkeit einer Zusatzachse errechnet sich entsprechend:

$$V_{zmax} = 2 \times V_{bmax} / (1 + B_b/B_z)$$

Dabei ist zu berücksichtigen, dass B_z den Beschleunigungsbetrag der Zusatzachse bezeichnet, der einer relativen Bewegung zwischen Werkzeug und Bearbeitungsgut oder Messeinrichtung und Messgut durch die jeweilige Zusatzachse tatsächlich hinzugefügt wird.

Dies ist insbesondere bei einander tragenden gleichgerichteten Achsen zu beachten, da in diesem Fall die notwendige Kraft für den Beschleunigungsbetrag der Basisachse, wenn parallel auch an der Zusatzachse wirksam, noch keinen zusätzlichen Bewegungsanteil erzeugt, sondern erst ein Überschuss über die Kraft zum Ausgleich der Beschleunigung der Basisachse zu einem entsprechenden relativen Bewegungsanteil führt.

Dass dieser Punkt bei parallel ausgerichteten überlagert betriebenen Achsen berücksichtigt wird, entspricht dem Stand der Technik, wie oben auch schon am Beispiel US Patent 5 109 148, mit Hinweis auf Fig. 9 dort, erwähnt wurde.

Die obigen Gleichungen gehen davon aus, dass, entsprechend dem überwiegend veröffentlichten Stand der Technik, als angestrebte Ruheposition bei unbeschleunigter Gesamtbewegung, die Mittelstellung der Messeinrichtung oder des Werkzeuges innerhalb des Bewegungsspielraumes einer kürzeren Teilachse gilt und der Bewegungsspielraum von der Mittelstellung aus (also $S_z / 2$) immer ausreichend sein sollte, um einen kompletten Vorzeichenwechsel der Geschwindigkeit ($+V_{bmax}$ auf $-V_{bmax}$ oder umgekehrt) ausführen zu können, ohne dass es zu einer Überschreitung der Grenzen des Bewegungsspielraumes (S_z) kommen würde.

Diese Situation wird jedoch in einem abhängigen Nebenanspruch behandelt, da die Formulierung im Hauptanspruch tatsächlich die allgemeingültigere ist, weil sie in jedem Fall gilt, auch wenn entsprechend eines zusätzlich erfindungsgemäß verbesserten Koordinationsverfahrens für die Achsbewegungen vorgesehen ist, dass die angestrebte Ruheposition der Messeinrichtung oder des Werkzeuges innerhalb des Bewegungsspielraumes einer kürzeren Teilachse, bei unbeschleunigter Gesamtbewegung in der jeweiligen Achse, außerhalb der Mittelstellung, in Richtung der Gesamtbewegung verschoben ist, und zwar vorzugsweise derart, dass die besagte Abweichung von der Mittelstellung im wesentlichen genau dann der maximal möglichen Auslenkung entspricht, wenn die besagte Gesamtbewegung der maximal nutzbaren Geschwindigkeit in der jeweiligen Achse entspricht.

Dieser, der gewöhnlichen Achskoordination zusätzlich überlagerte Einfluss, führt dazu, dass der Bewegungsspielraum einer kürzeren Teilachse immer gerade in der Richtung zur Verfügung steht, die für die voreilende Beschleunigung der kürzeren Teilachse entsprechend verhältnismäßig benötigt werden könnte, also entgegen der momentanen Gesamtbewegung, was im übrigen auch keinen wesentlichen zusätzlichen Aufwand gegenüber dem Verfahren des unbedingten Anstrebens der Mittelposition erfordert, sondern praktisch eine gleich aufwändige Alternative hierzu darstellt, jedoch mit dem großen Vorzug, dass wahlweise nur die Hälfte des Bewegungsspielraumes für die Zusatzachsen benötigt wird oder eine entsprechend höhere konstante Arbeitsgeschwindigkeit möglich ist, soweit auch die Zusatzachse entsprechend doppelt so schnell bewegbar ist.

Ein weiterer Vorteil dieser Erfindungsvariante ergibt sich, da somit die Geschwindigkeit der Basisachse nicht mehr temporär höher sein muss als die angestrebte Mess- oder Bearbeitungsgeschwindigkeit.

Vorzugsweise sollte berücksichtigt sein, dass als Bewegungsspielraum einer Zusatzachse zur Koordination der Achsen ein kleinerer Betrag als Bewegungsspielraum angenommen wird, als es der physischen Auslenkbarkeit entspricht, und zwar vorzugsweise mindestens in jeder Richtung um den Betrag reduziert, der maximal als Auslenkung der jeweiligen Achse, durch ein dem Sollsignal hinzuaddiertes korrigierendes Signal, beispielsweise aus einer Vorkompensation oder Gegenkopplung, zu erwartenden ist.

Die Ausführung der Erfindung ist möglich indem eine Maschine unmittelbar auf die in den ersten Ansprüchen ausgeführten Eigenschaften hin ausgelegt und optimiert ist, oder indem eine beliebige Maschine mit entsprechend redundant nutzbaren Achsen anhand der Verfahrensansprüche koordiniert wird, beispielsweise in einem entsprechenden Betriebsmodus einer CNC-Steuerung, die einen erfindungsgemäßen Betrieb bietet, in dem die konstante Bearbeitungsgeschwindigkeit auf den kleineren Wert, entweder etwa der Hälfte der maximalen Geschwindigkeit der Zusatzachsen oder passend zur Beschleunigung der Basisachsen im Verhältnis zum Bewegungsspielraum der Zusatzachsen, gesetzt wird.

Wenn beispielsweise eine Maschine mit überlagert betreibbaren parallel ausgerichteten Achsen auf einen Betrieb mit gleicher oder sogar höherer Höchstgeschwindigkeit der Basisachsen gegenüber den Zusatzachsen

ausgelegt ist, so kann sie dennoch erfindungsgemäß betrieben werden, wenn während des erfindungsgemäßen Betriebes sichergestellt ist, dass die Zusatzachsen, gemäß der oben angegebenen Formeln, ausreichend schnell gegenüber der tatsächlich genutzten Mess- oder Bearbeitungsgeschwindigkeit sind.

Gewöhnlich würde dies bedeuten, dass ein erfindungsgemäßer Betrieb mit Mess- und Bearbeitungsgeschwindigkeiten bis zu etwa der Hälfte der maximalen Geschwindigkeit der Zusatzachsen möglich ist, wenn zugleich ein entsprechend ausreichender Bewegungsspielraum der Zusatzachsen sichergestellt ist.

Der entscheidende Unterschied zum bisherigen Stand der Technik ergibt sich daraus, dass erstmals die Eigenschaften einer Maschine oder einer entsprechenden Betriebsart offenbart werden, um für eine Messung oder Bearbeitung das Beschleunigungspotential hoch beschleunigter Teilachsen für jeden denkbaren Bewegungsablauf der Gesamtachsen im Bewegungsbereich der weniger beschleunigbaren Teilachsen, bis hin zur einer maximal geeigneten Mess- oder Bearbeitungsgeschwindigkeit, wirksam werden zu lassen, so dass ohne Einschränkungen über den gesamten Bewegungsbereich der Basisachsen eine kontinuierliche Bewegung mit der Beschleunigung der Zusatzachsen möglich ist.

Nach dem bisherigen veröffentlichten Stand der Technik war ein planbar funktionierender Betrieb nur derart möglich, dass die hoch beschleunigten Teilachsen zur Korrektur oder Kompensation der Bewegung der weniger beschleunigbaren Teilachsen genutzt werden konnten, was zwar auch eine Erhöhung der Bearbeitungsgeschwindigkeit und/oder der Genauigkeit bedeuten kann, jedoch nicht annähernd in dem Ausmaß und mit den wichtigen zusätzlichen Vorteilen, die sich mit erfindungsgemäß ausgelegten und betriebenen Zusatzachsen ergeben.

Während beispielsweise eine Kompensation nach dem Stand der Technik immer nur eine graduelle Beschleunigung, orientiert an der grundsätzlichen Beschleunigungsfähigkeit der Basisachsen, ermöglicht, erlaubt der von vornherein als überlagerte Bewegung geplante erfindungsgemäße Betrieb, insbesondere bei komplexen abzufahrenden Bahnkurven, eine Beschleunigung von Mess- und Bearbeitungsvorgängen gleich um Größenordnungen.

Dies wäre zwar grundsätzlich auch anhand einiger weiterer Dokumente aus dem bisherigen Stand der Technik beabsichtigt gewesen.

Jedoch wurden dort die erfindungsgemäßen Eigenschaften entsprechender Maschinen nicht ausreichend oder gar nicht offenbart, so dass bisher eine vollständige technische Konzeption für derartige Maschinen und ein entsprechender Betrieb auf Basis des veröffentlichten Standes der Technik nicht möglich war.

Bei der Koordination der Achsen derartiger Maschinen kann zum Teil auf den bekannten Stand der Technik für Maschinen, mit einer auf Kompensation zielenden Koordinationsstrategie zurückgegriffen werden, weshalb dies auch zum Stand der Technik so ausführlich dargestellt wurde und somit verdeutlicht, dass die Anwendung der Erfindung auch ohne großen Entwicklungsaufwand auf Basis vorhandener Maschinen umsetzbar ist, wenn auch eine speziell auf den ersten Hauptanspruch hin ausgelegte und optimierte Maschine erst das Potential der Erfindung vollständig erschließen kann.

Ausgehend von dem nächstliegenden bekannten Stand der Technik hierzu, der im US Patent 5 109 148 sehr ausführlich, insbesondere mit Bezug auf die Fig. 3(b) bis 6 sowie 8 und 9 ab Spalte 4 der Beschreibung, behandelt wird, ist es für eine erfindungsgemäße Koordination der Achsen, zusätzlich notwendig, ein dort als "smoothing filter" bezeichnetes, bezüglich der Geschwindigkeit tiefpassartig wirkendes Element nicht so auszulegen, dass es lediglich zu einer dort nur unklar definierten Entlastung des Antriebsstranges der Basisachsen kommt, sondern exakt erfindungsgemäß so auszulegen, dass bei gegebenem Bewegungsspielraum der jeweiligen Zusatzachse und vorgegebener Mess- oder Bearbeitungsgeschwindigkeit sich entsprechend die notwendige Beschleunigungsfähigkeit der Basisachsen ergibt, so dass die Zusatzachsen in keiner Phase der Messung oder Bearbeitung, zu einer Ansteuerung kommen können, die bei kontinuierlicher Messung oder Bearbeitung über die Grenzen des Bewegungsspielraumes der Zusatzachsen hinaus führen würde.

Dies ist natürlich nur bis zur tatsächlich physisch erreichbaren Beschleunigung der jeweiligen Basisachse möglich und sinnvoll.

Wenn dieses tiefpassartig wirkende Element oder eine andere Begrenzung innerhalb der Beschleunigungskontrolle der Basisachsen, verstellbar ausgelegt

oder datentechnisch realisiert wird, kann es zusätzlich an die jeweils für eine Messung oder Bearbeitung erwünschte Geschwindigkeit angepasst werden, so dass ein möglichst großer Anteil der Beschleunigung und der Bewegung von den Zusatzachsen übernommen wird, was immer zugleich auch eine möglichst ruhige und belastungsarme Bewegung der Basisachsen, mit den entsprechend geminderten dynamischen Problemen, wie Verbiegungen und Schwingungen bedeutet.

Für die Berechnung entsprechender Werte können wiederum die eingangs genannten Gleichungen entsprechend umgestellt werden.

In der vereinfachten Form wäre dies also $B = 4 \times V_{\text{bmax}}^2 / S$, wobei B die Einstellung des besagten Begrenzungselementes für die Beschleunigung der Basisachse wäre, V_{bmax} die gewünschte Mess- oder Bearbeitungsgeschwindigkeit und S, der durch die jeweilige Mechanik gegebene Bewegungsspielraum der entsprechenden Zusatzachse.

Die erfindungsgemäße Auslegung der Zusatzachsen mit mindestens annähernd der doppelten Geschwindigkeit gegenüber der Arbeitsgeschwindigkeit ist dann ersichtlich eine Voraussetzung dafür, dass dies überhaupt in zumindest annähernd optimaler Weise möglich ist.

Bevorzugt werden auch immer solche Konfigurationen sein, die den Einfluss phasendrehender Elemente auf eine Gegenkopplung minimieren und von vornherein eine Vorkompensation von schon zu erwartenden Fehlern, beispielsweise anhand von Modellrechnungen, vornehmen, um insgesamt mit einer möglichst geringen Gegenkopplung auszukommen, so dass unvermeidbare Phasendrehungen weniger zu Schwingungen beitragen. Ideal wäre ein vollständige Vorwegkompensation aller auftretenden Soll/Ist Differenzen, was jedoch in der gewünschten Genauigkeit meist nicht erreichbar sein wird.

Der Zwang zur zumindest zusätzlich rückgekoppelten Regelung wird also üblicherweise bestehen bleiben, wenn hohe Genauigkeit gefordert ist.

Es entspricht weiterhin, unabhängig von den durch die Erfindung eingeführten Neuheiten, dem Stand der Technik, dass mit den real ermittelten Soll/Ist Differenzen die Daten einer Vorwegkompensation laufend angepasst werden können, was die Schwingungsneigung einer geregelt betriebenen Achskonfiguration, wegen der

geringeren notwendigen Gegenkopplung, weiter mindern kann.

Ebenso kann der schwingungsfördernde Einfluss der Phasendrehung, sowohl durch entsprechende Vorwegkompensation als auch durch frequenzabhängig "rückdrehende" Kompensation im Gegenkopplungspfad, gemindert werden.

Als redundante translatorische Bewegungsmöglichkeit kann auch gelten kann, wenn rotatorisch oder parallelkinematisch wirkende Teilbewegungsvorrichtungen, neben ihren typischen Bewegungsmöglichkeiten oder ausschließlich, innerhalb eines anwendungsabhängig ausreichend kleinen Bewegungsbereiches, für eine redundante translatorische Bewegung einer Messeinrichtung oder eines Werkzeuges genutzt werden können.

Abschließend wird eine Steuerungsauslegung beschrieben, die besonders für eine erfindungsgemäße Koordination von Basis- und Zusatzachsen geeignet ist.

Hierzu wird in einem externen Computer oder der CNC-Steuerung zunächst ein Gesamtbewegungsprofil einer kontinuierlich abzufahrenden Bahn erstellt, unter Berücksichtigung der maximalen Beschleunigungsmöglichkeit der Zusatzachsen. Ein solches Profil besteht aus möglichst kurzen Bahnabschnitten, für die jeweils die Endpositionen, die Geschwindigkeiten und die notwendigen Beschleunigungen in den zu berücksichtigenden Achsen abgelegt sind.

Datentechnisch kann dies in der Form einer Liste, eines sogenannten Arrays erfolgen. Die notwendigen Beschleunigungen im Endpunkt des jeweiligen Abschnittes werden aus der Richtungsabweichung gegenüber dem nachfolgenden Abschnitt und der angestrebten Sollgeschwindigkeit ermittelt. Wenn sich in wenigstens einer Achse eine höhere Beschleunigung ergibt, als die jeweilige Zusatzachse leisten kann, wird die Beschleunigung auf dieses Maximum gesetzt und die Geschwindigkeiten werden entsprechend angepasst. Diese können, beispielsweise an einer Konturecke, auch den Wert 0 annehmen. Wird bei dieser Vorgehensweise ein Punkt erreicht, an dem die Geschwindigkeitswerte wieder ansteigen, ist also ein Minimum eindeutig überschritten worden, wird diese Position gemerkt und von hier aus die Daten in der Liste rückwärts an die errechneten Geschwindigkeiten angepasst, weil zu berücksichtigen ist, dass die im Vorwärtsdurchgang errechneten Geschwindigkeiten, von Abschnitt zu Abschnitt größere Veränderungen erfordern können, als tatsächlich mit der jeweiligen Beschleunigung erreichbar wäre, so dass sich diese Rückwärtsbearbeitung bis zu Abschnitten hinziehen

kann, die für sich genommen keine Reduktion der Geschwindigkeit erfordert hätten. Dies ist analog der Situation eines Autofahrers der mit hoher Geschwindigkeit unterwegs ist und gegebenenfalls schon weit vor einer scharfen Kurve abbremsen muss.

Es handelt sich also um eine sogenannte "look ahead"-Verfahrensweise. Von dem besagten gemerkten Punkt aus, geht es mit der verminderten Geschwindigkeit jeweils zuzüglich des realisierbaren Beschleunigungsbeitrages wieder voran, bis zu einem Punkt an dem wiederum ein neues Minimum detektiert wurde, wonach sich der schon beschriebene Vorgang wiederholt. Dies wird bis zum Ende der abzufahrenden Bahn fortgeführt, bis das gesamte Profil erstellt wurde.

Die beschriebene Profilberechnung kann auch für einen ausreichend langen, jeweils aktuellen Abschnitt im Voraus, während einer Messung oder Bearbeitung, als in die laufende Bewegungsausführung integriertes "look ahead" stattfinden, so dass dieses Verfahren weder für die Arbeitsvorbereitung noch den Maschinenbediener bemerkbar ist.

Dem Fachmann wird sicherlich auffallen, dass diese Vorgehensweise bis zu diesem Punkt ebenso gut auch allein für eine Maschine ohne redundant wirksame Zusatzachsen anwendbar wäre.

Jedoch können nur bei einer erfindungsgemäß konzipierten Maschine oder beim Einsatz eines erfindungsgemäßen Verfahrens, hier problemlos die entsprechenden Grenzwerte der Zusatzachsen auch bei überlagert betreibbaren Achskonfigurationen verwendet werden.

Das so erstellte Profil kann nun unmittelbar zur Steuerung einer erfindungsgemäß aufgebauten oder arbeitenden Maschine benutzt werden, die in ihrer Regelung beispielsweise dem aus US Patent 5 109 148 bekannten Stand der Technik entspricht, wobei hier vorzugsweise zusätzlich jedoch die errechneten Beschleunigungswerte parallel zur Verbesserung des Regelverhaltens genutzt werden, um per direktem Vergleich mit Beschleunigungssensoren auf den Zusatzachsen eine besonders verzögerungsarme Gegenkopplung zu erreichen.

Alternativ können aber die Profildaten vor der unmittelbaren Steuerung nochmals aufgeteilt werden, in solche Daten die zur Ansteuerung der Zusatzachse bestimmt sind und solche für die jeweiligen Basisachsen. Vorzugsweise werden hier die Beschleunigungsdaten als Trennungskriterium

genutzt, indem Bewegungsabschnitte mit höheren Beschleunigungen, als die maximale Beschleunigung der Basisachsen, den Zusatzachsen zugeteilt werden, wobei jedoch immer zu beachten ist, dass die Basisachsen schon jeweils mit bestimmten Positionen, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen behaftet sind, die von den Gesamtwerten abzuziehen sind, so dass die Zusatzachsen die Differenzwerte erhalten. Hieraus ergeben sich dann zwei Profile die, exakt Listensynchron ausgeführt, wiederum die erwünschte Gesamtbewegung ergeben.

Dies würde in seiner Funktion weitgehend einer simulierten Frequenzweiche entsprechen, wie sie aus EP 594 699 B1 bekannt ist, wodurch schon Einzelheiten von alternativ denkbaren Regelungseinrichtungen des Standes der Technik in die Profildatenerzeugung integriert sind.

Ein Vorteil gegenüber einer einfachen simulierten oder realen Frequenzweiche und ähnlichen Einrichtungen, ergibt sich aus der Tatsache, dass alle drei Attribute der Sollbewegung für Steuerungs- und Regelungszwecke vorliegen, statt nur eines Attributes, beispielsweise nur der Position oder nur der Geschwindigkeit, was auch in Weiterentwicklung dieses Teiles des Standes der Technik, eine exaktere sowie schnellere Steuerung und Regelung ermöglicht.

Als entscheidender Vorteil der Erfindung erweist sich jedoch, dass bei erfindungsgemäßer Auslegung der Zusatzachsen oder auch bei einem Betrieb, von nach anderen Kriterien ausgelegten Achskonfigurationen, aber nach einem erfindungsgemäßen Verfahren, eine spezielle Berücksichtigung von besonderen Bahngeometrien weder auf manuelle Weise noch durch eine weitere automatische Verfahrensstufe notwendig ist und dennoch jeder Teil der Bahngeometrie mit der vollen Beschleunigung der Zusatzachsen durchfahren werden kann.

Sowohl die Art der Basisachsen, als auch der Zusatzachsen kann mechanisch sehr vielfältig realisiert sein.

Für Basisachsen werden gewöhnlich Linearantriebe, Hohlwellenmotore, Zahnstangentriebe oder Kugelgewindespindeln zum Einsatz kommen, während für die Zusatzachsen, je nach benötigtem Bewegungsspielraum und Größendimension der Anwendung neben Linearantrieben und möglichst direkt angetriebenen Kugelgewindespindeln auch piezoelektrisch, elektrodynamisch ("voice coils"), hydraulisch oder pneumatisch wirksame Antriebe verwendbar sein können.

Genauso ist auch der Einsatz von um eine Achse drehbarer oder parallelkinematisch

bewegbarer Maschinenteile als entsprechend linear wirkende Zusatzachse innerhalb eines engen Winkelbereiches möglich, wie beispielsweise schwenkbare Laserschneidköpfe oder parallelkinematisch bewegbare Fräsköpfe.

Eine Mess- und Werkzeugmaschine kann erfindungsgemäß beispielsweise für den Schiff- oder Flugzeugbau zum Vermessen und Bearbeiten größter Bauteile in höchster Detailkomplexität vorteilhaft konzipiert werden, oder für eher alltägliche Dimensionen beispielsweise in der Größe von Autokarosserien, Waschmaschinen oder Platinen für elektronischen Schaltungen, bis hinunter in die Dimensionen von Zentimetern oder Bruchteilen von Millimetern, für die Abmessungen eines zu vermessenden oder zu bearbeitenden Werkstückes in der Mikrosystemtechnik, Mikroelektronik oder der Nanotechnologie.

Das Grundproblem - die Größe eines möglichst ununterteilten Arbeitsraumes im Verhältnis zu den zu berücksichtigenden Details - nimmt tendenziell immer mehr zu und damit zugleich auch der Bedarf für höchste Beschleunigungen bei möglichst kontinuierlicher Mess- und Bearbeitungsgeschwindigkeiten an komplexen Konturen und Strukturen und somit entsprechend komplexen Bahnkurven.

Bearbeitungsmethoden für die sich eine erfindungsgemäße Maschine besonders eignet, sind das Schweißen, Schneiden, Fräsen, Gravieren, Markieren, Aufbringen von komplexen Konturen und Strukturen auf eher flachen Materialien, wie Blechen, Kunststoffen, Glas, Keramiken, Holz und Textilien.

Ebenso ist das Rapid Prototyping eine geeignete Anwendung, insbesondere Verfahren in denen Schichten zugeschnitten, Material kleinräumig aufgetragen wird oder mit einem möglichst senkrecht zum Material ausgerichteten Energiestrahlgearbeitet werden muss, beispielsweise um eine möglichst gleichmäßigen und exakt reproduzierbaren Energieeintrag zu erhalten.

Ferner sind das exakte Bearbeiten kleinster Strukturen oder das präzise Auf- und Abtragen feinsten Details mit hoher Geschwindigkeit genauso mögliche Anwendungen der vorliegenden Erfindung, wie auch das Messen und Kontrollieren in den genannten Bereichen, wobei diese nur als Beispiele zu verstehen sind und keine in irgend einer Weise abschließende Aufzählung von Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung darstellen sollen.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung schematisch dargestellt und werden nachfolgend mit Bezug zu den Figuren der Zeichnung näher

erläutert. Es zeigt:

- Fig. 1 eine Werkzeugmaschine mit einem in zwei Achsrichtungen bewegbaren Werkzeug und einer Zusatzachse;
- Fig. 2 eine Werkzeugmaschine mit fünf Achsrichtungen;
- Fig. 3a eine stark schematisierte Darstellung einer Basisachse und Zusatzachse;
- Fig. 3b eine Darstellung des Bewegungsspielraums einer Zusatzachse;
- Fig. 4a-c Diagramme zur Erläuterung der erfindungsgemäßen Dimensionierung einer Zusatzachse;
- Fig. 5 ein Diagramm zur Erläuterung des benötigten Bewegungsspielraums der Zusatzachse;
- Fig. 6a-c Diagramme zur Erläuterung der erfindungsgemäßen Dimensionierung einer Zusatzachse bei einer alternativen Betriebsart der Maschine;
- Fig. 7 ein Diagramm zur Erläuterung des benötigten Bewegungsspielraums der Zusatzachse.

In der Fig. 1 ist eine Werkzeugmaschine 10 dargestellt, bei der ein Werkstück 11 ortsfest angeordnet ist. Ein Portal 12 ist entlang der Achsrichtung 13 bewegbar. An dem Portal 12 ist eine Einrichtung 14 angeordnet, an der wiederum ein Werkzeughalter 14' angeordnet ist, der ein Werkzeug halten kann. Die Einrichtung 14 (und damit der Werkzeughalter 14' samt Werkzeug) ist in Achsrichtung 15 bewegbar. Der Werkzeughalter 14' ist bezüglich der Einrichtung 14 ebenfalls in Achsrichtung 13 beweglich.

Aus der Fig. 1 ist ersichtlich, dass der Werkzeughalter 14' (mit Werkzeug) eine geringere Masse aufweist als die Einrichtung 14, die als Schlitten bezeichnet werden kann. Das Portal 12 mit zugehörigen Antrieben stellt eine erste in Ausrichtung 13 wirkende Teilachse dar und wird als Basisachse bezeichnet, während der Werkzeughalter 14' mit zugehörigem Antrieb eine in Achsrichtung 13 wirkende zweite Teilachse, die Zusatzachse, darstellt. Die Basisachse hat einen größeren Bewegungsbereich und geringere Beschleunigung als die Zusatzachse. Die Bewegungen in den Achsenrichtungen 13, 15 werden durch eine Steuerung 16 gesteuert.

In der Fig. 2 ist eine Werkzeugmaschine 20 dargestellt, bei der ein Arm 21 entlang der Achsrichtung 22 bewegbar ist. Entlang dem Arm 21 ist eine Einrichtung 23 in Achsrichtung 24 bewegbar. Die Einrichtung 23 ist zusätzlich in Achsrichtung 25 bewegbar. Durch die Achsrichtungen 22, 24, 25 werden die X-, Y-, Z-Richtung eines kartesischen Koordinatensystems festgelegt. Ein Ausleger 26 ist in Achsrichtung 27 rotierbar. An dem Ausleger 26 ist ein Laserschneidkopf 28 als Werkzeug angeordnet, der wiederum in Achsrichtung 29 rotierbar ist.

In einem geringen Bewegungsausschnitt ist die Bewegung des Laserschneidkopfes 28 im Wesentlichen parallel zur Achsrichtung 22, so dass eine Bewegung des Kopfes 28 in einem Bereich eine translatorische Bewegung parallel zur Bewegung des Armes 21 in Achsrichtung 22 bewirken kann und daher der Laserschneidkopf 28 samt seinem Antrieb als (translatorische) Zusatzachse betrachtet werden kann.

In der Figur 3a ist nochmals stark schematisiert ein Schlitten 30 gezeigt, der relativ zur Führung 33 bewegbar ist und eine Basisachse bzw. einen Bestandteil einer solchen darstellt. Darauf ist eine Einrichtung 31 angeordnet, die eine Zusatzachse bzw. einen Bestandteil einer solchen darstellt. Sowohl der Schlitten 30 als auch die Einrichtung 31 können in Doppelpfeilrichtung 32 beschleunigt werden. Dabei kann der Schlitten 30 relativ zu der Führung 33 mit der Beschleunigung B_b (Beschleunigung der Basisachse) und die Einrichtung 31 relativ zum Schlitten 30 mit der Beschleunigung B_z (Beschleunigung der Zusatzachse) beschleunigt werden. Die maximale Sollgeschwindigkeit der Basisachse bzw. des Schlittens 30 beträgt V_{bmax} und die maximale Sollgeschwindigkeit der Zusatzachse bzw. der Einrichtung 31 beträgt $2 \times V_{bmax}$. Ein an der Einrichtung 31 befestigtes Werkzeug oder eine Messeinrichtung kann gegenüber einem Werkstück mindestens mit der Beschleunigung B_z beschleunigt werden. Die gestrichelten Linien BG stellen die Bereichsgrenzen des Bewegungsspielraums S_z der Zusatzachse dar.

Aus der Figur 3b ergibt sich, dass sich bei mittig an der Einrichtung 31 angeordnetem Werkzeug der Bewegungsspielraum S_z so darstellt, dass er nicht der Breite des Schlittens 30 entspricht. Im dargestellten Fall entspricht der Bewegungsspielraum S_z dem physikalischen Bewegungsspielraum. Für einige Ausführungen der Erfindung kann es jedoch vorteilhaft sein, einen geringeren Bewegungsspielraum S_z zu wählen, der kleiner ist als der physikalische Bewegungsspielraum S_z .

Die in den Figuren 4a- 4c gezeigten Diagramme dienen der Verdeutlichung des

grundlegenden erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. der Dimensionierung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung. Idealerweise wird ein Werkzeug mit konstanter Geschwindigkeit relativ zu einem Werkstück bewegt. Dies wird veranschaulicht durch die konstante Geschwindigkeit V_{bmax} des Werkzeuges relativ zum Werkstück, wie sie in der Figur 4a dargestellt ist. Bei einem Richtungswechsel der Bewegung (am Anfang von t_3) sollte idealerweise auf die betragsmäßig gleiche Geschwindigkeit $-V_{bmax}$ gesprungen werden, die wieder konstant sein sollte.

In der Figur 4b ist ein realer Geschwindigkeitsverlauf einer Basisachse gezeigt. Während des Zeitintervalls t_1 beschleunigt die Basisachse auf ihre Sollgeschwindigkeit V_{bmax} . Die Fläche S entspricht der Strecke, die durch die Basisachse zurückgelegt wird, bis sie ihre Sollgeschwindigkeit V_{bmax} erreicht. Um eine konstante Geschwindigkeit des Werkzeuges relativ zum Werkstück zu erhalten, wie es in der Figur 4a dargestellt ist, muss während dieser Beschleunigungsphase der Basisachse die Zusatzachse die Beschleunigung der Basisachse kompensieren. Dies ist in der Figur 4c dargestellt. Da die Zusatzachse sehr leicht und dynamisch ist, kann näherungsweise angenommen werden, dass diese sprunghaft d.h. quasi mit unendlich großer Beschleunigung, auf die Geschwindigkeit V_{bmax} springen kann. In dem Maße, wie die Geschwindigkeit der Basisachse zunimmt, muss die Geschwindigkeit der Zusatzachse bis zum Ende des Intervalls t_1 abnehmen. Somit beträgt die Fläche unterhalb der Kurve für die Geschwindigkeit der Zusatzachse ebenfalls S .

Normalerweise wird versucht, zu Beginn einer Bewegung die Zusatzachse in einer Mittelposition als Nullpunkt ihres Bewegungsbereichs S_z zu halten. Wie dies in der Figur 5 veranschaulicht ist, wird die Zusatzachse während des Zeitintervalls t_1 aus ihrer Mittelposition ausgelenkt. Diese Auslenkungsstrecke während des Zeitintervalls t_1 entspricht $V_{bmax}^2 / 2B_b$.

Während einer Bewegungsphase der Basisachse mit weitgehend konstanter Geschwindigkeit, kann durch eine gegenüber der maximalen Sollgeschwindigkeit V_{bmax} erhöhte Geschwindigkeit, deren Überhöhung gleichzeitig von der Zusatzachse kompensiert wird, die Zusatzachse zurück auf die Mittelposition gestellt werden. Dieser Vorgang findet während des Zeitintervalls t_2 statt.

Am Ende der Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit folgt in diesem Beispiel eine völlige Bewegungsumkehr, so dass die Zusatzachse sich relativ zur Basisachse zunächst mit $2 V_{bmax}$ in Gegenrichtung bewegen muss, um die anfängliche Bewegung der Basisachse mit V_{bmax} in der alten Richtung zu kompensieren. Während die Basisachse kontinuierlich abgebremst

und weiter in die negative Bewegungsrichtung beschleunigt wird, sinkt entsprechend die Geschwindigkeit der Zusatzachse. Die aus dem Diagramm ersichtliche Fläche für die Zusatzachse, während des Zeitintervalls t_3 , die ihrer Auslenkung entspricht, ist daher nun viermal so groß wie bei einer Bewegung aus dem Stillstand, so dass sich für diesen ungünstigsten Fall nun eine Auslenkung von $4 \cdot V_{bmax}^2/2B_b$, also vereinfacht $2 \cdot V_{bmax}^2/B_b$ ergibt, die in beiden Bewegungsrichtungen zur Verfügung stehen muss, so dass sich als minimaler Bewegungsspielraum ergibt: $S_z = 4 \cdot V_{bmax}^2/B_b$. Analog dem Intervall t_2 , wird auch während t_4 ein Rückzug der Zusatzachse auf ihre Mittelposition angestrebt.

Eine effektivere Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Bewegungsspielraumes einer Zusatzachse S_z ergibt sich durch eine Weiterbildung der Erfindung, entsprechend den Unteransprüchen 3 bis 5. Im Gegensatz zur zuvor illustrierten Variante der Erfindung erfolgt hier während der beschleunigungslosen bzw. -armen Abschnitte nicht ein Anstreben einer Nullposition in Mittelstellung der Zusatzachse, sondern die angestrebte Nullposition verschiebt sich je nach der momentanen Bewegungsgeschwindigkeit in Richtung dieser Bewegung. Dies wird analog zum vorherigen Beispiel in den Fig. 6a - 6c und 7 dargestellt, wobei Fig. 6a den Soll-Geschwindigkeitsverlauf, Fig. 6b den Teilgeschwindigkeitsverlauf der Basisachse und 6c den der Zusatzachse darstellt. Fig. 7 zeigt die Bewegungen der Zusatzachse innerhalb ihrer Bewegungsgrenzen BG.

Im Gegensatz zu Fig. 5, in der jede hoch beschleunigte Bewegung der Zusatzachse immer von 0 ausgeht, verschiebt sich dieser Ausgangspunkt in Fig. 7 immer in Richtung der schon bestehenden Bewegung, hier dargestellt durch die Punkte P01 und P03, die nach den Zeitintervallen t_1 und t_3 als Ausgangspunkte für hoch beschleunigte Bewegungen der Zusatzachsen dienen.

Es wird deutlich, dass derart eine verbesserte Ausnutzung des Bewegungsspielraumes S_z ermöglicht wird, was sowohl eine Verkürzung von S_z oder auch eine höhere nutzbare Geschwindigkeit ermöglicht.

Zugleich werden auch die Rückzugsbewegung der Zusatzachsen auf die derart bestimmten Ruhepunkte minimiert (siehe Fig. 6c im Vergleich zu 4c) und für die Basisachsen muss auch keine Geschwindigkeitsreserve jenseits von V_{bmax} mehr vorgesehen sein, wie aus Fig. 6b hervorgeht.

Patentansprüche**1. Mess- oder Werkzeugmaschine mit redundanten translatorisch wirkenden Achsen zur kontinuierlichen Bewegung an komplexen Bahnkurven**

wobei die redundanten translatorisch wirksamen Achsen, linear bewegbare Teile einer Gesamtbewegungsvorrichtung, zur mindestens zweidimensionalen Gesamtbewegung von Messeinrichtungen oder Werkzeugen, relativ zu einem mit beliebigen Verfahren abzutastenden oder zu bearbeitenden Mess- oder Bearbeitungsgut bilden,

wobei als redundante translatorische Bewegungsmöglichkeit auch gelten kann, wenn rotatorisch oder parallelkinematisch wirkende Teilbewegungsvorrichtungen, neben ihren typischen Bewegungsmöglichkeiten oder ausschließlich, innerhalb eines anwendungsabhängig ausreichend kleinen Bewegungsbereiches, für eine redundante translatorische Bewegung einer Messeinrichtung oder eines Werkzeuges genutzt werden können,

wobei die jeweils über eine längere Strecke bewegbaren Teilachsen, hier Basisachsen genannt, eine relativ niedrig beschleunigte Teilbewegung, im wesentlichen über den gesamten Mess- oder Bearbeitungsraum ermöglichen
und die jeweils über eine kürzere Strecke bewegbaren Teilachsen, hier Zusatzachsen genannt, im wesentlichen nur die Bewegungsanteile einer Gesamtbewegung ausführen, die eine Beschleunigung jenseits eines für die Basisachsen festgestellten oder festgesetzten Maximums erfordern,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Beschleunigung der Zusatzachsen, in jeder mit redundant wirkenden Teilachsen arbeitenden Maschinenachse, die Beschleunigungsmöglichkeit während der gesamten Bewegung, auch bei weitgehend konstanter Mess- oder Bearbeitungsgeschwindigkeit, entlang einer beliebig komplexen Bahnkurve bestimmt, wobei der Bewegungsspielraum der jeweiligen Zusatzachse (S_z), die angestrebte konstante Bewegungsgeschwindigkeit einer Messeinrichtung oder eines Werkzeuges gegenüber dem Mess- oder Bearbeitungsgut (V_{bmax}) und die besagte maximale Beschleunigung einer Basisachse (B_b) derart aufeinander abgestimmt sind,

dass der Bewegungsspielraum der Zusatzachse (Sz) als Strecke im wesentlichen ausreicht, um bei besagter angestrebter konstanter Geschwindigkeit (V_{bmax}) mit der besagten maximalen Beschleunigung der Basisachse (Bb) mindestens einen vollständigen Vorzeichenwechsel in der Bewegungsgeschwindigkeit (V_{bmax}) auszuführen ($Sz \geq 2 V_{bmax}^2 / Bb$) und die maximale Bewegungsgeschwindigkeit der Zusatzachse mindestens annähernd doppelt so hoch ist, wie die angestrebte konstante Geschwindigkeit (V_{bmax})

2. Maschine gemäß Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass für den Fall, dass als angestrebte Ruheposition bei unbeschleunigter Gesamtbewegung, die Mittelstellung der Messeinrichtung oder des Werkzeuges innerhalb des Bewegungsspielraumes einer Zusatzachse (Sz) gilt, der Bewegungsspielraum von der Mittelstellung aus ausreichend ist, um besagten Vorzeichenwechsel der Geschwindigkeit (V_{bmax}) ausführen zu können. ($Sz \geq 4 V_{bmax}^2 / Bb$)

3. Maschine gemäß Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass die angestrebte Ruheposition der Messeinrichtung oder des Werkzeuges innerhalb des Bewegungsspielraumes einer Zusatzachse bei unbeschleunigter Gesamtbewegung in der jeweiligen Gesamtachse, im wesentlichen von einer Mittelstellung ausgehend, zusätzlich in Richtung der Gesamtbewegung verschoben ist.

4. Maschine gemäß Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet, dass der Betrag der Abweichung von der besagten Mittelstellung von der Geschwindigkeit der besagten Gesamtbewegung in der jeweiligen Achse abhängig ist.

5. Maschine gemäß Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet, dass die besagte Abweichung von der Mittelstellung im Wesentlichen der maximal möglichen Auslenkung entspricht, wenn die besagte Geschwindigkeit der Gesamtbewegung der maximal angestrebten Geschwindigkeit (V_{bmax}) in der jeweiligen Achse entspricht.

6. Maschine gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass als Bewegungsspielraum einer Zusatzachse (Sz) zur Koordination der Achsen ein kleinerer Betrag angenommen wird, als es der physischen Auslenkbarkeit entspricht.

7. Maschine gemäß Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet, dass die besagte Verkleinerung des Bewegungsspielraumes in jeder Richtung (also zwei mal) der maximalen Auslenkung der jeweiligen Achse durch ein dem Sollsignal hinzuaddiertes korrigierendes Signal entspricht.

8. Maschine gemäß Anspruch 7,

dadurch gekennzeichnet, dass das besagte dem Sollsignal hinzuaddierte korrigierende Signal durch eine Vorkompensation oder Gegenkopplung generiert wird.

9. Verfahren für Mess- oder Werkzeugmaschine mit redundanten translatorisch wirkenden Teilachsen zur kontinuierlichen Bewegung an komplexen Bahnkurven

wobei die redundanten translatorisch wirksamen Teilachsen, linear bewegbare Teile einer Gesamtbewegungsvorrichtung, zur mindestens zweidimensionalen Gesamtbewegung von Messeinrichtungen oder Werkzeugen, relativ zu einem mit beliebigen Verfahren abzutastenden oder zu bearbeitenden Mess- oder Bearbeitungsgut bilden,

wobei als redundante translatorische Bewegungsmöglichkeit auch gelten kann, wenn rotatorisch oder parallelkinematisch wirkende Teilbewegungsvorrichtungen, neben ihren typischen Bewegungsmöglichkeiten oder ausschließlich, innerhalb eines anwendungsabhängig ausreichend kleinen Bewegungsbereiches, für eine redundante translatorische Bewegung einer Messeinrichtung oder eines Werkzeuges genutzt werden können,

wobei die jeweils über eine längere Strecke bewegbaren Teilachsen, hier Basisachsen genannt, eine relativ niedrig beschleunigte Teilbewegung, im wesentlichen über den

gesamten Mess- oder Bearbeitungsraum ermöglichen und die jeweils über eine kürzere Strecke bewegbaren Teilachsen, hier Zusatzachsen genannt, im wesentlichen nur die Bewegungsanteile einer Gesamtbewegung ausführen, die eine Beschleunigung jenseits eines für die Basisachsen festgestellten oder festgesetzten Maximums erfordern,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Beschleunigung der Zusatzachsen, in jeder mit redundant wirkenden Teilachsen arbeitenden Maschinenachse, die Beschleunigungsmöglichkeit während der gesamten Bewegung, auch bei weitgehend konstanter Mess- oder Bearbeitungs- geschwindigkeit, entlang einer beliebig komplexen Bahnkurve bestimmt, wobei der Bewegungsspielraum der jeweiligen Zusatzachse (S_z), die angestrebte konstante Bewegungsgeschwindigkeit einer Messeinrichtung oder eines Werkzeuges gegenüber dem Mess- oder Bearbeitungsgut (V_{bmax}) und die besagte maximale Beschleunigung einer Basisachse (B_b) derart bei der Bestimmung eines noch offenen Wertes, gewöhnlich V_{bmax} , genutzt werden, dass der Bewegungsspielraum der Zusatzachsen (S_z) als Strecke im wesentlichen ausreicht, um bei besagter angestrebter konstanter Geschwindigkeit (V_{bmax}) mit der besagten maximalen Beschleunigung der Basisachse (B_b) mindestens einen vollständigen Vorzeichenwechsel in der Bewegungsgeschwindigkeit (V_{bmax}) auszuführen ($V_{bmax} \leq \sqrt{S_z \times B_b / 2}$) und die maximal angestrebte Geschwindigkeit (V_{bmax}) nicht wesentlich höher ist, als die Hälfte der maximalen Bewegungsgeschwindigkeit der jeweiligen Zusatzachse.

10. Verfahren gemäß Anspruch 9,

dadurch gekennzeichnet, dass für den Fall, dass als angestrebte Ruheposition bei unbeschleunigter Gesamtbewegung, die Mittelstellung der Messeinrichtung oder des Werkzeuges innerhalb des Bewegungsspielraumes einer Zusatzachse (S_z) gilt, der Bewegungsspielraum von der Mittelstellung aus ausreichend ist, um besagten Vorzeichenwechsel der Geschwindigkeit (V_{bmax}) ausführen zu können. ($V_{bmax} \leq \sqrt{S_z \times B_b / 4}$)

11. Verfahren gemäß Anspruch 9,

dadurch gekennzeichnet, dass die angestrebte Ruheposition der Messeinrichtung oder des Werkzeuges innerhalb des Bewegungsspielraumes einer Zusatzachse

bei unbeschleunigter Gesamtbewegung in der jeweiligen Achse, außerhalb der Mittelstellung, in Richtung der Gesamtbewegung verschoben ist.

12. Verfahren gemäß Anspruch 11,

dadurch gekennzeichnet, dass der Betrag der Abweichung von der besagten Mittelstellung von der Geschwindigkeit der besagten Gesamtbewegung in der jeweiligen Achse abhängig ist.

13. Verfahren gemäß Anspruch 12,

dadurch gekennzeichnet, dass die besagte Abweichung von der Mittelstellung im Wesentlichen der maximal möglichen Auslenkung entspricht, wenn die besagte Geschwindigkeit der Gesamtbewegung der maximal angestrebten Geschwindigkeit (V_{bmax}) in der jeweiligen Achse entspricht.

14. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche ab Anspruch 9,

dadurch gekennzeichnet, dass als Bewegungsspielraum einer Zusatzachse (Sz) zur Koordination der Achsen ein kleinerer Betrag angenommen wird, als es der physischen Auslenkbarkeit entspricht.

15. Verfahren gemäß Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet, dass die besagte Verkleinerung des Bewegungsspielraumes mindestens in jeder Richtung (also zwei mal) der maximalen Auslenkung der jeweiligen Achse durch ein dem Sollsignal hinzuaddiertes korrigierendes Signal entspricht.

16. Verfahren gemäß Anspruch 15,

dadurch gekennzeichnet, dass das besagte dem Sollsignal hinzuaddierte korrigierende Signal durch eine Vorkompensation oder Gegenkopplung generiert wird.

17. Mess- oder Werkzeugmaschine, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 - 8, mit zumindest einer Basisachse und einer dazu zumindest abschnittsweise redundanten translatorisch wirkenden Zusatzachse zur kontinuierlichen Bewegung einer Messeinrichtung oder eines Werkzeugs relativ zu einem Messgut oder Werkstück, wobei die

Messeinrichtung bzw. das Werkzeug durch die Basisachse eine größere Strecke mit einer geringeren Beschleunigung bewegbar ist als durch die Zusatzachse

dadurch gekennzeichnet, dass

bei vorgegebener Sollgeschwindigkeit V_{bmax} der Basisachse die Maschine derart ausgelegt ist, dass

- a) der Bewegungsspielraum S_z der Zusatzachse beträgt: $S_z \geq 2V_{bmax}^2/B_b$, wobei B_b die Beschleunigung der Basisachse ist;

und/oder

- b) $V_{zmax} \geq 2V_{bmax}$, wobei V_{zmax} die Maximalgeschwindigkeit der Zusatzachse ist.

18. Verfahren zum Betrieb einer Mess- oder Werkzeugmaschine, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche 9 - 16, bei dem eine Messeinrichtung oder ein Werkzeug über zumindest eine Basisachse und eine dazu zumindest abschnittsweise redundanten translatorisch wirkende Zusatzachse kontinuierlich relativ zu einem Messgut oder Werkstück bewegt wird, wobei die Messeinrichtung bzw. das Werkzeug durch die Basisachse eine größere Strecke mit einer geringeren Beschleunigung bewegbar ist als durch die Zusatzachse

dadurch gekennzeichnet, dass

bei vorgegebenem Bewegungsspielraum S_z der Zusatzachse eine Sollbewegungsgeschwindigkeit der Basisachse von $V_{bmax} \leq \text{SQRT}(S_z \times B_b / 2)$ und/oder $V_{bmax} \leq V_{zmax}$ eingestellt wird, wobei V_{zmax} die Maximalgeschwindigkeit der Zusatzachse ist.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass unter Berücksichtigung der maximalen Beschleunigung der Zusatzachsen ein Gesamtbewegungsprofil einer kontinuierlich abzufahrenden Bahn erstellt wird.

20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Gesamtbewegungsprofil aus Bahnabschnitten zusammen gesetzt wird, für die die Endpositionen, die Geschwindigkeiten und notwendigen Beschleunigungen in den zu berücksichtigenden Achsen abgelegt werden.

21. Verfahren nach einer der Ansprüche 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Gesamtbewegungsprofil in einem vorausschauenden Verfahren (look-ahead) erstellt wird.

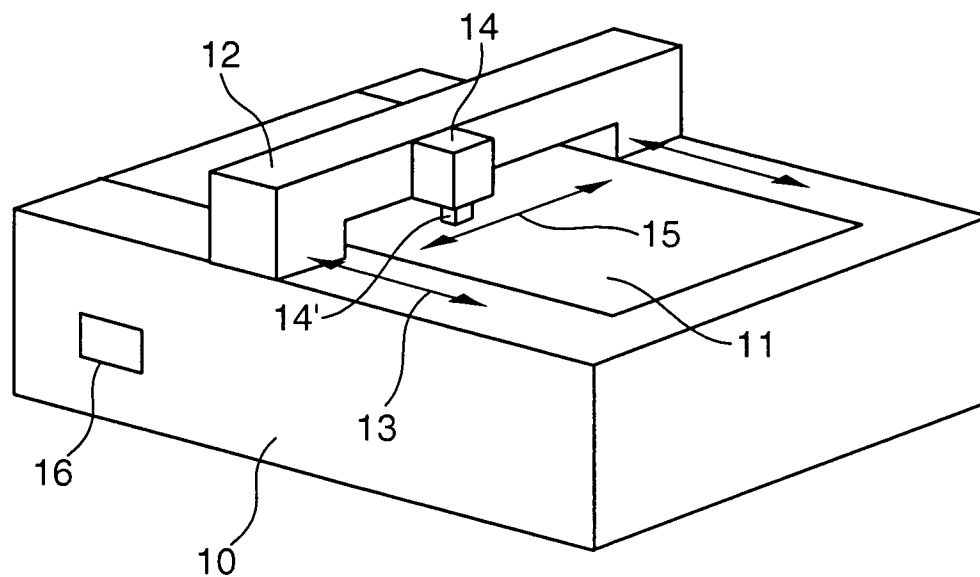


Fig. 1

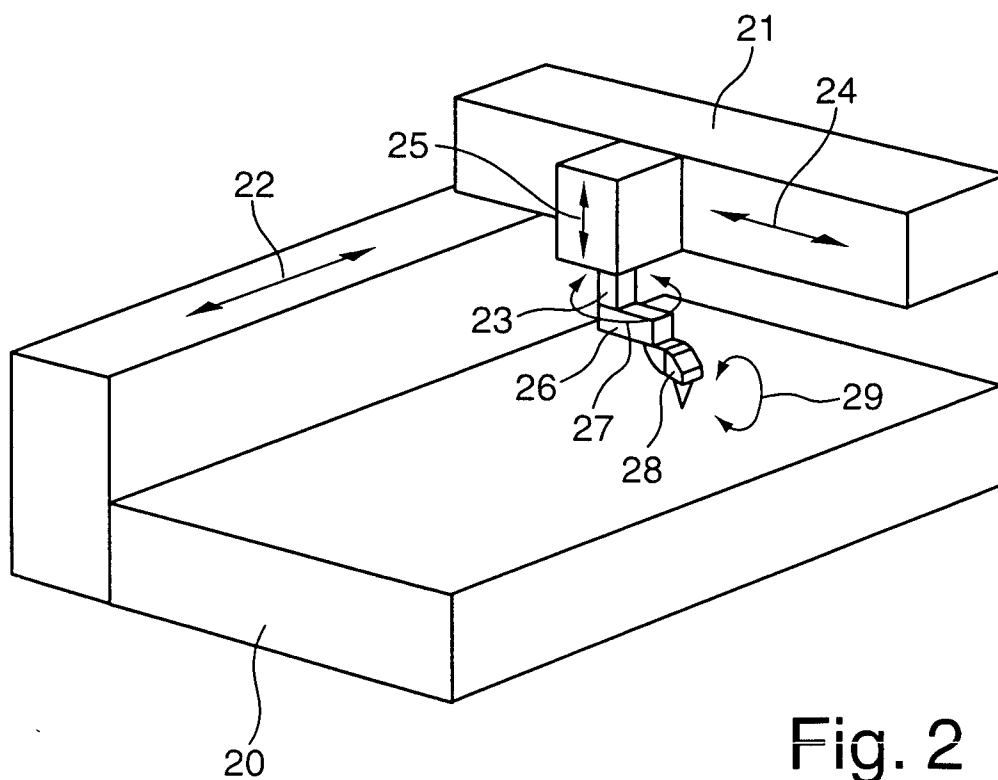


Fig. 2

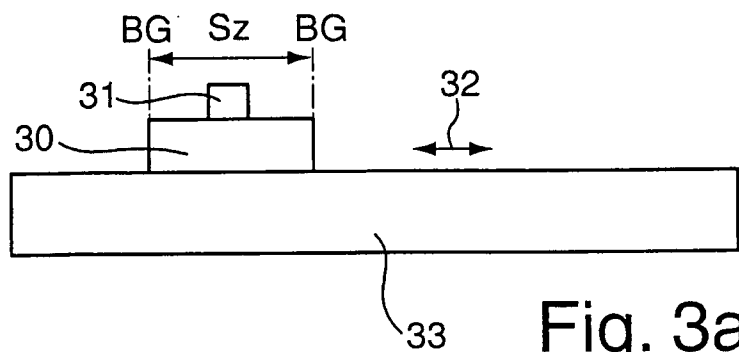


Fig. 3a

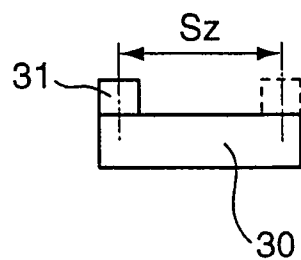


Fig. 3b

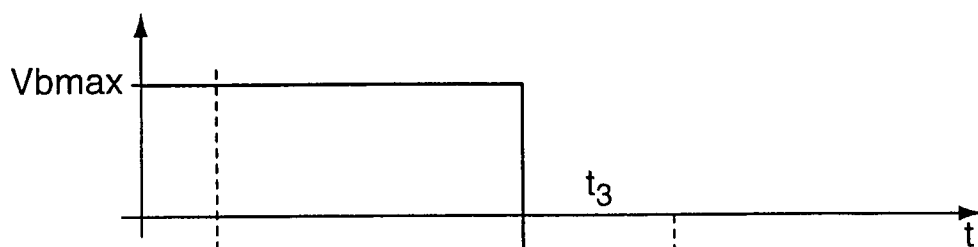


Fig. 4a

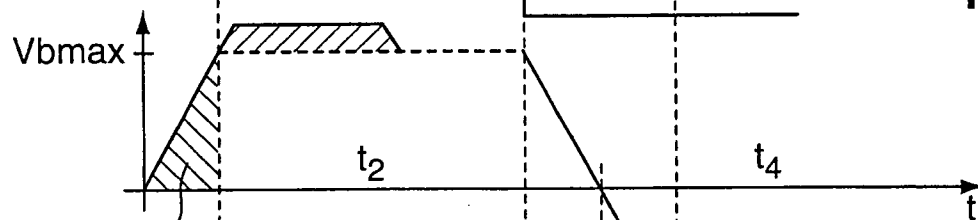


Fig. 4b

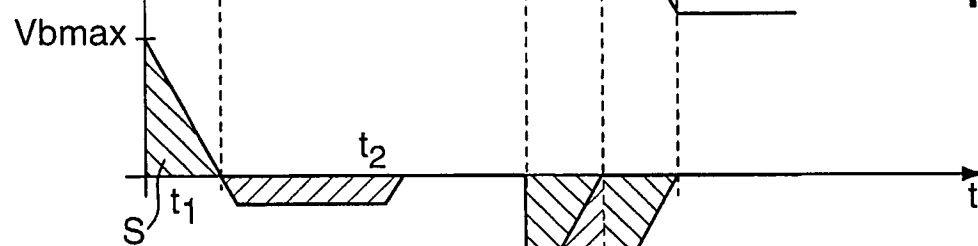


Fig. 4c

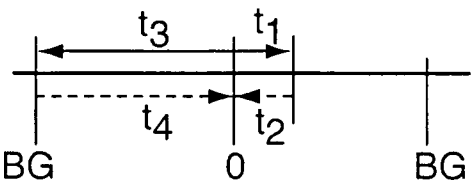


Fig. 5

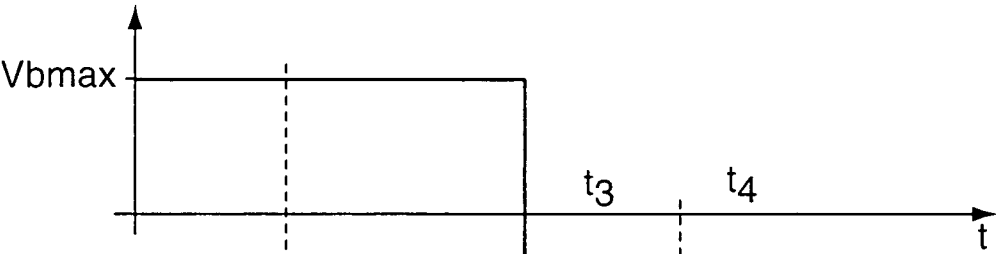


Fig. 6a

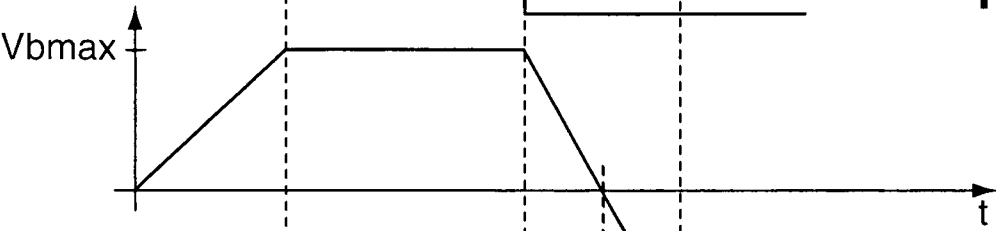


Fig. 6b

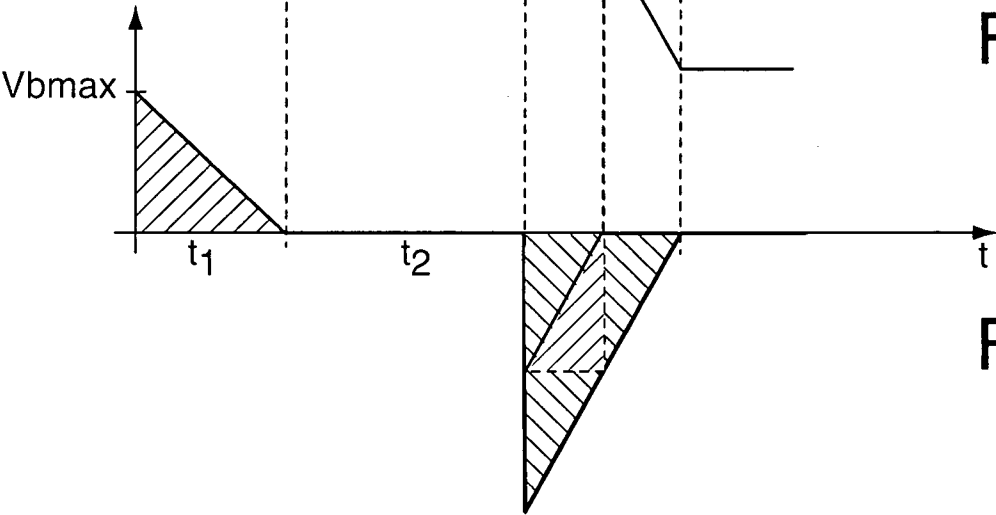


Fig. 6c

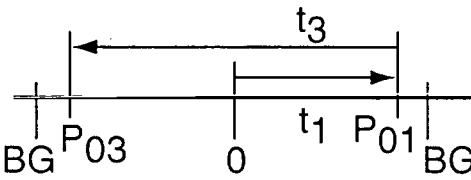


Fig. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2008/004519

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G05B19/416

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHEDMinimum 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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 41 23 323 A1 (EHLERDING ANDREAS [DE]) 21 January 1993 (1993-01-21) cited in the application column 2, lines 27-31 column 2, line 42 - column 3, line 11 column 3, line 35 - column 4, line 7; claims 1,8; figure 1	1,2, 6-10, 14-20
X	EP 0 594 699 A (EHLERDING ANDREAS [DE]) 4 May 1994 (1994-05-04) cited in the application column 2, lines 38-44 column 3, lines 2-42 column 4, lines 8-51 column 5, lines 10-15,26-37; claims 1-13; figure 1	1,2, 6-10, 14-20

-/--

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ 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
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *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)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

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

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

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.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

8 Oktober 2008

Date of mailing of the international search report

16/10/2008

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hristov, Stefan

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2008/004519

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 109 148 A (FUJITA MASAHIRO [JP] ET AL) 28 April 1992 (1992-04-28) cited in the application the whole document -----	1-21
A	DE 198 51 781 A1 (NOWACK MATTHIAS [DE]) 11 May 2000 (2000-05-11) the whole document -----	1-21
A	EP 1 688 807 A (TRUMPF WERKZEUGMASCHINEN GMBH [DE]) 9 August 2006 (2006-08-09) the whole document -----	1-21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2008/004519

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4123323	A1	21-01-1993	AT 131095 T 15-12-1995
		WO 9301021 A1 21-01-1993	
		EP 0594699 A1 04-05-1994	
		US 5574348 A 12-11-1996	
EP 0594699	A	04-05-1994	AT 131095 T 15-12-1995
		DE 4123323 A1 21-01-1993	
		WO 9301021 A1 21-01-1993	
		US 5574348 A 12-11-1996	
US 5109148	A	28-04-1992	NONE
DE 19851781	A1	11-05-2000	NONE
EP 1688807	A	09-08-2006	AT 401594 T 15-08-2008
		JP 2006216051 A 17-08-2006	
		US 2006176002 A1 10-08-2006	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/004519

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G05B19/416

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)

EP0-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 41 23 323 A1 (EHLERDING ANDREAS [DE]) 21. Januar 1993 (1993-01-21) in der Anmeldung erwähnt Spalte 2, Zeilen 27-31 Spalte 2, Zeile 42 - Spalte 3, Zeile 11 Spalte 3, Zeile 35 - Spalte 4, Zeile 7; Ansprüche 1,8; Abbildung 1 -----	1,2, 6-10, 14-20
X	EP 0 594 699 A (EHLERDING ANDREAS [DE]) 4. Mai 1994 (1994-05-04) in der Anmeldung erwähnt Spalte 2, Zeilen 38-44 Spalte 3, Zeilen 2-42 Spalte 4, Zeilen 8-51 Spalte 5, Zeilen 10-15,26-37; Ansprüche 1-13; Abbildung 1 ----- -/--	1,2, 6-10, 14-20



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* 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

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

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

8. Oktober 2008

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

16/10/2008

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Hristov, Stefan

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/004519

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 109 148 A (FUJITA MASAHIRO [JP] ET AL) 28. April 1992 (1992-04-28) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1-21
A	DE 198 51 781 A1 (NOWACK MATTHIAS [DE]) 11. Mai 2000 (2000-05-11) das ganze Dokument -----	1-21
A	EP 1 688 807 A (TRUMPF WERKZEUGMASCHINEN GMBH [DE]) 9. August 2006 (2006-08-09) das ganze Dokument -----	1-21

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/004519

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4123323 A1	21-01-1993	AT 131095 T WO 9301021 A1 EP 0594699 A1 US 5574348 A	15-12-1995 21-01-1993 04-05-1994 12-11-1996
EP 0594699 A	04-05-1994	AT 131095 T DE 4123323 A1 WO 9301021 A1 US 5574348 A	15-12-1995 21-01-1993 21-01-1993 12-11-1996
US 5109148 A	28-04-1992	KEINE	
DE 19851781 A1	11-05-2000	KEINE	
EP 1688807 A	09-08-2006	AT 401594 T JP 2006216051 A US 2006176002 A1	15-08-2008 17-08-2006 10-08-2006