



(10) **DE 10 2009 049 534 A1** 2011.04.07

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2009 049 534.7**

(22) Anmeldetag: **06.10.2009**

(43) Offenlegungstag: **07.04.2011**

(51) Int Cl.⁸: **G01B 5/008** (2006.01)

G01B 11/03 (2006.01)

G01B 21/04 (2006.01)

G01P 3/00 (2006.01)

G01P 15/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
**Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH, 73447
Oberkochen, DE**

(74) Vertreter:
Witte, Weller & Partner, 70173 Stuttgart

(72) Erfinder:
Engel, Thomas, Dr., 73432 Aalen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 199 52 592 C1

DE 10 2005 005230 A1

DE 43 42 312 A1

JP 09257461 A In: Pat. Abstr. of Japan

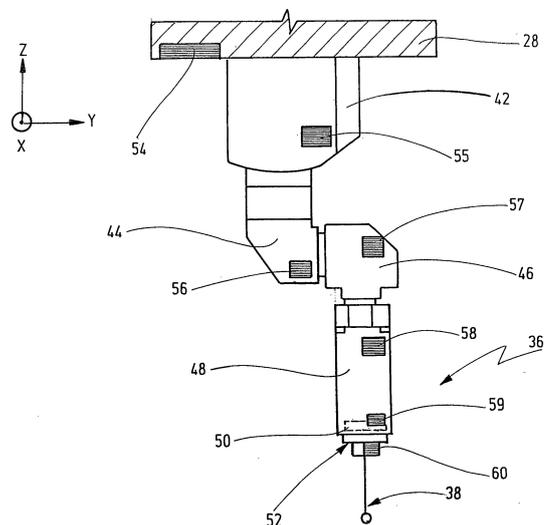
JP 09081790 A In: Pat. Abstr. of Japan

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Koordinatenmessgerät mit Lageänderungssensoren**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft gemäß einem ersten Aspekt ein Koordinatenmessgerät (12) mit einem Sensor (36) zum Vermessen eines Objekts (40) und mit einer Gehäusestruktur (28, 42, 44, 46, 48) zum Halten und Positionieren des Sensors (36, 37), wobei ein Lageänderungssensor (54, 56, 58, 60, 72, 74) vorgesehen ist, um eine Lageänderung des Sensors (36, 37) und/oder der Gehäusestruktur (28, 42, 44, 46, 48) zu erfassen. Gemäß einem zweiten Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren (80) zur Kollisionserkennung eines Koordinatenmessgeräts (12). Gemäß einem dritten Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren (96) zur Korrektur von Daten eines berührungsfrei messenden, insbesondere optischen Sensors (37) eines Koordinatenmessgeräts (12). Die Verfahren gemäß dem zweiten und dem dritten Aspekt können auf einem Koordinatenmessgerät gemäß dem ersten Aspekt ausgeführt werden.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Koordinatenmessgerät mit einem Sensor zum Vermessen eines Objekts und mit einer Gehäusestruktur zum Halten und Positionieren des Sensors.

[0002] Ein derartiges Koordinatenmessgerät ist beispielsweise aus der Druckschrift DE 10 2007 022 326 A1 oder der Druckschrift DE 100 20 842 A1 bekannt.

[0003] Gemäß einem weiteren Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Kollisionserkennung eines Koordinatenmessgeräts mit einem taktilen Sensor zum Vermessen eines Objekts und mit einer Gehäusestruktur zum Halten und Positionieren des taktilen Sensors.

[0004] Ein Verfahren zur Erkennung der Kollision eines taktilen Sensors mit einem zu vermessenden Objekt ist beispielsweise in der Druckschrift WO 2004/106854 A1 beschrieben.

[0005] Gemäß einem dritten Aspekt betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Korrektur von Bilddaten eines berührungsfrei messenden, insbesondere optischen, Sensors eines Koordinatenmessgeräts.

[0006] Ein Beispiel für ein solches Koordinatenmessgerät mit einem optischen Sensor ist in der Druckschrift DE 100 20 842 A1 beschrieben.

[0007] Dreidimensionale Koordinatenmessgeräte mit bis zu sechs Freiheitsgraden werden in weiten Bereichen der industriellen Messtechnik verwendet, um Objekte unter höchsten Genauigkeitsanforderungen zu vermessen. Beispielsweise wird auf diese Weise eine Form von maschinell hergestellten Werkstücken zur Qualitätskontrolle überprüft. Dazu sind grundsätzlich Koordinatenmessgeräte bekannt, die beispielsweise mit optischen Sensoren oder aber mit taktilen Sensoren arbeiten.

[0008] Bei den optischen Sensoren handelt es sich in der Regel um optische Tastköpfe, wie beispielsweise Triangulationstaster oder Videokameras, die eine Auswerteelektronik aufweisen. Ein Systemtakt dieser Auswerteelektronik ist im Beispiel einer Videokamera durch die Videofrequenz der Kamera festgelegt. Derartige optische Sensoren können von Vorteil sein, wenn es darum geht, ein Objekt berührungsfrei zu vermessen. Optische Sensoren stoßen jedoch an Grenzen, wenn Objekte mit komplexen Formen zu vermessen sind, da dann der Fall eintreten kann, dass Details des Objekts nicht in einer Bildaufnahme des optischen Sensors liegen und somit nicht erfasst werden können.

[0009] Derartige optische Sensoren werden beispielsweise unter der Bezeichnung "ViSCAN®" von der Anmelderin vertrieben.

[0010] Ein taktiler Sensor wird in der Regel in Form einer Tastspitze bereitgestellt, die dreidimensional auslenkbar gelagert ist und deren Auslenkung mittels des taktilen Sensors erfasst werden kann. Für den Messvorgang wird die Tastspitze bzw. der Taststift so weit an das zu vermessende Objekt herangefahren, dass er einen gewünschten Messpunkt an dem Objekt berührt. Die Tastspitze und die die Auslenkung der Tastspitze erfassenden Sensoren werden zusammenfassend auch als Tastkopf bezeichnet. Der Tastkopf ist in der Regel in einer geeigneten Verschiebeeinrichtung angebracht, die eine dreidimensionale Bewegung des Tastkopfs mit bis zu sechs Freiheitsgraden ermöglicht. Aus der jeweiligen Stellung des Tastkopfes und der relativen Lage des Taststiftes zum Tastkopf, die mittels des Sensors erfasst wird, kann die Raumkoordinate eines angetasteten Messpunktes mit hoher Genauigkeit bestimmt werden.

[0011] Ein derartiger taktiler Sensor ist etwa in der Druckschrift DE 10 2004 011 728 A1 beschrieben und wird von der Anmelderin beispielsweise unter der Bezeichnung "VAST® XXT" vertrieben.

[0012] Um bei derartigen taktilen oder optischen Sensoren die hohen Genauigkeitsanforderungen an die Messergebnisse erfüllen zu können, ist es notwendig, eine Bewegung des Sensors während eines Messvorgangs genau erfassen zu können. Bei taktilen Sensoren können Bewegungen des Sensors während des Antastens zu Verbiegungen führen, die bei einer Auswertung der Messergebnisse unbedingt zu berücksichtigen sind. Bei optischen Sensoren, beispielsweise bei CCD-Kameras, führt eine Bewegung während des Messvorgangs zu einer "Verschmierung" des aufgenommenen Bildes, das dann unscharf erscheint. Zwar ist es möglich, die Bewegung eines Sensors während des Messvorgangs durch anschließende rechnerische Nachbearbeitung aus dem Messergebnis zu eliminieren, dafür ist es aber zwingend notwendig, dass der Bewegungsvorgang bzw. die Bahndaten des Sensors während des Messens mit hinreichender Genauigkeit bekannt ist.

[0013] Zur Verschiebung der taktilen und der optischen Sensoren ist regelmäßig eine Gehäusestruktur vorgesehen, die ein Verschieben der Sensoren in allen drei Raumrichtungen (X, Y, Z) ermöglicht. Des Weiteren kann ein sogenanntes Dreh-Schwenk-Gelenk (DSG) vorgesehen sein, die ein Ausrichten des Sensors entlang eines gewünschten Richtungsvektors ermöglicht. Ein derartiges DSG wird von der Anmelderin beispielsweise unter den Bezeichnungen "DSE" und "RDS" vertrieben.

[0014] Während des Betriebs eines Koordinatenmessgeräts wird die Position des Sensors bzw. des Sensorkopfs typischerweise entlang der drei Raumrichtungen bestimmt und in Form von Positionsdaten gespeichert. Dazu werden lineare oder rotatorische Messsysteme verwendet, die die Position bzw. die Lage mit einem für das Koordinatenmessgerät typischen Auslesetakt bestimmt. Üblicherweise liegt dieser Auslesetakt in einem Frequenzbereich von einigen zehn Hertz (Hz) bis wenigen Kilohertz (kHz).

[0015] Die Positionsdaten werden dazu benutzt, einen Positionsverlauf zu erstellen und durch Ableitung dieser Größe die Geschwindigkeit bzw. durch erneute Ableitung die Beschleunigung des Sensors oder der Gehäusestruktur zu errechnen. Die Geschwindigkeit oder die Beschleunigung des Sensors oder der Gehäusestruktur wird dabei jedoch nicht unmittelbar erfasst. Durch die Tatsache, dass für die zeitliche Veränderung der Lage des Sensors mehrere Positionen gemessen werden müssen und diese mit einer durch die Messfrequenz der Ausleserate nur begrenzte Anzahl und somit Dichte vorliegen, ist auch die Veränderung bzw. Ableitung nur mit limitierter Auflösung bestimmbar. Wie aufgrund des Nyquist-Theorems allgemein bekannt ist, ist jedoch eine Mindestauflösung notwendig, um dynamische Änderungen bzw. Wellenbewegungen erfassen zu können. Auch unetige Änderungen, wie sie bei einer mechanischen Antastung und/oder Kollision entstehen, sind aufgrund der begrenzten Auflösung gegenwärtig nur schwer zu erkennen bzw. müssen eine gewisse minimale Größe haben, um erfasst zu werden.

[0016] Aufgrund konstruktiver Randbedingungen ist bei den meisten Lagebestimmungssystemen von Koordinatenmessgeräten im Aufbau zudem das Abbesche Komparatorprinzip verletzt. Somit können bei der Messung durch eine Verbiegung des Systems Kippfehler auftreten und dynamische Effekte nur bedingt berücksichtigt werden. Zwar werden diese Effekte gegenwärtig über Modellparameter näherungsweise beschrieben und bei der Messung als Korrekturwerte berücksichtigt, da eine dynamische Verbiegung des Koordinatenmessgeräts aber durchaus mehrere μm betragen kann, ist für eine genaue Messung die Kenntnis der tatsächlichen Umstände wünschenswert.

[0017] Dann wäre man dazu in der Lage, das Antastverhalten eines taktilen Sensors bzw. die Bahndaten eines berührungsfrei messenden Sensors besser zu überwachen und die Messergebnisse von sowohl taktilen als auch insbesondere optischen Sensoren besser zu korrigieren, um so genauere Messergebnisse zu erhalten.

[0018] Eine objektive Aufgabe der vorliegenden Erfindung liegt zum ersten somit darin, ein Bewegungsverhalten eines Sensors eines Koordinatenmessgeräts der eingangs genannten Art besser zu bestimmen.

[0019] Eine weitere objektive Aufgabe besteht darin, mittels des so bekannten Bewegungsverhaltens die Antastung eines taktilen Sensors besser zu überwachen.

[0020] Noch eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung liegt folglich darin, mittels des so bekannten Bewegungsverhaltens die Messergebnisse eines berührungsfrei messenden Sensors, insbesondere eines optischen Sensors, besser zu korrigieren.

[0021] Zur Lösung der vorstehend beschriebenen Aufgabe wird vorgeschlagen, ein Koordinatenmessgerät der eingangs genannten Art dahingehend weiterzubilden, dass mindestens ein Lageänderungssensor vorgesehen ist, um eine Lageänderung des Sensors und/oder der Gehäusestruktur zu erfassen.

[0022] Unter einem "Lageänderungssensor" ist dabei ein solcher Sensor zu verstehen, der unmittelbar eine Lageänderung erfasst. Unter einer "Lageänderung" ist dabei im Rahmen der vorliegenden Erfindung sowohl eine Geschwindigkeit als auch eine Beschleunigung zu verstehen. Mit dem Begriff "Lageänderungssensor" werden im Rahmen der vorliegenden Erfindung somit Geschwindigkeitssensoren und Beschleunigungssensoren zusammengefasst bezeichnet.

[0023] Unter einem "Sensor" wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung jeder taktile bzw. berührungsfrei, insbesondere optisch, messende Sensor, oder auch ein Sensor anderer Art, im engeren Sinne verstanden, d. h. bei optischen Sensoren beispielsweise die Kamera selbst, und bei taktilen Sensoren der Taststift mit den

die Auslenkung des Taststifts erfassenden Sensoren. Die übrige Halterung und Lagerung sowie die Verschiebeeinrichtung zur Bewegung des Sensors werden zusammenfassend als Gehäusestruktur bezeichnet.

[0024] Durch die unmittelbare Erfassung einer Lageänderung an dem Sensor und/oder der Gehäusestruktur ist man dazu in der Lage, ein Bewegungsverhalten des Sensors während eines Messvorgangs mit wesentlich höherer Auflösung und Genauigkeit zu erfassen, als dies durch Ableitung von Positionsdaten der Fall war. Änderungen im Bewegungsverhalten werden somit nicht nur schneller erfasst, man ist darüber hinaus auch dazu in der Lage, dynamische Vorgänge mit höheren Frequenzen und unetetige Änderungen im Bewegungsverhalten, beispielsweise Kollisionen, unmittelbar zu erfassen und bei der Regelung des Koordinatenmessgeräts und der Auswertung der Messergebnisse zu berücksichtigen.

[0025] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, ein Verfahren der eingangs genannten Art mit den folgenden Schritten auszuführen:

Bestimmen mindestens einer Lageänderung des taktilen Sensors und/oder der Gehäusestruktur mittels mindestens eines Lageänderungssensors,

Vergleichen der mindestens einen Lageänderung mit mindestens einem entsprechenden Sollwert,

Verbringen des Koordinatenmessgeräts in einen sicheren Zustand, falls die mindestens eine Lageänderung um ein vorbestimmtes Maß von dem mindestens einen entsprechenden Sollwert abweicht.

[0026] Für eine Kollisionserkennung sind alle Beschleunigungen nutzbar, die größer als die maximale Maschinenbeschleunigung sind. Wird die Messeinheit zudem noch mit der Information versorgt, welche Beschleunigung gerade gefahren wird, so kann das Koordinatenmessgerät eine Abweichung in Richtung und/oder Amplitude als mögliche Kollision erkennen und so die Maschine sofort in einen sicheren Zustand bringen, z. B. einen Freilauf der entsprechenden Achse bewirken oder die Bewegung des Koordinatenmessgeräts anhalten.

[0027] Eine weitere wichtige Information kann aus der Erfassung der Beschleunigung am bzw. in der Nähe des taktilen Sensors erhalten werden. Durch unvermeidliche Nachgiebigkeiten im Koordinatenmessgerät ist eine Bewegung des Sensors nicht zwingend gleich einer Bewegung der Koordinatenachsen bzw. Messachsen der Lagesensoren. Durch Messen der Beschleunigungsdaten unmittelbar können diese aber in der Nähe des Messorts bestimmt werden und so unabhängig oder in Ergänzung von Modellparametern des Koordinatenmessgeräts bestimmt werden.

[0028] So können die mittels der Lageänderungssensoren erfassten Signale dazu verwendet werden, um die aktuelle Position und Orientierung des Sensors zu bestimmen, das Antriebsverhalten des Koordinatenmessgeräts in Bezug auf die tatsächlich am Sensor wirkende Beschleunigung bzw. Geschwindigkeit zu überwachen und Unstetigkeiten im Antriebsverhalten, beispielsweise Ruckeln, Schlupf oder Frequenzanregungen, zu überwachen. Insbesondere wird es so möglich, das Antriebsverhalten des gesamten Koordinatenmessgeräts selbstlernend zu optimieren, um so zu einer optimalen Messleistung in Bezug auf Genauigkeit und/oder Geschwindigkeit zu gelangen. Da tatsächliche Beschleunigungen am Sensor bekannt sind, kann eine aufwändige Entwicklung von Modellparametern für das Koordinatenmessgerät entfallen. Zudem kann sich das Koordinatenmessgerät anhand der tatsächlichen Beschleunigungsdaten selber optimieren. Ferner können so auch Probleme bei der Modellbildung, wie z. B. einer Exemplarstreuung, vermieden werden, wo vorgegebene fixe Parametersätze nicht zu zufriedenstellenden Ergebnissen führen.

[0029] Mit einem dritten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zur Korrektur von Daten eines berührungsfrei messenden, insbesondere optischen Sensors der eingangs genannten Art bereitgestellt, das mit den folgenden Schritten ausgeführt wird:

Beginnen eines Messvorgangs aufgrund eines Startsignals,

Messen mindestens einer Lageänderung mittels mindestens eines Lageänderungssensors, wobei ein zeitlicher Verlauf der Lageänderung als Lageänderungsdaten erfasst wird,

Beenden des Messvorgangs aufgrund eines Stoppsignals,

Berechnen von Bahndaten des optischen Sensors mittels Integration der Lageänderungsdaten,

Dekonvolvieren der Bilddaten mittels der Bahndaten.

[0030] Auf diese Weise wird eine tatsächliche Bestimmung des Bewegungsverlaufs des Koordinatenmessgeräts während der Aufnahme von Messdaten mittels eines optischen Sensors, beispielsweise während einer Belichtungszeit des optischen Sensors, möglich. Typische Belichtungszeiten liegen im Bereich von 10 bis 20 ms bei normalen Bildfrequenzen von 50 Hz. Dies entspricht nur einzelnen bzw. wenigen Systemtaktten. Das aufgenommene Bild wird durch die Bewegung während der Bildaufnahme verschmiert und erscheint unscharf. Dieser Effekt kann nun im Nachhinein korrigiert werden, da es möglich ist, die tatsächliche Bewegungsbahn

des Sensors, zumindest seine relative Bahn zwischen Beginn und Ende der Belichtungszeit, unmittelbar zu bestimmen. Es versteht sich, dass die rechnerische Korrektur umso besser erfolgen kann, je genauer die Daten der Bewegungsbahn ermittelt werden können. Die unmittelbare Erfassung der Lageänderung ist der Bestimmung von Lageänderungsdaten durch Ableiten der Lagedaten dabei deutlich überlegen.

[0031] Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens wird also für den Zeitraum einer Messung die Bahn der Bewegung des Koordinatenmessgeräts bzw. des optischen Sensors bestimmt und diese dann in geeigneter Form, z. B. als Bahndaten, zur Verfügung gestellt. Diese Bahndaten können beispielsweise aus einmaliger Integration eines Geschwindigkeitssignals oder vorzugsweise aus doppelter Integration des Beschleunigungssignals gewonnen werden. Mittels dieser Signale kann dann beispielsweise eine ursprünglich zur Beschreibung zugrunde gelegte Maschinenbewegung, beispielsweise eine gleichförmige Bewegung, korrigiert werden.

[0032] Bei der Berechnung können zur Sicherstellung von stetigen Anschlussbedingungen auch die Messsignale der Verschiebeeinrichtung dazu verwendet werden, im Systemtakt bzw. in einer Vielzahl von Systemtaktten, die sich z. B. über die Bildaufnahmedauer erstrecken, mittels Stützstellen stetige Anschlussbedingungen für das Korrektursignal zu erhalten. Bei der Integration fehlen zunächst die entsprechenden Integrationskonstanten, die dann an bekannten Stützstellen ermittelt werden können, bzw. zu Null gesetzt werden. Dabei kann vorgegeben sein, dass ein über die Bahndaten bestimmtes Pfad des Koordinatenmessgeräts nur um eine gegebene Fehlertoleranz von der Differenz aus Start- und Zielpunkt abweichen darf. Bei gleichförmigen Bewegungen würde die Null als Differenz im Idealfall erreichbar, bei beschleunigten Bewegungen ist ggf. mit Abweichungen zu rechnen, die von Steuerdaten des Verschiebestells abhängen.

[0033] Ist die Geschwindigkeit des Sensors in vektorieller Form zum Beginn des Vorgangs bekannt, was üblicherweise der Fall sein sollte, so kann ausgehend von diesem Vektor mittels der ermittelten Beschleunigungsdaten die tatsächliche relative Bahn des Sensors, d. h. die Bahn zwischen Beginn und Ende der Messung, bestimmt werden. Die relative Bahn ist zur Korrektur des Bildes ausreichend, absolute Koordinaten werden nicht benötigt. Diese Bahndaten können dann bei der sich anschließenden numerischen Bildverarbeitung zur Korrektur verwendet werden. Die folgende mathematische Korrektur der Bilddaten wird über eine so genannte Entfaltung von Bahnbewegung und Bildinformation durchgeführt. Dieses Vorgehen wird auch als Dekonvulsion bezeichnet.

[0034] Grundsätzlich können so die Daten, insbesondere Bilddaten, von berührungsfrei messenden Sensoren aller Art korrigiert werden, insbesondere aber von optischen Sensoren. Insgesamt können bessere Ergebnisse erzielt werden, als dies über Bewegungsmodelle des Koordinatenmessgeräts bisher der Fall war.

[0035] Die eingangs gestellte Aufgabe wird somit vollkommen gelöst.

[0036] In einer bevorzugten Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass mehrere Lageänderungssensoren vorgesehen sind, um eine Lageänderung des Sensors und/oder der Gehäusestruktur in drei Raumrichtungen zu erfassen.

[0037] Ist lediglich ein Lageänderungssensor vorgesehen, sollte dieser so angeordnet sein, dass Geschwindigkeiten bzw. Beschleunigungen in Messrichtung am Koordinatenmessgerät erfasst werden können. Günstigerweise sollte das System jedoch Geschwindigkeiten bzw. Beschleunigungen in allen drei Raumrichtungen erfassen, um so auch nicht geplante Abweichungen, wie z. B. Querbewegungen, erkennen zu können.

[0038] Die Lageänderungssensoren können dabei zur Erfassung einer linearen und/oder rotatorischen Beschleunigung ausgelegt sein. Es können lediglich lineare Lageänderungssensoren oder lediglich rotatorische Lageänderungssensoren vorgesehen sein, es ist jedoch selbstverständlich auch möglich, lineare und rotatorische Lageänderungssensoren in geeigneter Weise zu kombinieren, beispielsweise einen linearen und zwei rotatorische Lageänderungssensoren vorzusehen. Grundsätzlich kann natürlich auch vorgesehen sein, bis zu drei lineare Lageänderungssensoren und zusätzlich auch drei rotatorische Lageänderungssensoren vorzusehen, etwa wenn eine erhöhte Erfassungsgenauigkeit für ein bestimmtes Koordinatenmessgerät notwendig ist.

[0039] Grundsätzlich können Lageänderungssensoren zur Erfassung einer Geschwindigkeit oder Lageänderungssensoren zur Erfassung einer Beschleunigung eingesetzt werden. Es ist jedoch bevorzugt, Lageänderungssensoren einzusetzen, die eine Beschleunigung erfassen.

[0040] Grundsätzlich ist die Veränderung der Beschleunigung, beispielsweise bei Antastungen oder Kollisionen, am größten und kann somit am besten erfasst werden. Technisch ist die Auswertung der Veränderung

der Beschleunigung somit vorteilhaft, da sie als zweite zeitliche Ableitung der Lage die größte Veränderung zeigt. Eine Messung und Auswertung eines Geschwindigkeitsverlaufs ist zwar ebenso geeignet, ist aber nicht derartig sensibel, da es sich lediglich um die erste zeitliche Ableitung der Lage bzw. Ortsposition handelt. Lageänderungssensoren, d. h. Geschwindigkeits- oder Beschleunigungssensoren, sind auf dem Markt frei verfügbar, so dass sie dem Durchschnittsfachmann bekannt sind und eine weitere Beschreibung an dieser Stelle nicht notwendig ist. Eine Auswahl möglicher Lageänderungssensoren kann der folgenden Tabelle entnommen werden:

Tabelle 1

Typ	Hersteller	Achsen	Technologie	Messbereich	Sensibilität / Auflösung
ADXRS 613	Analog Devices	Single Axis (YAW)	MEMS	+/-150°/s	12,5 mV/°/s
XV-3500CB	Seiko-Epson	Single Axis (YAW)	Quartz crystal	+/-100°/s	0,67 mV/°/s
IDG-1123	Invensense	Dual Axis (Roll + PITCH)	MEMS	+/-43°/s	23 mV/°/s
ENC-03R	Murata	Single Axis (PITCH)	Quartz crystal	+/-300°/s	0,67 mV/°/s
CG-L43	NEC-TOKIN	Single Axis (YAW)	Quartz crystal	+/-90°/s	0,66 mV/°/s
EWTS-98	Panasonic	Dual Axis (Roll + PITCH)	MEMS	+/-15°/s (98C) +/-30°/s (98L) +/-300°/s (98V)	65 mV/°/s (98C) 38 mV/°/s (98L) 2 mV/°/s (98V)
CRG-20-01	Silicon Sensing	Single Axis (YAW)	MEMS	+/-75°/s	26,67 mV/°/s
LPR-503AL	ST-Micro	Dual Axis (Pitch + YAW)	MEMS	+/-30°/s oder +/-120°/s	33,3 mV/°/s oder 8,3 mV/°/s

[0041] Dabei steht die Bezeichnung "Single Axis" für Sensoren, die Beschleunigungen um eine Achse erfassen, und die Bezeichnung "Dual Axis" für Sensoren, die eine Beschleunigung um zwei Achsen erfassen. Bezüglich der Achsen steht die Bezeichnung "YAW" dabei für eine Gierbewegung, die Bezeichnung "Roll" für eine Rollbewegung und die Bezeichnung "PITCH" für eine Neigungsbewegung. Die Abkürzung "MEMS" steht dabei für ein mikroelektromechanisches System. Die Abkürzung "SPI" steht dabei für "System Packet Interface", eine optische Schnittstelle. Die Abkürzung "I2C" steht für einen seriellen Schnittstellenstandard der Firma Philips.

[0042] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der Sensor zum Vermessen des Objekts ein taktiler Sensor, und es ist ein erster Lageänderungssensor vorgesehen, um eine erste Beschleunigung der Gehäusestruktur zu erfassen, und mindestens ein zweiter Lageänderungssensor vorgesehen, um eine zweite Beschleunigung des taktilen Sensors zu erfassen, wobei eine Richtung der ersten Beschleunigung und eine Richtung der zweiten Beschleunigung identisch sind.

[0043] Für die Anwendung in Koordinatenmessgeräten mit taktilen Sensoren ist es hilfreich, etwa die in einem Tastkopf gegeneinander verschiebbaren Teile, beispielsweise das Gehäuse und die Aufnahme des Taststifts, jeweils getrennt mit Lageänderungssensoren auszustatten. So kann aus der Differenz der entsprechenden Messsignale des ersten und des zweiten Sensors eine Antastung früher detektiert werden. Von besonderem Vorteil ist, dass die Messrate der Lageänderungssensoren unabhängig und damit in einer höheren Frequenz erfolgen kann als die Messung der Lage des Koordinatenmessgeräts erfolgt, aus der abgeleitet bisher Beschleunigungsdaten gewonnen wurden.

[0044] Grundsätzlich kann vorgesehen sein, dass eine Auswerteeinheit zum Auswerten der Lageänderungsdaten bzw. Beschleunigungsdaten des Lageänderungssensors integriert in dem Mess- bzw. Tastkopf vorgesehen ist, um ein möglichst kompaktes System zu erhalten. Bei der technischen Ausgestaltung ist dann jedoch darauf zu achten, dass die Auswertung nur einen möglichst geringen Energieverbrauch aufweist und somit nur eine geringe Wärmeenergieerzeugung vorliegt. Ansonsten könnte die von der Auswerteeinheit erzeugte Wärme das Messergebnis negativ beeinflussen. Gegebenenfalls ist die Auswerteeinheit thermisch vom messenden System abzukoppeln.

[0045] Es kann vorgesehen sein, dass eine Beschleunigungsmessung in regelmäßigen Abständen, insbesondere in einem Vielfachen vom Systemtakt, überprüft wird. Dies kann durch Fortschreibung der Beschleunigung und ihre Integration auf die entsprechende Geschwindigkeit und weitere Integration auf die entsprechende Lage erfolgen. Die so erlangten Lagedaten können dann beispielsweise mit den Daten der Lagesensoren des Koordinatenmessgeräts, die unmittelbar die Lage des Sensors in drei Raumrichtungen feststellen, verglichen werden. So kann ein Auseinanderdriften der Messungen verhindert werden und stabilere Daten sowie eine sichere Messung erreicht werden.

[0046] Bei dem Verfahren zur Kollisionserkennung eines Koordinatenmessgeräts kann vorgesehen sein, dass der Sollwert ein für das Koordinatenmessgerät festgelegter Maximalwert ist, und dass das Verbringen erfolgt, falls die mindestens eine Lageänderung größer als der Maximalwert ist. Alternativ kann der Maximalwert auch dynamisch von einer Steuerungseinheit des Koordinatenmessgeräts aktualisiert werden, etwa so wie er in der gewünschten Bewegungsbahn auftritt. Es kann einen Sicherheitsaufschlag vorgesehen sein, um Fehlabschätzungen zu vermeiden.

[0047] Auf diese Weise kann mittels eines absoluten Werts eine Kollision des Koordinatenmessgeräts mit einem Hindernis festgestellt werden.

[0048] In einer Ausführungsform kann zudem vorgesehen sein, dass eine erste Beschleunigung des taktilen Sensors mittels eines ersten Lageänderungssensors gemessen wird und mindestens eine zweite Beschleunigung der Gehäusestruktur mittels mindestens eines zweiten Lageänderungssensors gemessen wird, wobei die erste Beschleunigung der Sollwert ist und die zweite Beschleunigung mit dem Sollwert verglichen wird.

[0049] Kumulativ kann auch weiterhin ein Vergleich mit einem zweiten Sollwert erfolgen, der ein festgelegter Maximalwert ist.

[0050] Auf diese Weise wird es möglich, zwischen einer Kollision der Gehäusestruktur mit einem Hindernis und einem Antasten des Taststifts an ein zu vermessendes Objekt zu unterscheiden. Bei einer Kollision der Gehäusestruktur des Koordinatenmessgeräts würden sowohl die Lageänderungssensoren der Gehäusestruktur als auch des Taststifts bzw. des Sensors sich gleichartig verhalten und ähnliche Abweichungen von einer gewollten Bewegung des Koordinatenmessgeräts bzw. eine gleichartige Überschreitung des festgelegten Maximalwerts ausgeben. Bei einem Antasten des Taststifts an ein zu vermessendes Objekt würde eine Differenz zwischen dem ersten Lageänderungssensor und dem zweiten Lageänderungssensor auftreten, so dass eine Antastung erkannt werden kann. Bei einer Kollision eilt dabei das Signal der Gehäusestruktur dem Signal des Taststiftes voraus, bei einer Antastung eilt das Signal des Taststiftes dem der Gehäusestruktur voraus.

[0051] Bei dem Verfahren zur Korrektur von Bilddaten kann in einer bevorzugten Ausführungsform vorgesehen sein, dass das Startsignal mit einem Beginn und das Stoppsignal mit einem Ende eines Belichtungsvorgangs des Sensors, der ein optischer Sensor ist, gekoppelt ist, wobei die mindestens eine Lageänderung eine Beschleunigung ist.

[0052] Auf diese Weise ist es möglich, den Belichtungszeitraum sehr exakt mit der Erfassung der Bahndaten zu synchronisieren. Beispielsweise könnte dazu ein Start- und Stopp-Trigger der Belichtung oder ein entsprechendes Pegelsignal für die Dauer der Belichtung mit dem Sensor gekoppelt sein.

[0053] Grundsätzlich ist es allgemein des Weiteren auch denkbar, dass die Lageänderungssensoren in Dreh-Schwenk-Einheiten dazu verwendet werden, dynamische und statische Verkippungen während eines Schwenkablaufs zu erfassen, womit ebenfalls eine genauere Korrektur der Messergebnisse möglich wird, als dies mit quasi-starren Modellen der Dreh-Schwenk-Einheit als Teilsystem des gesamten Koordinatenmessgeräts möglich ist.

[0054] Des Weiteren ist es grundsätzlich allgemein denkbar, dass die Lageänderungssensoren als aktives Feedbacksystem für eine Bewegungsregelung des Koordinatenmessgeräts verwendet werden, insbesondere, um eine ruckfreie Steuerung des Koordinatenmessgeräts zu ermöglichen. Mögliche Störungen einer solchen ruckfreien Bewegung könnten durch die Lageänderungssensoren erfasst und berücksichtigt werden.

[0055] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0056] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

[0057] [Fig. 1](#) ein System zum Vermessen eines Objekts mit einem Koordinatenmessgerät,

[0058] [Fig. 2a](#) eine schematische Ansicht möglicher Sensorpositionen in einem Koordinatenmessgerät mit einem taktilen Sensor,

[0059] [Fig. 2b](#) eine schematische Ansicht möglicher Sensorpositionen in einem Koordinatenmessgerät mit einem optischen Sensor,

[0060] [Fig. 3](#) eine schematische Ansicht möglicher Sensorpositionen in einem weiteren Koordinatenmessgerät mit einem taktilen Sensor,

[0061] [Fig. 4](#) ein schematisches Ablaufdiagramm eines Verfahrens zur Kollisionserkennung eines Koordinatenmessgeräts, und

[0062] [Fig. 5](#) ein schematisches Ablaufdiagramm eines Verfahrens zur Korrektur von Bilddaten.

[0063] [Fig. 1](#) zeigt ein System **10**, das zum Durchführen eines Verfahrens zur Kollisionserfassung oder eines Verfahrens zur Korrektur von Bilddaten verwendet werden kann. Das System **10** weist ein Koordinatenmessgerät **12** und eine Steuerungseinheit **14** zum Steuern des Koordinatenmessgeräts **12** auf. Die Steuerungseinheit **14** weist eine Recheneinheit **16**, beispielsweise einen Computer, auf.

[0064] Die Steuerungseinheit **14** ist lediglich schematisch als Block dargestellt, grundsätzlich kann die Steuerungseinheit **14** alle zur Steuerung des Koordinatenmessgeräts **12** notwendigen Elemente, beispielsweise Tastaturen, Monitore oder eine Bedienkonsole **18**, aufweisen. Des Weiteren umfasst die Steuerungseinheit **14** auch Ausgabemittel, um die durch das Koordinatenmessgerät **12** gewonnenen Daten in geeigneter Form, beispielsweise elektronisch oder in Papierform, auszugeben. Obwohl das Koordinatenmessgerät **12** mittels der Bedienkonsole **18** auch manuell bedient werden kann, ist die Steuerungseinheit **14** auch dazu in der Lage, Mess- und Kalibriervorgänge automatisiert durchzuführen.

[0065] Des Weiteren kann das System **10** eine Kraftmesseinrichtung **20**, beispielsweise in Form einer Waage oder Kraftmessdose, aufweisen. Ferner ist eine Einmesskugel **21** vorgesehen. Die Kraftmesseinrichtung **20** und die Einmesskugel **21** sind auf einer Grundplatte **22** des Koordinatenmessgeräts **12** angeordnet. Die Kraftmesseinrichtung **20** und die Einmesskugel **21** dienen zum Kalibrieren des Koordinatenmessgeräts **12**, ein solches Kalibrationsverfahren ist beispielsweise in der Druckschrift EP 1 051 596 B1 beschrieben. Dieses dient zum Bestimmen von Korrekturparametern des Koordinatenmessgeräts **12**, beispielsweise von einer Nachgiebigkeitsmatrix.

[0066] An der Grundplatte **22** ist ein Portal **24** vorgesehen, das an der Grundplatte **22** entlang einer ersten Achse (Y) verschiebbar ist. An dem Portal **24** wiederum ist ein Schlitten **26** vorgesehen, der entlang dem Portal **24** in einer zweiten Richtung (X) verschiebbar ist. An dem Schlitten **26** ist eine Pinole **28** vorgesehen, die entlang dem Schlitten **26** in eine dritte Richtung (Z) verschiebbar ist. Die drei Richtungen (X, Y, Z) stehen jeweils senkrecht aufeinander und bilden die Achsen eines absoluten Koordinatensystems (X, Y, Z).

[0067] An dem Portal **24** ist eine Skala **30** in X-Richtung, an der Grundplatte **22** eine Skala **32** in Y-Richtung und an der Pinole **28** eine Skala **34** in Z-Richtung vorgesehen. Die Skalen **30**, **32**, **34** dienen dazu, die Position eines an der Pinole **28** angebrachten Sensors **36** auszulesen. Dazu können die Skalen **30**, **32**, **34** derart ausgebildet sein, dass ein manuelles Ablesen einer jeweiligen Koordinate möglich ist, insbesondere sind die Skalen **30**, **32**, **34** jedoch derart ausgebildet, dass eine jeweilige Koordinate durch eine entsprechende Erfassungseinrichtung (nicht dargestellt) erfasst und elektronisch an die Steuerungseinheit **14** übermittelt wird. Die Skalen **30**, **32**, **34** dienen somit als Lagesensoren zur Erfassung der Lage des Sensors **36**.

[0068] Der an der Pinole **28** angebrachte Sensor **36** weist in der dargestellten Ausführungsform einen Taster bzw. eine Tastspitze **38** auf, die auslenkbar gelagert ist und zur Antastung eines zu vermessenden Objekts **40** dient.

[0069] Das zu vermessende Objekt **40** ist auf der Grundplatte **22** angeordnet und kann so durch Verfahren des Portals **24**, des Schlittens **26** und der Pinole **28** angetastet und vermessen werden.

[0070] [Fig. 2a](#) zeigt eine schematische Ansicht möglicher Positionen für Lageänderungssensoren in dem Koordinatenmessgerät **12**.

[0071] An der Pinole **28** ist in der Regel zunächst eine Befestigungsvorrichtung **42** vorgesehen, an der ein Dreh-Schwenk-Gelenk (DSG) **44** vorgesehen ist. Das DSG **44** dient dazu, den Sensor **36** in eine beliebige Richtung auszurichten, um den Taststift **38** geeignet an dem zu vermessenden Objekt **40** positionieren zu können. An dem DSG **44** ist ein Adapter **46** vorgesehen, der dazu dient, einen Übergang von dem DSG **44** zu einem Sensorkopf **48** bereitzustellen, um zu ermöglichen, verschiedene Sensoren **36** bzw. Sensorköpfe **48** mit demselben DSG **44** verwenden zu können.

[0072] In dem Sensorkopf **48** ist eine Tasteraufnahme **50** vorgesehen, die einen Taststiftteller **52** hält. An dem Taststiftteller **52** ist dann der eigentliche Taster **38** angeordnet. Der Taststiftteller **52** ist in der Tasteraufnahme **50** gekoppelt durch entsprechende Messaufnehmer (nicht dargestellt) angeordnet, die eine Auslenkung des Tasters **38** bzw. des Taststifttellers **52** erfassen und an die Steuerungseinheit **14** des Koordinatenmessgeräts **12** übermitteln.

[0073] In der beschriebenen Anordnung können an mehreren Positionen Lageänderungssensoren vorgesehen sein, die zur Erfassung einer Geschwindigkeit oder einer Beschleunigung an der entsprechenden Stelle des entsprechenden Elements dienen. Vorzugsweise werden Beschleunigungssensoren verwendet, da die Beschleunigung als zweite Ableitung der Position den sensibelsten Schwankungen unterliegt und somit für die vorliegenden hochgenauen Messanforderungen die besten Daten liefert. Die Lageänderungssensoren können dazu vorgesehen sein, lediglich eine lineare Beschleunigung in einer Raumrichtung zu messen, es können aber auch rotatorische Beschleunigungen gemessen werden. Vorzugsweise ist vorgesehen, dass an jeder der beschriebenen Positionen ein Paket von Lageänderungssensoren vorgesehen ist, die rotatorische Beschleunigungen um alle drei Raumachsen (X, Y, Z) erfassen, so dass die Beschleunigung jedes Elements vollständig erfasst wird.

[0074] Grundsätzlich kann vorgesehen sein, dass Lageänderungssensoren nur an einer, mehreren oder aber auch an allen der vorgeschlagenen Positionen vorgesehen sind.

[0075] Eine erstes Paket von Lageänderungssensoren **54** befindet sich an einem Ende der Pinole **28**. Auf diese Weise kann eine Beschleunigung des entsprechenden Endes der Pinole **28** und damit eine Lageänderung erfasst werden, die insbesondere durch Verfahren des Portals **24**, des Schlittens **26** und der Pinole **28** bewirkt wird. Mittels von den Lageänderungssensoren **54** erfassten Sensordaten lässt sich insbesondere die Steuerung des Portals **24**, des Schlittens **26** und der Pinole **28** überwachen. Es kann des Weiteren ein Abgleich mit den Daten der Skalen **30**, **32**, **34** stattfinden.

[0076] Weitere Lageänderungssensoren **55** oder **56** können Lageänderungen in der Befestigungsvorrichtung **42** und dem DSG **44**, die zusammenfassend auch als "Sensor Carrier" bezeichnet werden, erfasst werden. Die erfassten Lageänderungen durch die Lageänderungssensoren **55** und **56** können insbesondere zur Überwachung der Steuerung des DSG **44** und einer möglichen Verbiegung des DSG **44** dienen. Auf diese Weise ist es möglich, eine tatsächliche Verbiegung des DSG **44** zu erfassen, ohne auf Modellparameter zurückgreifen zu müssen.

[0077] Eine weiteres mögliches Paket von Lageänderungssensoren **57** befindet sich in dem Adapter **46**. Eine derartige Sensorposition bietet ähnliche Vorteile wie die der Lageänderungssensoren **55** und **56** und kann beispielsweise gemeinsam mit den Lageänderungssensoren **55** und **56** zur besseren Erfassung des Teils des Gesamtsystems verwendet werden.

[0078] Ein weiteres Paket von Lageänderungssensoren **58** befindet sich in dem Sensorkopf **48**, wo insbesondere ein Paket von Lageänderungssensoren **59** nahe der Tasteraufnahme **50** vorgesehen sein kann. Mittels der Lageänderungssensoren **58** und **59** kann eine Beschleunigung des Sensorkopfs **48** insbesondere nahe an der Tasteraufnahme **50** erfasst werden und mit einer Beschleunigung des Tasters **38** verglichen werden. Zur Erfassung der Beschleunigung des Tasters **38** dient dabei ein weiteres Paket von Lageänderungssensoren **60**, die an dem Taster oder an dem Taststiftsteller **52** vorgesehen sind. Durch Vergleich der Daten der Lageänderungssensoren **58** bzw. **59** und **60** kann beispielsweise bei einem gewissen Auseinanderfallen der Beschleunigungsdaten daraus geschlossen werden, dass der Taster **38** das zu vermessende Objekt **40** angetastet hat.

[0079] [Fig. 2b](#) zeigt eine mögliche Anordnung für den Fall, dass ein optischer Sensor **37** verwendet wird.

[0080] Von der Pinole **28** bis zu dem DSG **44** gleicht der Aufbau dem in [Fig. 2a](#) beschriebenen. An die DSG **44** schließt sich dann allerdings direkt der optische Sensor **37** an, der beispielsweise durch ein Kameramodul **62** gebildet ist. An dem Kameramodul **62** kann dann ein Paket von Lageänderungssensoren **64** angeordnet sein.

[0081] Für die Durchführung eines Verfahrens zur Korrektur von Bilddaten des Kameramoduls **62** ist vorgesehen, die Lageänderungssensoren **64** und das Kameramodul **62** mit der Steuerungseinheit **14** zu verbinden. Auf diese Weise ist es möglich, den Betrieb des Kameramoduls **62** und der Lageänderungssensoren **64** zu synchronisieren. Etwa kann so der Beginn eines Aufnahmeprozesses des Kameramoduls **62** und das Ende eines Aufnahmeprozesses mit dem Beginn und dem Ende eines Messvorgangs der Lageänderungssensoren **64** synchronisiert werden, so dass entsprechend passende Bilddaten und Lageänderungsdaten erfasst werden. Diese können dann an die Steuerungseinheit **14** übermittelt und ausgewertet werden, insbesondere zur Korrektur der Bilddaten.

[0082] [Fig. 3](#) zeigt einen weiteren taktilen Sensor **36'** und mögliche Positionen zur Erfassung von Lageänderungsdaten. Der weitere taktilen Sensor **36** ist ebenfalls an der Pinole **28** vorgesehen, so dass ebenfalls an der Pinole **28** ein Paket von Lageänderungssensoren **54** vorgesehen sein kann. An der Pinole **28** ist ein Kopfgehäuse **66** angebracht, das in etwa dem Sensor Carrier **42, 44**, der in [Fig. 2a](#) dargestellt ist, entspricht. Entsprechend kann auch an dem Kopfgehäuse **66** ein zweites Paket von Lageänderungssensoren **55** vorgesehen sein.

[0083] An dem Kopfgehäuse **66** ist eine Tasterwechselstelle **68** angebracht, die zur Aufnahme eines Tastertellers **70** dient. Der Tasterteller **70** entspricht im Wesentlichen dem Taststiftsteller **52**. Auch an dem Tasterteller **70** ist der Taster **38** befestigt. Der Tasterteller **70** ist entsprechend in der Tasterwechselstelle **68** so gelagert, dass mittels geeigneter Messaufnehmer eine Auslenkung des Tasters **38** erfasst werden kann.

[0084] Entsprechend kann auch hier vorgesehen sein, dass ein Paket von Lageänderungssensoren **72** in der Tasterwechselstelle **68** vorgesehen ist, insbesondere möglichst nahe an dem Tasterteller **70**. Ein weiteres Paket von Lageänderungssensoren **74** ist dann an dem Tasterteller **70** oder an dem Taster **38** selbst angebracht. Aus der Differenz der Lageänderungsdaten der Lageänderungssensoren **72** und **74** kann wiederum beispielsweise auf ein Antasten des zu vermessenden Objekts **40** rückgeschlossen werden.

[0085] Wie bereits erwähnt wurde, ist grundsätzlich vorgesehen, dass jedes Sensorkpaket **54–60** bzw. **72–74** drei rotatorische Beschleunigungssensoren umfasst. Selbstverständlich sind hier jedoch auch Alternativen denkbar. Insbesondere können die Lageänderungssensoren **54–60** auch Pakete von 1 bis 3 Sensoren umfassen, die lineare Beschleunigung entlang entsprechender Achsen messen. Auch die Lageänderungssensoren **64** können entsprechend ausgestaltet sein. Gleiches gilt für die Lageänderungssensoren **72** und **74**. Sensorkpakete zur Messung von Winkelbeschleunigungen um ein bis drei Achsen können, wie bereits erwähnt wurde, insbesondere die Pakete von Lageänderungssensoren **54–60** aufweisen.

[0086] Selbstverständlich sind auch Kombinationen denkbar, insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Pakete von Lageänderungssensoren **57–60** eine Kombination von zwei Winkelbeschleunigungsmesssensoren und einen linearen Beschleunigungsmesssensor aufweisen. Die lineare Beschleunigung wird dabei vorzugsweise in Z-Richtung gemessen.

[0087] [Fig. 4](#) zeigt ein Verfahren **80** zur Kollisionserkennung eines Koordinatenmessgeräts.

[0088] Das Verfahren **80** beginnt mit einem Schritt **82**. In einem Schritt **84** wird fortlaufend eine Lageänderung, insbesondere eine Beschleunigung, des taktilen Sensors **36** erfasst. In einem Schritt **86**, der auch parallel zu dem Schritt **84** ablaufen kann, wird eine Lageänderung einer von den Elementen **24** bis **28** und **42** bis **50** gebildeten Gehäusestruktur erfasst. Der Schritt **84** wird insbesondere mittels Lageänderungssensoren **74** bzw. **64** bzw. **60** durchgeführt. Die Lageänderungssensoren **54–59** und **72** dienen zur Erfassung der Lageänderung der Gehäusestruktur im Rahmen des Schritts **86**.

[0089] Beim Schritt **88** wird fortlaufend ein Vergleich der in den Schritten **84** und **86** erfassten Lageänderungen durchgeführt.

[0090] Zur Bestimmung, ob der Taster **38** das zu vermessende Objekt **40** angetastet hat, wird insbesondere in einem Schritt **90** verglichen, ob eine Lageänderung des Sensors **36**, die beispielsweise mittels der Lageänderungssensoren **60** erfasst wurde, mit einer entsprechenden Lageänderung der Gehäusestruktur, die beispielsweise mittels der Lageänderungssensoren **59** erfasst wurde, übereinstimmt. Stimmen die Beschleunigungsdaten überein, wird das Verfahren fortgeführt mit Schritt **84**.

[0091] Wird eine Abweichung festgestellt, wird das Koordinatenmessgerät **12** in einem Schritt **92** in einen sicheren Zustand verbracht, beispielsweise durch Anhalten des Koordinatenmessgeräts **12** oder Zurückverfahren um ein bestimmtes Maß.

[0092] Selbstverständlich kann im Rahmen des Vergleichens in Schritt **90** ein Toleranzbereich vorgesehen sein, den die Abweichung zwischen den Lageänderungen verlassen muss, damit die Abweichung als Kollision definiert wird.

[0093] Selbstverständlich kann parallel ein weiterer Abgleich, beispielsweise mit Maximalwerten für die Beschleunigung des Koordinatenmessgeräts **12**, durchgeführt werden. Ein solcher Abgleich kann beispielsweise dazu dienen, eine Kollision, beispielsweise des Sensorkopfs **48** mit einem Hindernis, festzustellen. Stimmen etwa die in Schritt **84** und Schritt **86** bestimmten Lageänderungen überein, überschreiten jedoch beide den vorher definierten Maximalwert, kann es der Fall sein, dass ein entsprechendes Element der Gehäusestruktur mit einem Hindernis kollidiert ist. Auch dann kann ein Schritt **92** zum Verbringen des Koordinatenmessgeräts **12** in einen sicheren Zustand nachgeschaltet sein.

[0094] [Fig. 5](#) zeigt ein Verfahren **96** zur Korrektur von Daten eines berührungsfreien, insbesondere eines optischen, Sensors **37**.

[0095] Das Verfahren **96** beginnt mit einem Schritt **98**, der dem Beginn der Belichtung des optischen Sensors **37** entspricht. Wie bereits erwähnt wurde, kann das Verfahren für sämtliche berührungsfreien Sensoren **37** verwendet werden, es wird im Folgenden jedoch lediglich auf einen optischen Sensor **37** Bezug genommen.

[0096] Der Beginn der Belichtung in Schritt **98** ist für die Steuerungseinheit **14** mit den Lageänderungssensoren **64** gekoppelt. Auf diese Weise wird eine Kombination der in einem Schritt **100** mittels der Lageänderungssensoren **64** erfassten Lageänderungsdaten und in einem parallelen Schritt **102** erfassten Bilddaten erzielt. Erfasste Beschleunigungsdaten können so zeitlich Bilddaten zugeordnet werden. Die Erfassung der Lageänderungsdaten in Schritt **100** und der Bilddaten in Schritt **102** endet in einem Schritt **104**, wenn die Belichtungszeit des optischen Sensors **37** endet.

[0097] In einem Schritt **106** werden nun die Bahndaten des optischen Sensors **37** berechnet, d. h. die Bahn, die der optische Sensor **37** während des Messvorgangs vollzogen hat. Hierzu werden die von jedem Lageänderungssensor erfassten Beschleunigungsdaten integriert, so dass man die entsprechenden Geschwindigkeitsdaten erhält. Durch erneute Integration der Geschwindigkeitsdaten erhält man die entsprechenden Ortsdaten. Dabei ist zu beachten, dass bei der Integration von der Beschleunigung zur Geschwindigkeit eine erste Konstante, die zunächst unbekannt ist, anfällt, und bei der Integration von der Geschwindigkeit zur Bahn eine zweite Konstante anfällt. Es gilt jedoch, die erste Konstante, d. h. die Geschwindigkeit des optischen Sensors **37** zu Beginn des Messvorgangs, zu kennen. Diese kann beispielsweise Null betragen, d. h. der Schritt **98** wird begonnen, während der optische Sensor **37** ruht. Die zweite Konstante, die bei der Integration der Geschwindigkeit zu der Bahn entsteht, muss nicht bekannt sein. Die zweite Konstante wird lediglich zur Bestimmung der absoluten Bahndaten in dem absoluten Koordinatensystem (X, Y, Z) benötigt. Für die vorliegende Korrektur der Bilddaten genügen jedoch relative Bahndaten, d. h. der Bahnverlauf zwischen dem Ort zu Beginn des Messvorgangs und dem Ort am Ende des Messvorgangs.

[0098] Wird der Beschleunigungssensor innerhalb der Belichtungszeit mehrfach ausgelesen, können die Integrale in guter Näherung mit einer Summenfunktion approximiert werden. Es ist grundsätzlich von Vorteil, den Beschleunigungssensor so oft wie möglich innerhalb der Belichtungszeit auszulesen. Würde man lediglich die Werte zu Anfang und zu Ende des Belichtungsvorgangs kennen, würde man nur einen Gesamtwert ohne Information des Bahnverlaufs erhalten. Bei vielen ausgelesenen Zwischenwerten kann jedoch mit der Summenfunktion bzw. Teilintegralen der tatsächliche "Belichtungsweg", d. h. die von dem optischen Sensor **37** beschriebene Bahn, bestimmt werden.

[0099] Vorteilhafterweise ist vorgesehen, dass die Richtungen, in der die Beschleunigungen gemessen werden, die beiden lateralen Verschiebungen innerhalb einer Bildebene des optischen Sensors **37** umfassen und die dritte Richtung senkrecht auf der Bildebene steht und somit einen Defokus erfasst. Die auf die Bildebene bezogenen Daten können bei alternativen Anordnungen der Lageänderungssensoren und Messrichtungen aber auch aus den bekannten räumlichen Anordnungen der Lageänderungssensoren, des Umstands, ob eine lineare oder eine rotatorische Beschleunigung gemessen wird, und der bekannten räumlichen Anordnung des optischen Sensors **37** umgerechnet werden.

[0100] Werden die Bahndaten in dem Schritt **106** bestimmt, können die erfassten Bilddaten in einem Schritt **108** dekonvuliert werden. D. h. aufgrund der bekannten Bahndaten kann die Unschärfe der Bilddaten, die durch die Bewegung des optischen Sensors **37** verursacht wurde, herausgerechnet werden.

[0101] Am Ende des Schritts **108** erhält man somit die gewünschten korrigierten Bilddaten.

[0102] Das Verfahren endet schließlich in einem Schritt **110**.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102007022326 A1 [[0002](#)]
- DE 10020842 A1 [[0002](#), [0006](#)]
- WO 2004/106854 A1 [[0004](#)]
- DE 102004011728 A1 [[0011](#)]
- EP 1051596 B1 [[0065](#)]

Patentansprüche

1. Koordinatenmessgerät (12) mit einem Sensor (36) zum Vermessen eines Objekts (40) und mit einer Gehäusestruktur (28, 42, 44, 46, 48) zum Halten und Positionieren des Sensors (36, 37), **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Lageänderungssensor (54, 56, 58, 60, 72, 74) vorgesehen ist, um eine Lageänderung des Sensors (36, 37) und/oder der Gehäusestruktur (28, 42, 44, 46, 48) zu erfassen.
2. Koordinatenmessgerät nach Anspruch 1, wobei mehrere Lageänderungssensoren (54, 56, 58, 60, 72, 74) vorgesehen sind, um eine Lageänderung des Sensors (36, 37) und/oder der Gehäusestruktur (28, 42, 44, 46, 48) in drei Raumrichtungen zu erfassen.
3. Koordinatenmessgerät nach Anspruch 1 oder 2, wobei der mindestens eine Lageänderungssensor (54, 56, 58, 60, 72, 74) dazu ausgelegt ist, eine lineare und/oder rotatorische Beschleunigung zu erfassen.
4. Koordinatenmessgerät nach Anspruch 1 oder 2, wobei der mindestens eine Lageänderungssensor (54, 56, 58, 60, 72, 74) dazu ausgelegt ist, eine lineare und/oder rotatorische Geschwindigkeit zu erfassen.
5. Koordinatenmessgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Sensor (36) zum Vermessen des Objekts (40) ein taktiler Sensor (36) ist und ein erster Lageänderungssensor (54, 56, 58, 60, 72, 74) vorgesehen ist, um eine erste Beschleunigung der Gehäusestruktur (28, 42, 44, 46, 48) zu erfassen, und mindestens ein zweiter Lageänderungssensor (54, 56, 58, 60, 72, 74) vorgesehen ist, um eine zweite Beschleunigung des taktilen Sensors (36) zu erfassen, wobei eine Richtung der ersten Beschleunigung und eine Richtung der zweiten Beschleunigung identisch sind.
6. Verfahren (80) zur Kollisionserkennung eines Koordinatenmessgeräts (12) mit einem taktilen Sensor (36) zum Vermessen eines Objekts (40) und mit einer Gehäusestruktur (28, 42, 44, 46, 48) zum Halten und Positionieren des taktilen Sensors (36), mit den folgenden Schritten:
Bestimmen (84, 86) mindestens einer Lageänderung, des taktilen Sensors (36) und/oder der Gehäusestruktur (28, 42, 44, 46, 48) mittels mindestens eines Lageänderungssensors (54, 56, 58, 60, 72, 74),
Vergleichen (88, 90) der mindestens einen Lageänderung mit mindestens einem entsprechenden Sollwert,
Verbringen (92) des Koordinatenmessgeräts (12) in einen sicheren Zustand, falls die mindestens eine Lageänderung um ein vorbestimmtes Maß von dem mindestens einen entsprechenden Sollwert abweicht.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei der Sollwert ein für das Koordinatenmessgerät (12) festgelegter Maximalwert ist, und das Verbringen erfolgt, falls die mindestens eine Lageänderung größer als der Maximalwert ist.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, wobei eine erste Beschleunigung des taktilen Sensors (36) mittels mindestens eines ersten Lageänderungssensors (54, 56, 58, 60, 72, 74) gemessen wird und wobei mindestens eine zweite Beschleunigung der Gehäusestruktur (28, 42, 44, 46, 48) mittels mindestens eines zweiten Lageänderungssensors (54, 56, 58, 60, 72, 74) gemessen wird, wobei die erste Beschleunigung der Sollwert ist und die zweite Beschleunigung mit dem Sollwert verglichen wird.
9. Verfahren (96) zur Korrektur von Daten eines berührungsfrei messenden, insbesondere optischen, Sensors (37) eines Koordinatenmessgeräts (12), mit den folgenden Schritten:
Beginnen (98) eines Messvorgangs aufgrund eines Startsignals,
Messen (100) mindestens einer Lageänderung mittels mindestens eines Lageänderungssensors (54, 56, 58, 60, 72, 74), wobei ein zeitlicher Verlauf der Lageänderung als Lageänderungsdaten erfasst wird,
Beenden (104) des Messvorgangs aufgrund eines Stoppsignals,
Berechnen (106) von Bahndaten des optischen Sensors (37) mittels Integration der Lageänderungsdaten,
Dekonvolvieren (108) der Bilddaten mittels der Bahndaten.
10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das Startsignal mit einem Beginn und das Stoppsignal mit einem Ende eines Belichtungsvorgangs des Sensors (37) gekoppelt ist, und wobei die mindestens eine Lageänderung eine Beschleunigung ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

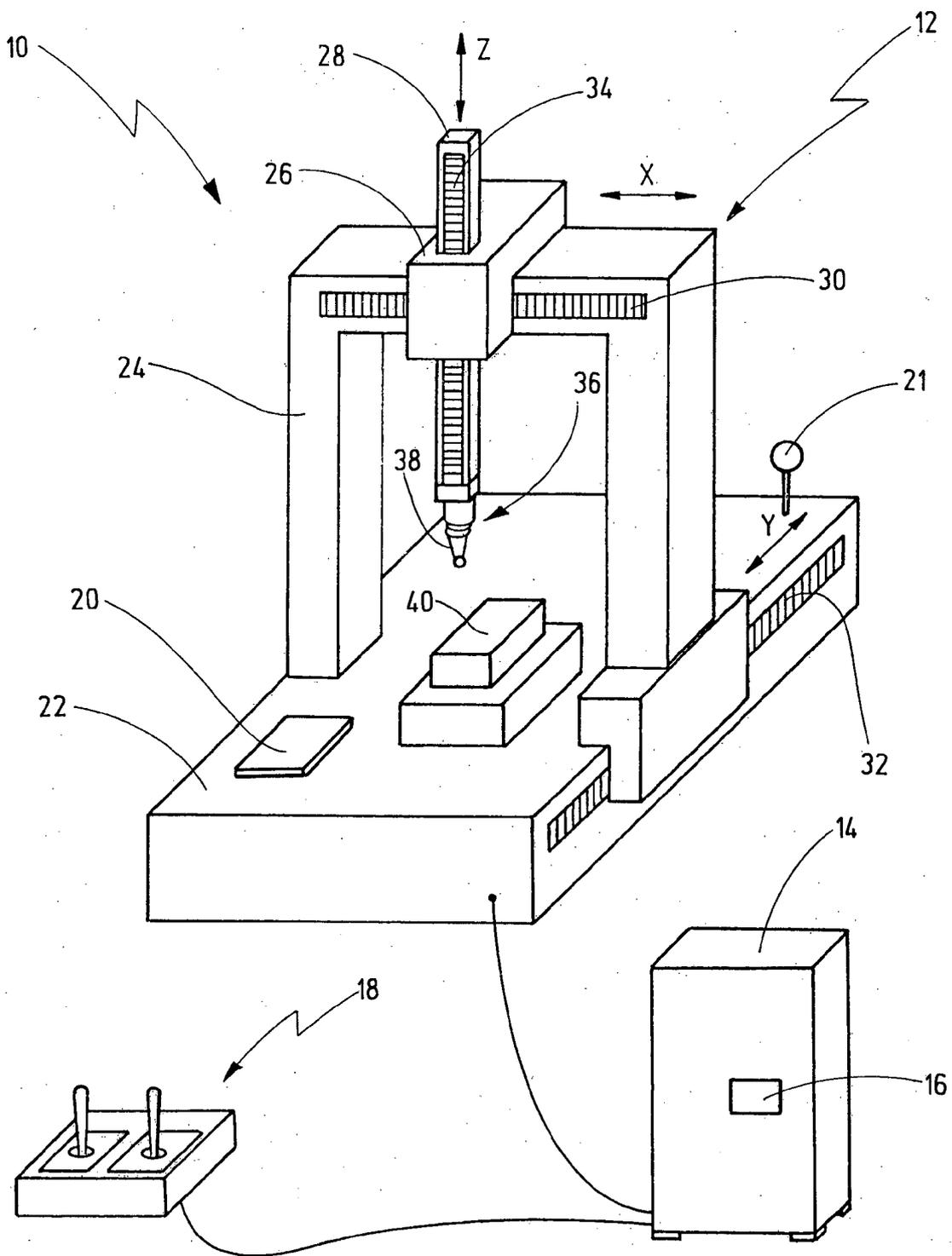


Fig.1

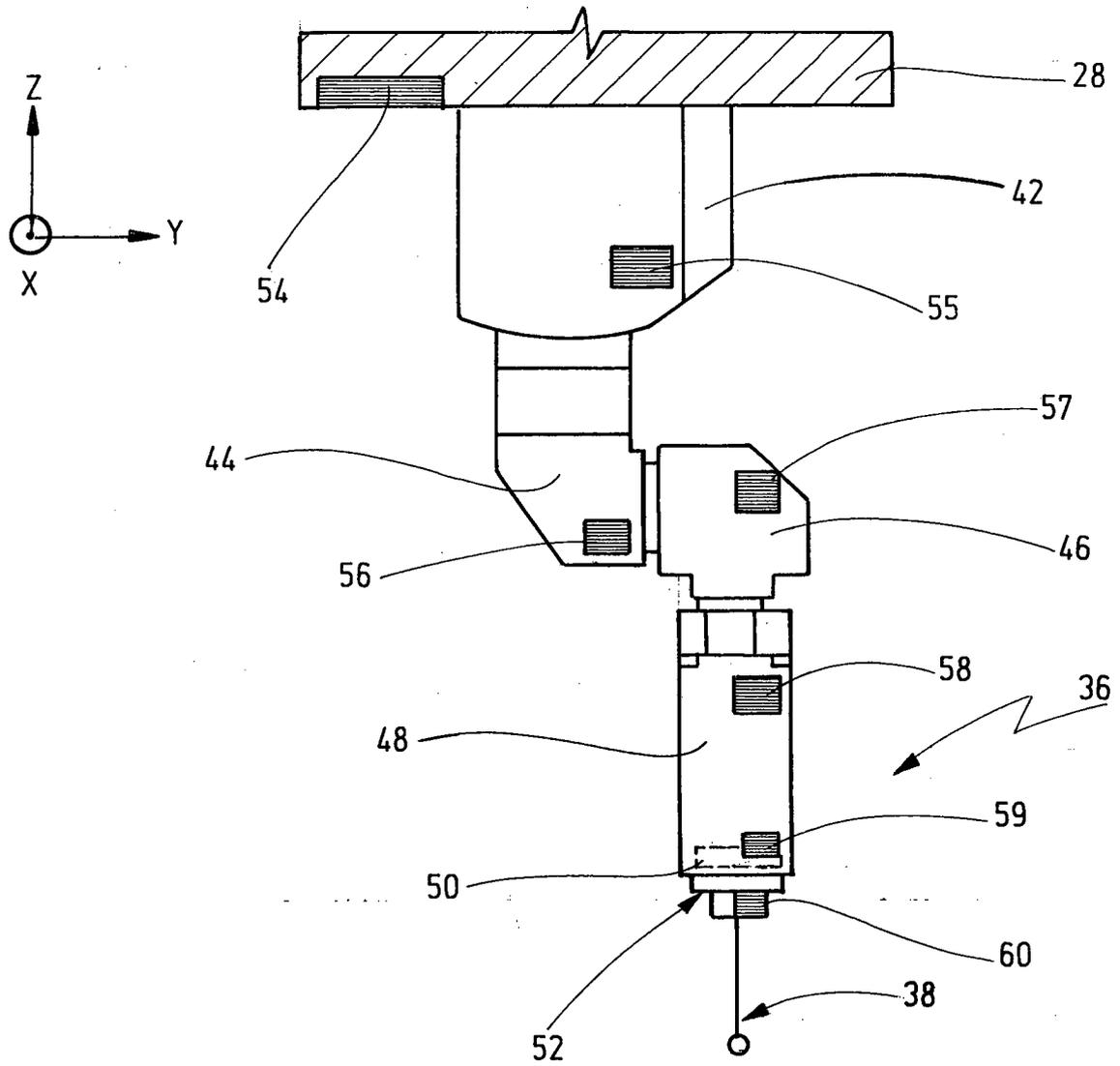


Fig.2a

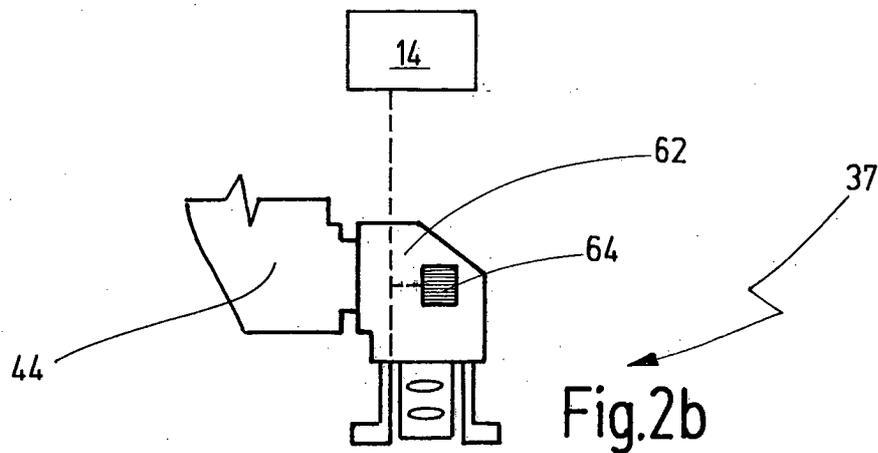


Fig.2b

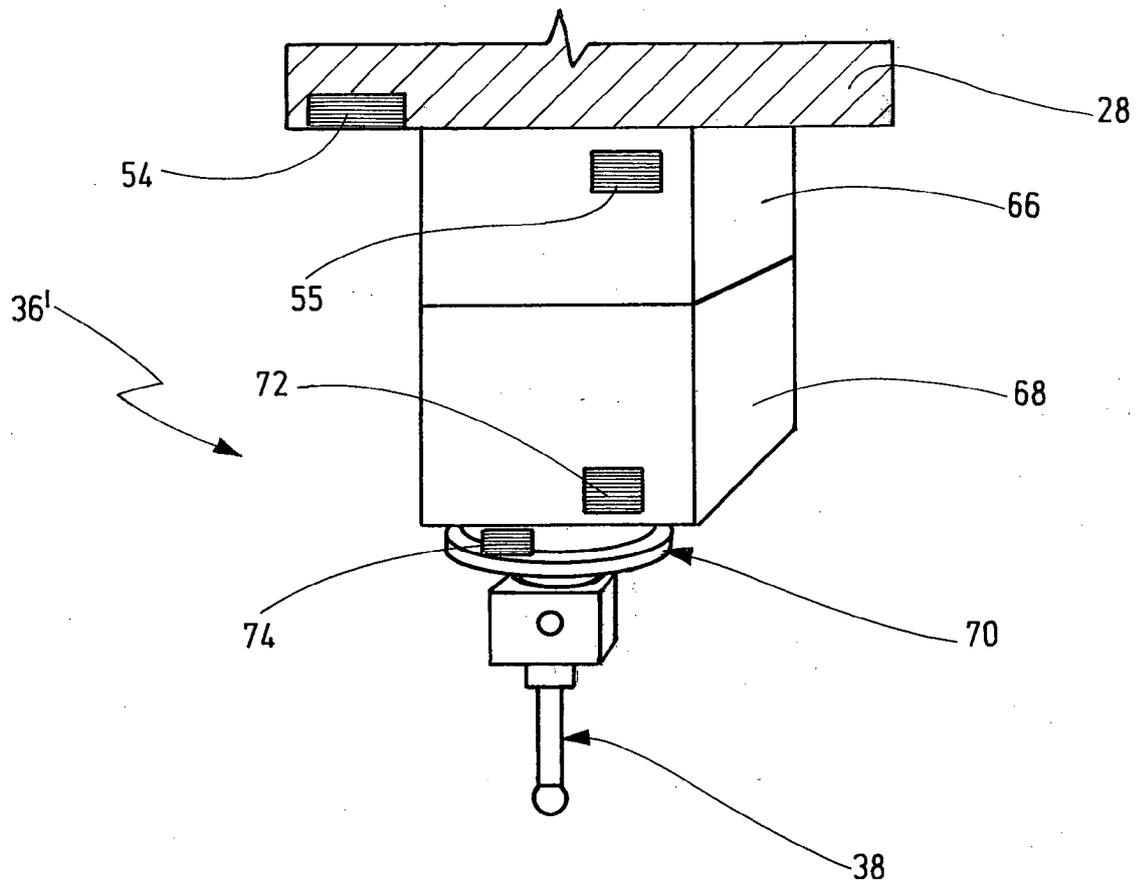


Fig.3

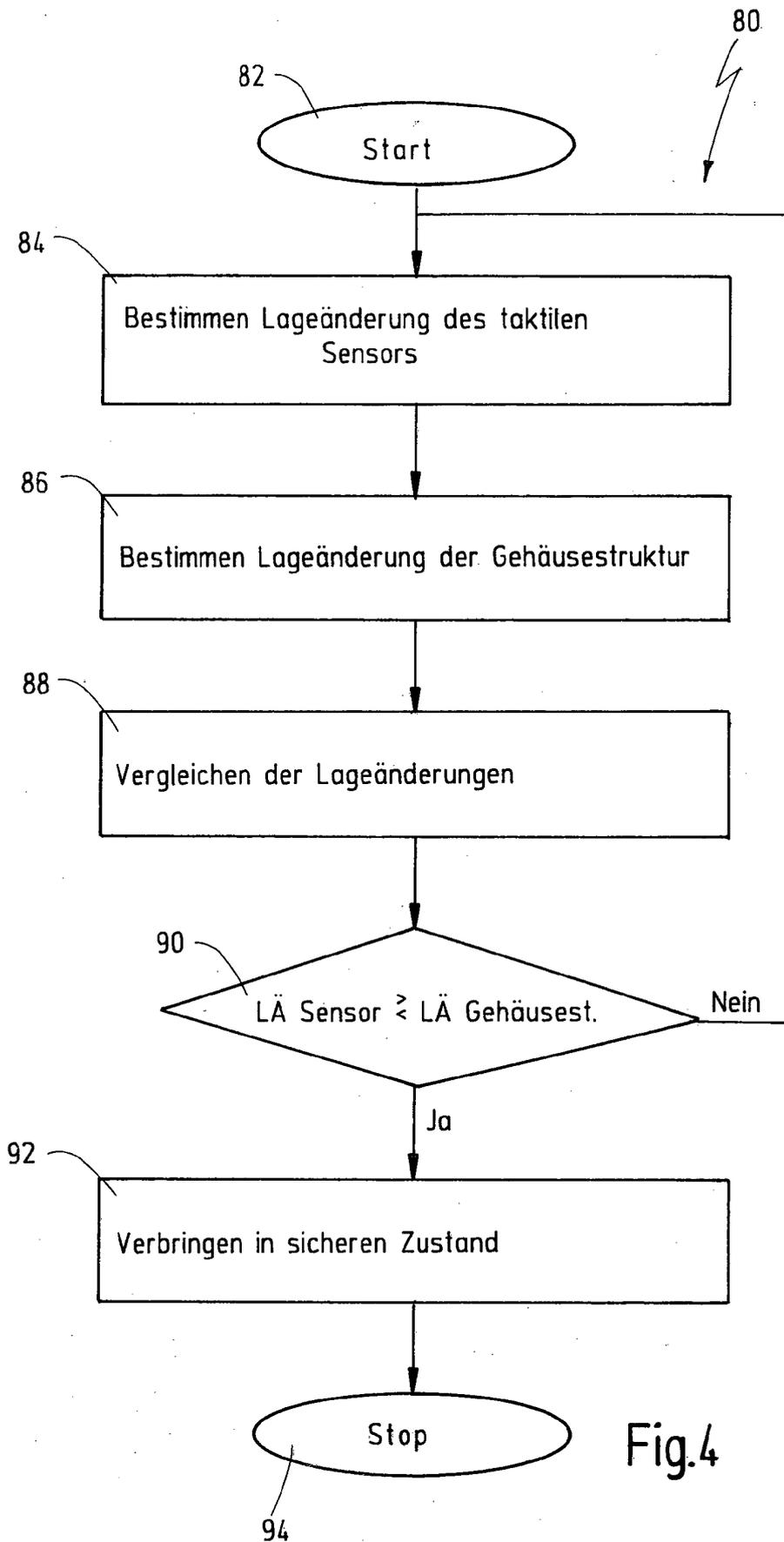


Fig.4

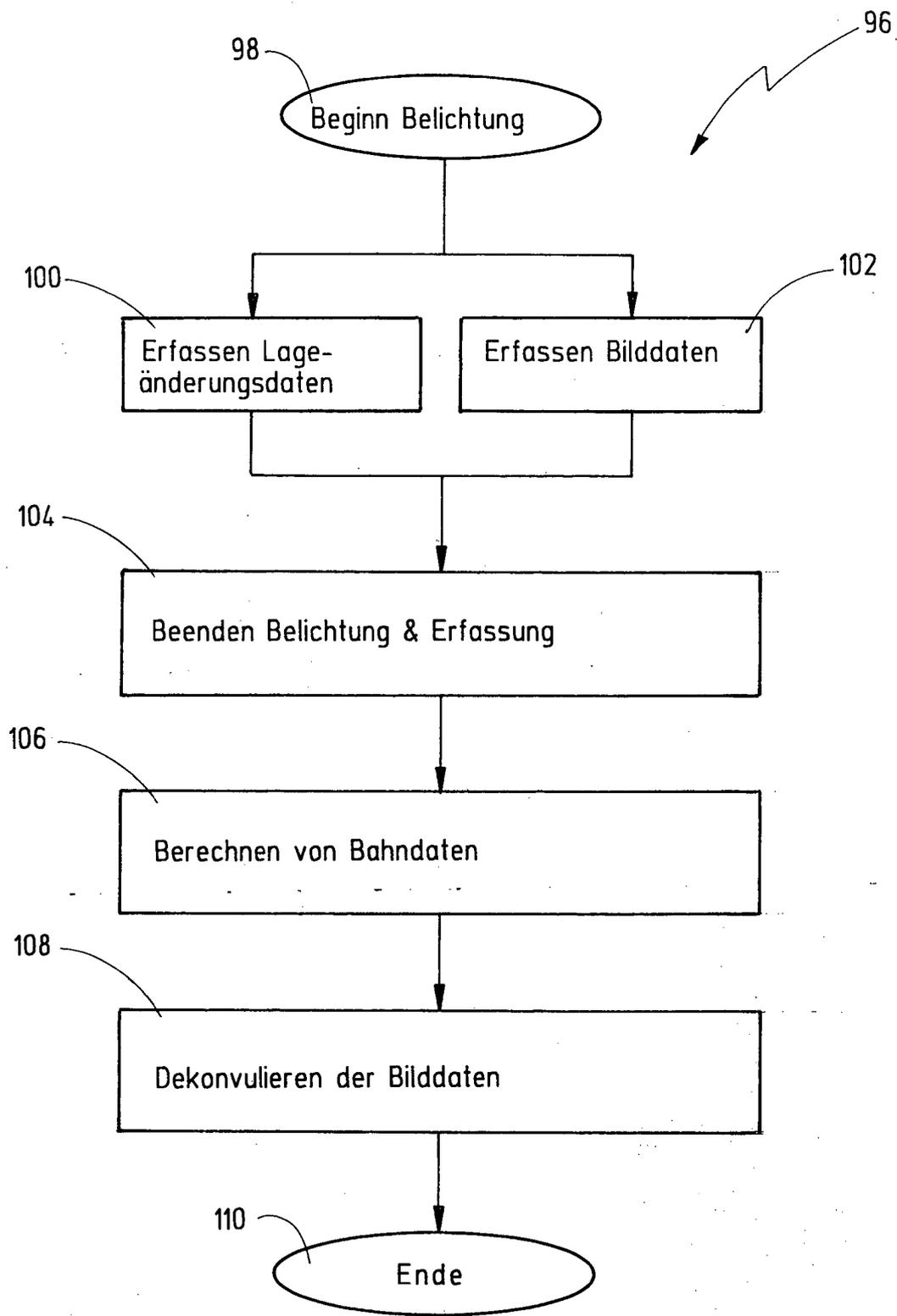


Fig.5