



(10) **DE 10 2010 054 973 B4** 2020.09.24

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 054 973.8**
(22) Anmeldetag: **08.12.2010**
(43) Offenlegungstag: **14.06.2012**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **24.09.2020**

(51) Int Cl.: **G01B 21/04** (2006.01)
G01B 11/03 (2006.01)
G01B 5/008 (2006.01)
G01B 11/24 (2006.01)
G01B 5/20 (2006.01)
G01B 21/20 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH, 73447 Oberkochen, DE

(74) Vertreter:

WITTE, WELLER & PARTNER Patentanwälte mbB, 70173 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

Georgi, Bernd, 73447 Oberkochen, DE; Hassler, Thomas, 73432 Aalen, DE; Wimmer, Martin, 89555 Steinheim, DE

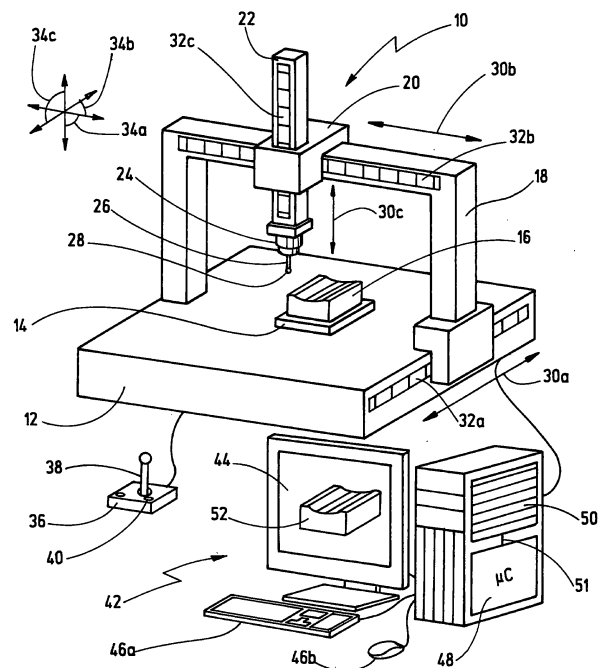
(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2004 011 707	B3
DE	10 2005 037 837	A1
DE	10 2007 011 603	A1
DE	10 2007 021 809	A1
DE	94 03 142	U1
US	6 587 810	B1

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Messsystem zur Vermessung eines Messobjekts**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Vermessung eines Messobjekts (16), mit folgenden Schritten:

- Bereitstellen einer Messeinrichtung (10) mit zumindest einem Messaufnehmer (24),
- Aufnehmen eines Messobjekts (16) in der Messeinrichtung (10),
- Bereitstellen einer Datenverarbeitungseinrichtung (42), die mit der Messeinrichtung (10) zur Erfassung von Messdaten gekoppelt ist,
- Bereitstellen einer Datenverkörperung (52) des Messobjekts (16) in der Datenverarbeitungseinrichtung (42),
- Ausrichten des Messobjekts (16) in Bezug auf die Datenverkörperung (52),
- Zuführen des zumindest einen Messaufnehmers (24) auf das Messobjekt (16),
- Antasten einer Entität (58) des Messobjekts (16), die einem Geometrieelement (60) des Messobjekts (16) zurechenbar ist, und
- automatisiertes Selektieren eines korrespondierenden Geometrieelements (64) der Datenverkörperung (52) des Messobjekts (16) anhand der ermittelten Lage der Entität (58).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Vermessung eines Messobjekts.

[0002] Genauer gesagt betrifft die Erfindung ein Verfahren, bei dem ein Messobjekt mittels einer Messeinrichtung vermessen wird, die zumindest einen Messaufnehmer aufweist, wobei die Messeinrichtung mit einer Datenverarbeitungseinrichtung verbunden ist, die einerseits zur Erfassung von Messdaten dienen und andererseits eine Datenverkörperung des Messobjekts bereitstellen kann.

[0003] Daneben bezieht sich die Erfindung auf ein Messsystem mit einer Messeinrichtung und einer mit dieser verbindbaren Datenverarbeitungseinrichtung, mit dem ein solches Verfahren durchgeführt werden kann, und ferner auf ein Computerprogramm zur Durchführung des Verfahrens auf einem solchen Messsystem.

[0004] Bei der Forschung, Entwicklung, aber auch Einzelfertigung oder Serienfertigung von Produkten kommt der Messtechnik insbesondere unter dem Aspekt der Qualitätssicherung eine große Bedeutung zu. So kann es etwa bereits in frühen Phasen einer Produktentwicklung erforderlich sein, die Gestalt von Musterteilen zu erfassen, um beispielsweise sicherzustellen, dass Funktionsmaße oder dgl. innerhalb von im Rahmen der Auslegung ermittelten Toleranzbereichen liegen. Die Ermittlung oder Erfassung solcher Maße oder ggf. deren Streuung erlaubt eine Rückkopplung mit dem Produktentwicklungsprozess. Somit können von den Eigenschaften oder dem Verhalten der Musterteile ggf. Änderungen oder Anpassungen angeleitet werden, die erforderlich sein können, um den Reifegrad eines Produkts zu verbessern.

[0005] Neben entwicklungsbegleitenden Messaufgaben ist die Messtechnik auch ein häufig unverzichtbares Hilfsmittel und Qualitätskontrollelement bei der Planung, Einrichtung und Durchführung einer Serienfertigung.

[0006] Aus der DE 10 2005 037 837 A1 ist ein Verfahren zur Erstellung eines Messplans zur Vermessung eines 3D-Messobjekts bekannt, wobei aus einem 3D-Grobdatensatz des 3D-Messobjekts ein Finite-Elemente-Modell erzeugt wird, wobei aus den finiten Elementen theoretische Messpositionen abgeleitet werden, wobei ausgehend von den theoretischen Messpositionen automatisiert ein Messplan mit tatsächlichen Messpositionen erstellt wird, und wobei der Messplan unter der Verwendung von genetischen Algorithmen erstellt wird.

[0007] Aus der DE 10 2007 021 809 A1 ist ein Verfahren zum dimensionellen Messen mit Koordinaten-

messgeräten bekannt, wobei im Koordinatenmessgerät ein Computertomografie-Sensor integriert ist, wobei die Messung von innerhalb des zu messenden Bauteils liegenden Strukturen, insbesondere Metallstrukturen, mit Computertomografie erfolgt, wobei die Messung der Bauteiloberfläche ganz oder teilweise durch optische oder taktile Sensoren, insbesondere Laserliniensensoren, erfolgt, und wobei die Messergebnisse beider Sensoren in einem Koordinatensystem zusammenfassend ausgewertet werden.

[0008] Zur Vermessung der Geometrie eines Messobjekts, aber auch zur Erfassung weiterer Merkmale wie Oberflächeneigenschaften, Lagetoleranzen, Formtoleranzen und dgl. eignet sich in besonderem Maße die Koordinatenmesstechnik. Dabei wird ein Messobjekt in einem Koordinatensystem angetastet, das durch die Gestaltung einer genutzten Messeinrichtung vorgegeben sein kann. Es kann dabei eine Erfassung von Raumpunkten, Raumkurven oder Raumbahnen sowie Flächenelementen erfolgen. Die erfassten Werte können dabei als Ist-Abbildung des Messobjekts im Koordinatenraum verstanden werden.

[0009] Ein Koordinatenmessgerät besitzt im Regelfall eine Struktur, die es einem Messaufnehmer erlaubt, innerhalb eines bestimmten Koordinatenraumes entlang einer Mehrzahl von Raumachsen vorzugehen und ggf. zusätzlich um zumindest eine Raumachse verschwenkt zu werden. Der hierzu erforderliche Antrieb kann grundsätzlich manuell oder aber motorisch erfolgen. Eine Vielzahl von Koordinatenmessgeräten ähnelt in ihrem Grundaufbau beispielsweise CNC-Mehrachsfräsmaschinen.

[0010] In jüngerer Zeit ist es üblich geworden, Konstruktionsdaten oder Fertigungsdaten eines Produkts zweidimensional, dreidimensional, zumindest aber über reproduzierbare Produktionsparameter digital zu erfassen. Davon kann regelmäßig bei geringem Aufwand eine Soll-Abbildung des Messobjekts abgeleitet werden. Gegebenenfalls können dabei ferner bei der Vermessung die der Ist-Abbildung und der Soll-Abbildung zugrunde liegenden Koordinatenräume zueinander in Relation gebracht werden, etwa einander überlagert werden. Auf diese Weise können die Messergebnisse ebenso „digital“ ausgewertet werden, um beispielsweise Rückschlüsse auf zu verändernde Fertigungsparameter oder Gestaltelemente des Produkts zu erlauben.

[0011] Die Koordinatenmesstechnik erlaubt im Regelfall eine zerstörungsfreie Prüfung von Messobjekten, so dass grundsätzlich eine hohe Eignung zur fertigungsbegleitenden Prüfung, insbesondere zur 100-Prozent-Kontrolle, gegeben ist. Neben solchen Routineaufgaben eignet sich die Koordinatenmesstechnik jedoch auch in besonderem Maße zur Durchführung von Einzelmessungen. Im Regelfall kann inner-

halb eines von einem Koordinatenmessgerät bereitgestellten Messvolumens jeder oder nahezu jeder beliebige Punkt angetastet werden, so dass zur Vermessung eines Messobjekts, sofern es im Messvolumen platzierbar ist, keine besonderen Vorbereitungen erforderlich sind. Insbesondere kann regelmäßig eine bauliche Anpassung des Koordinatenmessgeräts an das Messobjekt oder umgekehrt eine bauliche Anpassung des Messobjekts an das Koordinatenmessgerät vermieden werden, wie es etwa bei Lehren oder ähnlichen Prüfmitteln erforderlich ist.

[0012] Die Erfassung der Ist-Abbildung des Messobjekts im Koordinatenraum und die Bereitstellung der Soll-Abbildung des Messobjekts in einem vergleichbaren oder mit dem Koordinatenraum des Koordinatenmessgeräts in Relation gebrachten Koordinatenraum kann die Aufbereitung und Auswertung erfasster Messwerte deutlich vereinfachen. So ist es ohne weiteres vorstellbar und durchaus üblich, die Soll-Abbildung des Messobjekts parallel zum Messvorgang auf einem Monitor darzustellen. Der Darstellung der Soll-Abbildung können dabei erfasste Messwerte, die Teil der Ist-Abbildung sind, überlagert werden. Ebenso können Zustandsinformationen des Koordinatenmessgeräts eingeblendet werden, etwa eine Ist-Lage eines Tastkopfes.

[0013] Somit kann ein beispielhafter Messarbeitsplatz neben dem Koordinatenmessgerät auch einen Mess-Computer aufweisen, der einerseits zur Darstellung der Soll-Abbildung sowie zur Erfassung und Abbildung der Ist-Abbildung herangezogen werden kann. Andererseits kann über den Mess-Computer grundsätzlich auch eine Ansteuerung des Koordinatenmessgeräts erfolgen, etwa um ein Verfahren des Messaufnehmers zu bewirken.

[0014] Daneben ist es bekannt, Koordinatenmessgeräte manuell über Steuergeräte wie Drucktaster, Hebel, Steuerknüppel oder dgl. anzusteuern. Somit bieten sich zwei grundlegende Möglichkeiten zur Ansteuerung des Koordinatenmessgeräts an.

[0015] Bei der Ansteuerung über vom Mess-Computer an das Koordinatenmessgerät übermittelte Steuerbefehle können diese etwa einem im Mess-Computer hinterlegten Datensatz entstammen, also im Rahmen eines automatisierten Ablaufs an das Koordinatenmessgerät übermittelt werden. Ebenso können die Steuerbefehle aber auf Eingaben beruhen, die der Bediener am Mess-Computer über Eingabemittel tätigt.

[0016] Dabei erfordert die Ansteuerung mit den auf einen Datensatz zurückgehenden Steuerbefehlen entweder eine vorherige Programmierung des Messablaufs, der in einem Datensatz hinterlegt werden kann, oder aber zumindest einen Rückgriff auf gespeicherte Ablaufstrategien, etwa um für typische

Geometrielemente, beispielsweise Bohrung, Ebenen oder Freiformflächen, charakteristische vordefinierte Teilmessabläufe nutzen zu können.

[0017] Im Hinblick auf die manuelle Ansteuerung des Koordinatenmessgeräts ergeben sich für den Bediener verschiedene Vorteile und Nachteile bei der „direkten“ Ansteuerung über die separate Steuereinrichtung oder aber bei der „indirekten“ Ansteuerung über manuelle Befehle am Mess-Computer.

[0018] Die Ansteuerung über die Steuereinrichtung, etwa das Verfahren mittels eines Steuerknüppels, kann grundsätzlich während der Betrachtung des realen Messobjekts erfolgen. Somit kann insbesondere ein geübter Bediener verschiedene Verfahrensmodi, wie Schnellgang und Antastgeschwindigkeit, nutzen, um die zur Vermessung des Messobjekts erforderlichen Antastungen durchzuführen. Dabei kann gleichzeitig die Ist-Abbildung des Messobjekts gewissermaßen „auf Vorrat“ erfasst werden, die gespeicherten Daten können später am Mess-Computer oder aber einem anderen Computer ausgewertet werden. Diese Art der Ansteuerung ist jedoch in hohem Maße von der Qualifikation und Erfahrung des Bedieners abhängig. Insbesondere bei filigranen, unübersichtlichen Messobjekten können sich Bedienfehler häufen, da etwa ein ungeübter Bediener nicht immer die anwendungstechnisch korrekten Antaststrategien anwendet bzw. beim Messvorgang schnell den Überblick verlieren kann.

[0019] Im Gegensatz dazu kann der Bediener bei einer „mittelbaren“ manuellen Ansteuerung mittels des Mess-Computers auf in diesem hinterlegte Programmroutinen zurückgreifen, beispielsweise beliebig die Darstellung der virtuellen Soll-Geometrie drehen, verschieben oder aber vergrößern bzw. verkleinern, um den Überblick behalten zu können. Wird dabei auch eine Verkörperung des Messaufnehmers dargestellt, kann der Bediener das Koordinatenmessgerät sozusagen „blind“ bedienen und sich ausschließlich auf die Darstellung am Mess-Computer verlassen. Dies birgt jedoch die Gefahr, dass etwa deutliche Abweichungen des Messobjekts von der Soll-Abbildung den Messvorgang beeinträchtigen. So kann etwa der Messaufnehmer mit dem Messobjekt kollidieren, obgleich die Darstellung auf dem Mess-Computer genügend Freiraum verspricht. Derartige Abweichungen müssen nicht ausschließlich auf Fabrikationsfehler zurückgehen, sondern können auch durch falsches Ausrichten des Messobjekts bedingt sein.

[0020] Somit kann es erforderlich sein, dass sich der am Mess-Computer arbeitende Bediener von Zeit zu Zeit dem realen Messobjekt zuwendet, um sich zu vergewissern, ob der Messvorgang fehlerfrei erfolgt. Eine derartige Ablenkung des Bedieners kann jedoch wiederum Quelle weiterer Bedienfehler sein.

[0021] Zum wirtschaftlichen Betrieb von Messsystemen ist es erforderlich, gestellte Messaufgaben in der gewünschten Qualität in möglichst kurzer Zeit durchführen zu können. So sind im Stand der Technik verschiedene Ansätze bekannt, die Bedienung eines Messsystems zu verbessern, um Messvorgänge bei gleichbleibender oder höherer Qualität merklich beschleunigen zu können.

[0022] So beschreibt die DE 94 03 142 U1 eine Koordinatenmessmaschine, bei der ein Taster von Hand auf einen Messpunkt des Werkstücks gefahren wird, und bei der die Verschiebewege des Tasters in drei Koordinatenrichtungen computermäßig erfasst werden.

[0023] Dabei soll die visuelle Beobachtung der (realen) Tasterbewegung durch die visuelle Beobachtung der Lage einer verschiebbaren Marke auf einem Bildschirm ersetzt werden. Somit soll der Messpunkt auf dem Werkstück allein durch Beobachtung der Bildschirmdarstellung der Marke, die mit einem virtuellen Messpunkt auf dem Bildschirm in Überdeckung gebracht werden soll, angetastet werden. Um die auf dem Bildschirm mögliche zweidimensionale Darstellung der Lage des Messpunkts und der Lage des Tasters um eine Verkörperung der dritten Dimension zu erweitern, ist vorgesehen, die Darstellung des Tasters mit einem Zeiger zu kombinieren, der als Indikator für die Lage in der dritten Dimension dient.

[0024] Somit kann die Koordinatenmessmaschine grundsätzlich lediglich unter Betrachtung des Bildschirms gesteuert werden. Es können dabei Lagen im dreidimensionalen Raum angesteuert werden. Dabei verbleiben jedoch grundsätzlich die oben erwähnten Nachteile. Ein Bediener würde die Messung „blind“ durchführen können, was jedoch am realen Messobjekt zu schwerwiegenden Fehlern, insbesondere Kollisionen, führen kann.

[0025] Auch die DE 10 2004 011 707 B3 verfolgt einen Ansatz, bei dem ein Bediener ein Koordinatenmesssystem möglichst ausschließlich unter Betrachtung einer Darstellung eines Anzeigesystems bedienen kann. Hierbei ist vorgesehen, dem Bediener abhängig von einer Position eines Tastkopfs des Koordinatenmesssystems eine bestimmte Darstellung des Messobjekts anzuzeigen. Dabei wird auf die Sicht einer „virtuell“ im Tastkopf integrierten Kamera abgestellt. Anhand der Lage der virtuellen Kamera in Relation zum Messobjekt wird die Darstellung des Messobjekts unter Rückgriff auf ein Datenmodell des Messobjekts berechnet.

[0026] Somit kann der Bedienkomfort bei der Ansteuerung des Koordinatenmesssystems unter Beobachtung der virtuellen Abbildungen am Anzeigesystem erhöht werden. Die Gefahr von Fehlbedienungen, insbesondere fehlerhaften Verfahrenbefehlen,

kann sich deutlich verringern. Grundsätzlich greift jedoch auch dieses Koordinatenmesssystem für die Darstellung auf eine virtuelle Soll-Abbildung des Messobjekts zurück.

[0027] Daneben wurden in jüngerer Zeit Programmsysteme vorgestellt, die insbesondere zumindest teilweise manuelle Messvorgänge unterstützen sollen. Dabei können etwa Geometrieelemente, beispielsweise Bohrungen, Wellen, Winkel, Ebenen oder dgl., halbautomatisiert gemessen werden, nachdem jeweils mittels manueller Antastungen ermittelt wurde, um welches Geometrieelement es sich handelt. Erkennt das Programmsystem beispielsweise, dass ein vom Bediener angetastetes Geometrieelement als Zylinderbohrung ausgebildet ist, so kann hiernach eine automatisierte Routine zur Messung dieses Geometrieelements abgerufen werden. Die Messroutine könnte dabei beispielsweise das Antasten einer Mehrzahl von Punkten auf der (vermuteten) Mantelfläche der Zylinderbohrung oder aber das Scannen der (vermuteten) Mantelfläche entlang eines bestimmten Pfades aufweisen.

[0028] Derartige Ansätze zielen beispielsweise darauf ab, Einzelmessungen von Messobjekten, die jedoch grundsätzlich wiederkehrende Geometrieelemente aufweisen, zu beschleunigen. Es bleibt dabei jedoch für den Bediener erforderlich, im Einzelfall festzulegen, welches Geometrieelement gemessen werden soll und um welche Art von Geometrieelement es sich dabei handelt.

[0029] Vor diesem Hintergrund liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Vermessung eines Messobjekts anzugeben, das ein schnelles, genaues Vermessen auch beim erstmaligen, einmaligen oder mehrmaligen Vermessen eines Messobjekttyps erlaubt und möglichst einen bedienfehlerarmen oder bedienfehlerfreien Messablauf ermöglicht.

[0030] Ferner soll ein zur Durchführung dieses Verfahrens geeignetes Messsystem angegeben werden.

[0031] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zur Vermessung eines Messobjekts mit folgenden Schritten gelöst:

- Bereitstellen einer Messeinrichtung mit zumindest einem Messaufnehmer,
- Aufnehmen eines Messobjekts in der Messeinrichtung,
- Bereitstellen einer Datenverarbeitungseinrichtung, die mit der Messeinrichtung zur Erfassung von Messdaten gekoppelt ist,
- Bereitstellen einer Datenverkörperung des Messobjekts in der Datenverarbeitungseinrichtung,

- Ausrichten des Messobjekts in Bezug auf die Datenverkörperung,
- Zuführen des zumindest einen Messaufnehmers auf das Messobjekt,
- Antasten einer Entität des Messobjekts, die einem Geometrieelement des Messobjekts zurechenbar ist, und
- automatisiertes Selektieren eines korrespondierenden Geometrieelements der Datenverkörperung des Messobjekts anhand der ermittelten Lage der Entität.

[0032] Die Aufgabe der Erfindung wird ferner durch ein Messsystem zur Vermessung eines Messobjekts gelöst, das Folgendes aufweist: eine Messeinrichtung mit einem Messtisch mit einer Aufnahme zur Aufnahme eines Messobjekts, zumindest einen verfahrenbaren Messaufnehmer, an dem ein Tastkopf zum Detektieren von Raumkoordinaten ausgebildet ist, und eine Datenverarbeitungseinrichtung mit einem Verarbeitungsmodul, das über eine Schnittstelle mit einem Speichermodul verbindbar ist, wobei dem Verarbeitungsmodul über die Schnittstelle eine Datenverkörperung des Messobjekts zuführbar ist, wobei die Datenverarbeitungseinrichtung dazu ausgebildet ist, die Lage einer von dem zumindest einen Messaufnehmer angetasteten Entität zu erfassen, die einem Geometrieelement des Messobjekts zurechenbar ist, und wobei das Verarbeitungsmodul dazu ausgebildet ist, automatisch anhand der ermittelten Lage der Entität ein korrespondierendes Geometrieelement der Datenverkörperung des Messobjekts zu selektieren.

[0033] Die oben genannte Aufgabe wird auf diese Weise vollkommen gelöst.

[0034] Erfindungsgemäß kann nämlich das zu messende Geometrieelement des Messobjekts durch einen Bediener besonders einfach und schnell mittels lediglich eines Antastvorgangs ausgewählt werden. Dabei erfolgt die Auswahl gewissermaßen auf einer Abbildungsebene, bei der ausgehend von der bei der Antastung ermittelten Positionslage der „realen“ Entität eine Zuordnung des „virtuellen“ korrespondierenden Geometrieelements erfolgt.

[0035] Auf diese Weise kann der Bediener an der Datenverkörperung des Messobjekts Auswahlsschritte vornehmen, ohne zusätzlich, beispielsweise über Tastatur- oder Mauseingaben, mit der Datenverarbeitungseinrichtung interagieren zu müssen.

[0036] Somit kann sich der Bediener insbesondere einen Wechsel etwa zwischen einem Steuerelement zum Verfahren des zumindest einen Messaufnehmers und der Datenverarbeitungseinrichtung, etwa einem Mess-Computer, ersparen. Sämtliche zur Auswahl des Geometrieelements erforderlichen Ein-

gaben können gewissermaßen allein durch das Verfahren des zumindest einen Messaufnehmers und das Antasten der Entität des Messobjekts erfolgen. Grundsätzlich könnte dabei sogar bei der Datenverarbeitungseinrichtung auf eine visuelle Darstellung der Datenverkörperung des Messobjekts verzichtet werden. Insbesondere wird der Bediener nicht dadurch abgelenkt, dass er seine Aufmerksamkeit einerseits auf das reale Messobjekt in der Messeinrichtung und andererseits auf die Darstellung der Datenverkörperung des Messobjekts in der Datenverarbeitungseinrichtung richten muss.

[0037] Auf diese Weise kann ein halbautomatischer Messvorgang insgesamt deutlich schneller absolviert werden, ebenso kann der Anteil der erforderlichen manuellen Steuerung des zumindest einen Messaufnehmers in der Messeinrichtung an der Gesamtdauer des Messvorgangs deutlich sinken.

[0038] Bei im Stand der Technik bekannten Verfahren, wie etwa auf Basis der Messsoftware Calypso der Anmelderin kann zwar grundsätzlich auch ein Selektieren von Geometrieelementen durch manuelles Verfahren eines Messaufnehmers und Antasten von Unterelementen des fraglichen Geometrieelements erfolgen. Jedoch sind hierfür eine Mehrzahl von Antastungen erforderlich. So muss etwa die Selektion einer Zylinderbohrung durch Antasten von zumindest fünf Punkten auf der Zylinderfläche der Zylinderbohrung des realen Messobjekts erfolgen.

[0039] Es erfolgt dabei jedoch kein der Erfindung vergleichbarer unmittelbarer Selektionsvorgang. Die Mehrzahl von Punkten wird dabei nämlich der Datenverkörperung des Messobjekts in der Datenverarbeitungseinrichtung überlagert, so dass neben dem „virtuellen“ korrespondierenden Geometrieelement ein überlagertes Geometrieelement erzeugt wird. Erst nach dieser „Rekonstruktion“ des fraglichen Geometrieelements im virtuellen Raum erfolgt die Zuordnung des korrespondierenden Geometrieelements.

[0040] Es ist hinzuzufügen, dass bei dem bekannten Verfahren notwendigerweise redundante Positionswerte erfasst werden, da im Regelfall nach der Selektion des Geometrieelements zusätzlich eine automatisierte Messung desselben erfolgt.

[0041] Hiervon unterscheidet sich die vorliegende Erfindung dahingehend, dass statt einer „Rekonstruktion“ des Geometrieelements im virtuellen Raum in einfacher Weise eine Auswahl über lediglich eine Antastung des realen Messobjekts erfolgt, die gewissermaßen als „virtueller Mausclick“ im virtuellen Raum verstanden werden kann.

[0042] Es versteht sich dabei, dass das Ausrichten des Messobjekts gegenüber der Datenverkörperung hierbei von großer Bedeutung ist. Das Aus-

richten kann einerseits unmittelbar erfolgen, etwa indem die Lage des Messobjekts im Koordinatensystem der Messeinrichtung zur Lage der Datenverkörperung des Messobjekts in einem virtuellen Koordinatensystem in Bezug gebracht wird.

[0043] Ebenso kann die Ausrichtung mittelbar erfolgen, also das Messobjekt etwa gegenüber Referenzpunkten der Messeinrichtung ausgerichtet und diese Referenzpunkte mit dem Koordinatensystem der Datenverkörperung des Messobjekts in Bezug gebracht werden.

[0044] Beispielhaft kann die Ausrichtung als sog. 3-2-1-Ausrichtung erfolgen. Hierbei werden am realen Messobjekt eine bestimmte Ebene, eine bestimmte Achse und ein bestimmter Punkt angetastet und die dabei ermittelten Positionswerte auf eine korrespondierende Ebene, eine korrespondierende Achse und einen korrespondierenden Punkt der Datenverkörperung des Messobjekts übertragen. Andere Methoden zur Ausrichtung sind ohne Weiteres denkbar. Häufig weisen Messobjekte bereits konstruktiv berücksichtigte Referenzpunkte oder Referenzflächen auf, die einer schnellen und genauen, aber auch reproduzierbaren Ausrichtung des Messobjekts dienen sollen.

[0045] Es versteht sich dabei ebenso, dass das Messobjekt ein Bauteil oder aber lediglich ein Teil davon sein kann und demgemäß die korrespondierende Datenverkörperung das gesamte Bauteil oder nur einen Teil davon repräsentieren kann.

[0046] Bei der Datenverkörperung des Messobjekts kann es sich etwa um CAD-Daten (Computer Aided Design) oder aber von diesen abgeleitete und ggf. für die Vermessung gesondert aufbereitete Geometriedaten handeln. Bei einigen speziellen Messobjekten, etwa Spritzgussformen, Negativabdrücken oder dgl., kann die Datenverkörperung ebenso als Negativ des Objekts ausgebildet sein. In jüngerer Zeit hat insbesondere die 3D-CAD-Technik eine rege Verbreitung in vielen Industriebranchen gefunden, so dass im Regelfall davon ausgegangen werden kann, dass eine adäquate dreidimensionale Datenverkörperung des Messobjekts erhältlich ist.

[0047] Für spezielle Anwendungen, etwa dem Vermessen von Lochbildern oder von im Wesentlichen zweidimensionalen Dichtungen, kann eine zweidimensionale Datenverkörperung des Messobjekts durchaus ausreichend sein.

[0048] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung weist das Verfahren ferner den folgenden Schritt auf:

- automatisiertes Durchführen einer Messung des Geometrieelements oder einer mit diesem verknüpften Messaufgabe anhand einer durch die Datenverarbeitungseinrichtung bereitgestellten Messstrategie.

[0049] Da durch das Antasten des realen Messobjekts das Selektieren des korrespondierenden Geometrieelements der virtuellen Datenverkörperung erfolgt, kann durch die Datenverarbeitungseinrichtung ohne wesentlichen Zusatzaufwand eine für die Messung dieses Geometrieelement geeignete Messaufgabe ausgewählt oder erstellt werden und zur Durchführung eines automatisierten (Teil-)Messvorgangs an die Messeinrichtung übermittelt werden.

[0050] Somit kann in besonders vorteilhafter Weise ein manuelles Selektieren von Geometrieelementen mit einer automatisierten Messung der selektierten Geometrieelemente verknüpft werden, so dass sich insgesamt ein semiautomatischer Messvorgang ergeben kann, der verschiedene Vorteile einer manuellen Messung und einer vollautomatischen Messung kombinieren kann.

[0051] So kann der Bediener beim manuellen Selektieren am realen Messobjekt schnell einen Überblick über das Messobjekt und zu messende Geometrieelemente gewinnen und diese jeweils relativ zügig antasten. Daneben kann die Datenverarbeitungseinrichtung eine Vielzahl von für verschiedenste Geometrieelemente geeigneten Messstrategien aus einem Speicher abrufen oder aber von der Datenverkörperung des Messobjekts ableiten und für die Vermessung verfügbar machen. Dabei kommt es nicht auf die Erfahrung des Bedieners an, auch bei ungeübten Bedienern sind somit hochgenaue und reproduzierbare Messergebnisse möglich.

[0052] Beim Geometrieelement kann es sich etwa um eine Bohrung, eine Wand, einen Absatz, eine Kante, einen Vorsprung, einen Einstich, einen Bund, eine Kreisringfläche oder dgl. handeln. Derartige Geometrieelemente können „als solches“ gemessen werden.

[0053] Jedoch können die Geometrieelemente auch mit einer Messaufgabe verknüpft sein, etwa bei der Bestimmung von Lagetoleranzen oder Formtoleranzen. Beispielhaft kann eine Bohrung als solche zu messen sein, jedoch auch anhand der selektierten Bohrung eine Achse ermittelt werden, die wiederum als Bezug für eine Lagetoleranz dienen kann.

[0054] Somit können anhand eines selektierten Geometrieelements auch eine Mehrzahl von mit diesem verknüpften Messaufgaben automatisiert durchgeführt werden.

[0055] Dabei ist es bevorzugt, wenn die Datenverkörperung des Messobjekts ergänzende Informationen aufweist, die die mit einzelnen Geometrieelementen des Messobjekts verknüpften Messaufgaben beschreiben.

[0056] Bei modernen CAD-Systemen können CAD-Datensätze ohne weiteres erforderliche Angaben wie Toleranzfelder, Lagetoleranzen, Formtoleranzen, Bezugselemente oder dgl. aufweisen. Derartige Informationen können vorteilhaft von der Datenverarbeitungseinrichtung genutzt oder ausgewertet werden.

[0057] Da ein automatisiertes Ansteuern der Messeinrichtung anhand einer bereitgestellten Messstrategie zur Fehlerreduktion und zur Erhöhung der Reproduzierbarkeit beiträgt, ist das Verfahren auch zur Vermessung einer Vielzahl von Messobjekten eines Messobjekttyps geeignet. Somit können etwa aussagekräftige und belastbare Prozessfähigkeitsuntersuchungen oder ähnliche statistische Auswertungen durchgeführt werden.

[0058] Grundsätzlich können mit der bereitgestellten Messstrategie, geeignete Tastköpfe vorausgesetzt, auch Oberflächeneigenschaften, wie mittlere Rautiefe oder Ähnliches, von selektierten Geometrieelementen ermittelt werden.

[0059] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung wird beim Antasten der Entität ein Messwert ermittelt, der in der Datenverarbeitungseinrichtung der Datenverkörperung des Messobjekts überlagert wird.

[0060] Dabei erfolgt, im Gegensatz zu bekannten Messverfahren, keine Überlagerung des Messobjekts mit einer Wolke mehrerer Punkte, die zur Selektion eines Geometrieelements erforderlich sind. Der lediglich eine ermittelte Messwert dient hingegen als „virtueller Mauszeiger“, der durch das Verfahren des zumindest einen Messaufnehmers gesteuert werden kann. Dabei dient der „Mauszeiger“ im virtuellen Raum in einfacher Weise zum „Anklicken“ eines zu selektierenden Geometrieelements.

[0061] Es sei noch einmal betont, dass der Bediener nicht auf eine für ihn sichtbare Darstellung der Lage dieses „Mauszeigers“ angewiesen ist. In der realen Ebene erfolgt das Auswählen durch manuell gesteuertes Antasten einer Entität am Messobjekt, die dem gewünschten Geometrieelement zurechenbar ist.

[0062] Gemäß einem weiteren Aspekt wird in der Datenverarbeitungseinrichtung eine Abweichung des der Datenverkörperung des Messobjekts überlagerten ermittelten Messwertes zu einem korrespondierenden Sollwert der Datenverkörperung ermittelt.

[0063] Dabei ist es bevorzugt, wenn der automatisierte Messvorgang freigegeben wird, wenn die Abweichung eine Toleranzschwelle unterschreitet, und wenn ein Signal ausgegeben wird, wenn die Abweichung die Toleranzschwelle überschreitet.

[0064] Somit kann in einfacher Weise eine gewünschte Fehlertoleranz erzielt werden, wobei beim Überschreiten der Fehlertoleranz zum Schutz der Messvorrichtung, des Messobjekts und des Bedieners der Messvorgang pausiert oder abgebrochen werden kann.

[0065] Beispielhaft kann bei einem Geometrieelement, das als Zylinderbohrung ausgebildet ist, der Toleranzbereich durch eine nach innen versetzte Mantelfläche und eine nach außen versetzte Mantelfläche bestimmt sein. Somit kann sich ein Zylinderring im virtuellen Raum ergeben, bei dem ein Antasten, das einen Messwert ergibt, der innerhalb des Zylinderrings liegt, eine Selektion der Zylinderbohrung bewirkt. Diese Strategie wird bevorzugt bei dünnwandigen Messobjekten und größeren Lageabweichungen angewendet, wie sie zum Beispiel bei Kunststoffteilen vorkommen.

[0066] Reale Messobjekte können grundsätzlich von einer idealen Datenverkörperung der Messobjekte abweichen. Somit kann das Ermitteln der Lage des „virtuellen Mauszeigers“ in Relation zu einer Soll-Lage und, davon ausgehend, eine Prüfung, ob die Abweichung innerhalb einer festzulegenden Toleranz liegt, dazu beitragen, den Messvorgang zu optimieren. Auch bei üblicherweise zu erwartenden Abweichungen der Ist-Geometrie von der Soll-Geometrie kann ein zügiges Vermessen des Messobjekts ermöglicht sein.

[0067] Überschreitet hingegen die Abweichung die Toleranzschwelle, so kann dies etwa ein Indiz für eine fehlerhafte Ausrichtung oder aber für beträchtliche Gestaltfehler beim Messobjekt selbst sein. Zum Schutz vor Folgeschäden bietet es sich daher an, den automatisierten Messvorgang nicht freizugeben, sondern dem Bediener die Abweichung zu signalisieren, damit dieser der Ursache nachgehen und ggf. Gegenmaßnahmen einleiten kann.

[0068] Die Toleranzschwelle kann etwa eine vorbestimmte Relation zu Nennmaßen aufweisen, die ein zu selektierendes Geometrieelement kennzeichnen. Ebenso kann die Toleranzschwelle einstellbar sein. So bietet sich etwa beim Anlauf der Vermessung einer größeren Serie von Messobjekten eine größere Toleranz an, wobei die Toleranzschwelle nach dem Anlaufen schrittweise in Richtung auf eine ermittelte zu erwartende Serienstreuung eingeengt werden kann, um „Ausrutscher“ von dieser Serienstreuung signalisieren zu können.

[0069] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist die Entität durch einen definierten Punkt des Geometrieelements des Messobjekts verkörpert.

[0070] Grundsätzlich kann es ausreichen, lediglich einen Punkt des zu selektierenden Geometrie-

ments des Messobjekts anzutasten, um dieses sicher auszuwählen.

[0071] Bei bestimmten Geometrieelementen, etwa solchen, die selbst nicht körperlich verwirklicht sind, etwa Achsen oder Symmetrieebenen, kann die Selektion durch Antasten eines mit dem zu selektierenden Geometrieelement verknüpften Referenzelements erfolgen.

[0072] Ähnliches gilt beim Antasten von Geometrieelementen, die ggf. gemeinsam mit weiteren Geometrieelementen zur Erfassung von Lagetoleranzen oder Formtoleranzen gemessen werden müssen. So kann beispielhaft durch Antasten lediglich eines Punkts eines Schenkels eines Winkels eine Messung beider Schenkel und hiernach eine Bestimmung des Winkels zwischen diesen ausgelöst werden.

[0073] Ebenso kann beispielsweise bei einer Gruppe von Geometrieelementen, etwa einem Lochbild mehrerer beabstandeter Bohrungen, eine diesen zugeordnete Lagetoleranz durch Antasten lediglich eines Punktes einer Bohrung bestimmt werden.

[0074] Alternativ kann z.B. der Winkel zwischen zwei Schenkeln automatisiert erfasst werden, indem zunächst nach dem Antasten eines Punktes eines Schenkels dieser gemessen wird und anschließend nach dem Antasten eines Punktes des anderen Schenkels eine Messung desselben erfolgt. Anschließend kann die Datenverarbeitungseinrichtung beide Schenkel ohne weiteres in Relation bringen, um das gewünschte Winkelmaß bestimmen zu können.

[0075] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung erfolgt das Antasten berührungslos oder taktil.

[0076] Es bestehen verschiedene Möglichkeiten zur Antastung einer Entität. Ein taktilen, berührendes Antasten kann mittels eines taktilen Tastkopfes erfolgen, der etwa als passiver oder aktiver taktiler Tastkopf ausgeführt ist. Ein optisches Antasten kann eine optische Kantenerkennung oder aber eine optische Abstandsbestimmung aufweisen. Die Abstandsbestimmung kann dabei grundsätzlich ähnlich einem taktilen Antasten erfolgen, wobei jedoch statt des Berührens der fraglichen Entität diese etwa fokussiert werden kann, ein dabei ermittelter Abstandswert erlaubt eine Positionsbestimmung. Daneben sind auch Triangulationsverfahren oder Ähnliches zur optischen Antastung denkbar.

[0077] Ein optisches Antasten mittels Kantenerkennung kann etwa mittels in Linienform, Zeilenform oder Matrizenform angeordneten Sensorkomplexen erfolgen, die dazu ausgebildet sind, Schwellwerte zu erfassen, die etwa einem Kantenübergang zurechenbar sind.

[0078] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung weist die Messstrategie das Antasten mehrerer diskreter Punkte des Geometrieelements oder ein kontinuierliches oder quasi-kontinuierliches Scannen des Geometrieelements auf.

[0079] Abhängig von der jeweiligen Messaufgabe kann das automatisierte Antasten mehrere Punkte des selektierten Geometrieelements bereits eine hinreichende Erfassung desselben bewirken. Dies gilt insbesondere bei hinreichend einfachen Geometrien, etwa Ebenen oder mittels spanender Verfahren hergestellten Bohrungen oder Wellenabschnitten.

[0080] Dagegen eignet sich ein Scannen des Geometrieelements insbesondere zur Erfassung der Form von Freiformflächen, Rundungen, Ausform-schrägen oder dgl. Im Regelfall erfolgt das Scannen bei einer bestimmten Frequenz, mit der eine Vielzahl von Messwerten erfasst wird. Bei einer besonders hohen Auflösung können sich Scanverfahren auch zur Erfassung von Oberflächeneigenschaften des Geometrieelements eignen.

[0081] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird der zumindest eine Messaufnehmer zum Zuführen auf das Messobjekt und zum Antasten der Entität des Geometrieelements manuell verfahren.

[0082] Eine Bewegung der einzelnen Komponenten des Koordinatenmessgerätes kann dabei etwa mittels Steuerungstasten oder aber einem Hebel, etwa einem Steuerknüppel, erfolgen. Manche Koordinatenmessgeräte werden auch direkt von Hand bewegt. Der Bediener kann sich dabei auf das im Regelfall in Sichtweite befindliche Messobjekt konzentrieren, insbesondere ist dabei keine direkte Eingabe bei der Datenverarbeitungseinrichtung erforderlich.

[0083] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird ein Eingabeelement verwendet, das einen Schalter aufweist, mit dem das automatisierte Messen des jeweils selektierten Geometrieelements oder die Durchführung der damit verknüpften Messaufgabe veranlasst wird.

[0084] Auf diese Weise kann sich die Bedienung des Messsystems weiter vereinfachen. Insbesondere dann, wenn der Bediener etwa versehentlich eine einem falschen Geometrieelement zuzuordnende Entität angetastet hat, kann somit eine an sich nicht notwendige Messung unterbleiben.

[0085] Alternativ kann jedoch ebenso bewusst zunächst die Selektion mehrerer Geometrieelemente erfolgen, um anschließend nach Betätigung des Schalters eine mit diesen verknüpfte Messaufgabe durchzuführen. Beispielhaft kann zunächst ein Schenkel und anschließend der andere Schenkel eines Winkels durch Antasten selektiert werden und

anschließend nach dem Betätigen des Schalters eine automatisierte Messung beider Schenkel zur Bestimmung des Winkelwertes durchgeführt werden.

[0086] Somit braucht der Bediener etwa neben einem Steuerelement zum Verfahren des zumindest einen Messaufnehmers lediglich einen Auslöseschalter zu betätigen, um eine semiautomatische Vermessung eines Messobjekts durchführen zu können.

[0087] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung wird der zumindest eine Messaufnehmer beim automatisierten Messen des selektierten Geometrieelements durch die Datenverarbeitungseinrichtung gesteuert.

[0088] Somit sind neben den für die Selektion von zu messenden Geometrieelementen erforderlichen Antastungen durch den Bediener beim eigentlichen Messvorgang keine weiteren Eingabebefehle erforderlich.

[0089] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung kann die Datenverarbeitungseinrichtung zur Bereitstellung der Datenverkörperung des Messobjekts über eine Schnittstelle auf eine Datenbasis zugreifen.

[0090] Somit kann die Datenverkörperung des Messobjekts etwa CAD-Daten entstammen, die einem zentralen Datenverwaltungssystem entnommen sind. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass zur Vermessung des Messobjekts jeweils aktuelle Konstruktionsdaten herangezogen werden.

[0091] Die Schnittstelle kann ferner mit einem Datenwandler gekoppelt sein, der beispielsweise Konstruktions-CAD-Daten in Mess-CAD-Daten umwandeln kann.

[0092] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung erfolgt eine Aufzeichnung von Zuführbewegungen, Antastvorgängen und automatisierten Messvorgängen der Messung zumindest eines Geometrieelements, die bedarfsweise zur Ansteuerung der Messeinrichtung abgerufen werden kann.

[0093] Auf diese Weise kann in besonders einfacher Weise eine Lernprogrammierung am realen Messobjekt erfolgen. Auch dabei sind, abgesehen etwa von einem Aufnahme-Befehl zu Beginn eines Messvorgangs, keine weiteren Benutzereingaben erforderlich.

[0094] Wenn die Datenverarbeitungseinrichtung bereits für die selektierten Geometrieelemente besonders geeignete Messstrategien abrufen oder ableiten kann, eignen sich diese grundsätzlich ohne weiteres zur Nutzung bei nachfolgenden vollständig automatisierten Messabläufen.

[0095] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung werden beim automatisierten Messen des Geometrieelements Ist-Datensätze ermittelt, die mit korrespondierenden Soll-Datensätzen des korrespondierenden Geometrieelements der Datenverkörperung des Messobjekts verglichen werden.

[0096] Dabei ist es besonders bevorzugt, wenn ferner Datenabweichungen ermittelt werden und wenn das automatisierte Messen fortgeführt wird, sofern die Datenabweichungen unterhalb einer Toleranzschwelle liegen, und wenn das automatisierte Messen unterbrochen wird, sofern die Datenabweichungen oberhalb einer Toleranzschwelle liegen.

[0097] Auf diese Weise kann nicht nur die Selektion von Geometrieelementen, sondern auch die tatsächliche Messung von selektierten Geometrieelementen mit einer Fehlererkennung kombiniert werden.

[0098] Es ist durchaus vorstellbar, dass etwa bei einem Messobjekt, das versehentlich um 90° oder aber 180° verdreht ausgerichtet ist, zunächst das Antasten einer Entität zum Selektieren eines Geometrieelements führt, ohne dass ein Messabbruch erfolgt, weil etwa der bei der Antastung erfasste Messwert zufälligerweise innerhalb der Toleranzschwelle für das Detektieren des fraglichen Geometrieelements liegt. In solchen Fällen, oder aber wenn auf eine vorgelagerte Fehlererkennung verzichtet wird, ist es grundsätzlich empfehlenswert, beim eigentlichen Messen des Geometrieelements eine nachgeschaltete Fehlererkennung vorzusehen.

[0099] Grobe Gestaltabweichungen können damit sicher bestimmt werden und hiernach dem Bediener ein Signal ausgegeben werden, so dass dieser der Fehlerursache nachgehen kann.

[0100] Das erfindungsgemäße Verfahren kann mit einem Computerprogramm, das Programmcodeelemente zur Durchführung des Verfahrens auf einem Messsystem aufweist, durchgeführt werden, wenn das Computerprogramm ausgeführt wird.

[0101] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale der Erfindung 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.

[0102] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung mehrerer bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die Zeichnungen. Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines Messsystems zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 2a bis **Fig. 2c** perspektivische Ansichten von Messaufnehmern mit verschiedenen Tastköpfen;

Fig. 3a bis **Fig. 3f** eine vereinfachte schematische Darstellung verschiedener Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens oder von bevorzugten Weiterbildungen davon;

Fig. 4 eine perspektivische schematische Ansicht eines Messobjekts mit selektierten Geometrielementen;

Fig. 5 eine weitere Darstellung des Messobjekts gemäß **Fig. 4** mit weiteren selektierten Geometrielementen;

Fig. 6 noch eine weitere Darstellung des Messobjekts gemäß **Fig. 4** mit noch weiteren selektierten Geometrielementen;

Fig. 7 eine weitere Ansicht des Messobjekts gemäß **Fig. 4** mit einem weiteren selektierten Geometrielement;

Fig. 8 eine Draufsicht des Messobjekts gemäß **Fig. 4** mit einer Mehrzahl weiterer selektierter Geometrielemente;

Fig. 9 ein vereinfachtes schematisches Ablaufschema von Verfahrensschritten des erfindungsgemäßen Verfahrens oder von Weiterbildungen davon.

[0103] In **Fig. 1** ist ein Messsystem dargestellt, das eine Messeinrichtung **10** sowie eine Datenverarbeitungseinrichtung **42** umfasst.

[0104] Die Messeinrichtung **10** ist vorliegend als Koordinatenmessgerät in Portalgestalt ausgebildet, kann jedoch grundsätzlich auch eine Ständerbauweise, Auslegerbauweise oder dgl. aufweisen.

[0105] Als Basis der Messeinrichtung **10** dient ein Messtisch **12**, der eine Aufnahme **14** aufweist, auf der ein zu vermessendes Messobjekt **16** angeordnet ist. Grundsätzlich kann das Messobjekt **16** auch direkt auf dem Messtisch aufgenommen sein, jedoch kann etwa eine an das Messobjekt **16** angepasste Aufnahme **14** dessen Anordnung und Ausrichtung in der Messeinrichtung **10** vereinfachen.

[0106] Am Messtisch **12** ist ein Portal **18** aufgenommen, das diesem gegenüber kontrolliert verfahrbar ist. Am Portal **18** ist ein Schlitten **20** aufgenommen, der wiederum diesem gegenüber kontrolliert verfahren werden kann. Schließlich dient der Schlitten **20** als Aufnahme und Führung für eine in diesem aufgenommenen Pinole **22**, die dem Schlitten **20** gegenüber kontrolliert verfahrbar ist. Am messtischseitigen

Ende der Pinole **22** ist ein Messaufnehmer **24** angeordnet, der in **Fig. 1** beispielhaft einen Tastschaft **26** sowie an dessen Ende einen Tastkopf **28** aufweist.

[0107] Die drei relativ zueinander und gegenüber dem Messtisch **12** verfahrbaren Baugruppen Portal **18**, Schlitten **20** sowie Pinole **22** erlauben somit ein Verfahren des Messaufnehmers **24** mit dem Tastkopf **28** entlang von drei Raumachsen **30a**, **30b**, **30c**. Zur Bestimmung der Position des Tastkopfes **28** und somit zur Bestimmung der Lage von angetasteten Entitäten auf dem Messobjekt **16** weist die Messeinrichtung mit **32a**, **32b**, **32c** angedeutete Maßverkörperungen auf, anhand derer eine Ist-Lage des Tastkopfes **28** bezüglich jeder der drei Raumachsen **30a**, **30b**, **30c** bestimmt werden kann.

[0108] Daneben kann die Messeinrichtung auch eine sog. Dreh-Schwenk-Funktionalität aufweisen, um den Messaufnehmer **24** oder zumindest den Tastschaft **26** mit dem Tastkopf **28** um zumindest eine der Raumachsen **30a**, **30b**, **30c** verdrehen oder verschwenken zu können. Die sich dabei ergebenden Rotationsfreiheitsgrade sind in **Fig. 1** mit **34a**, **34b**, **34c** angedeutet. Ein Messaufnehmer **24c** mit Dreh-Schwenk-Funktionalität ist beispielsweise in **Fig. 2c** dargestellt.

[0109] Vereinfacht kann die Messeinrichtung **10** mit einer CNC-Bearbeitungseinrichtung verglichen werden, die etwa eine sog. Drei-Achs-Funktionalität oder aber eine Fünf-Achs-Funktionalität aufweisen kann.

[0110] Die Ansteuerung der Messeinrichtung **10** kann grundsätzlich in einfacher Weise über ein Steuerelement **36** erfolgen, das vorliegend einen Richtungsgeber **38** sowie ein Schaltelement **40** aufweist. Dabei kann der Richtungsgeber **38** etwa als Steuerhebel oder Steuerknüppel ausgebildet sein. Zur Steuerung in mehreren Raumrichtungen und ggf. zum Verschwenken oder Verdrehen des Messaufnehmers **24** um verschiedene Raumachsen kann auch eine Mehrzahl von Richtungsgebern **38** vorgesehen sein. Am Steuerelement **36** ist ferner ein Schaltelement **40** vorgesehen, mit dem beispielsweise ein Signal erzeugt werden kann, das eine Messung eines angetasteten Geometrieelements freigibt, wie nachfolgend erläutert wird.

[0111] Neben der Ansteuerung über das Steuerelement **36** ist die Messeinrichtung **10** auch zur Ansteuerung durch die Datenverarbeitungseinrichtung **42** ausgebildet. Die Datenverarbeitungseinrichtung **42** kann beispielsweise als Mess-Computer oder aber als Client eines zentralen Hauptrechners ausgebildet sein.

[0112] Die Datenverarbeitungseinrichtung **42** weist eine Anzeige **44** zur Ausgabe von Information und Eingabelemente **46a**, **46b** auf, etwa Tastaturen,

Tastenfelder, Mäuse, Touchscreens, Trackballs, 3D-Eingabelemente oder dgl. Somit kann ein Bediener grundsätzlich ausgegebene Informationen erfassen sowie Eingaben und Befehle eingeben.

[0113] Daneben weist die Datenverarbeitungseinrichtung **42** ferner ein Verarbeitungsmodul **48** sowie ein Speichermodul **50** auf, die über zumindest eine Schnittstelle **51** verbindbar sind. Das Verarbeitungsmodul **48** kann etwa als Prozessoreinheit ausgeführt sein und dazu ausgebildet sein, Programmbefehle auszuführen. Das Speichermodul **50** kann als Datenbasis fungieren oder aber mit einer zentralen Datenbasis, etwa einem zentralen Produktdatenmanagementsystem, verbindbar sein.

[0114] Insbesondere kann die Datenverarbeitungseinrichtung **42** dazu ausgebildet sein, eine Datenverkörperung **52** des Messobjekts **16** bereitzustellen. Es sei betont, dass das Bereitstellen im Sinne dieser Anmeldung nicht zwangsläufig auch die visuelle Darstellung der Datenverkörperung **52** umfasst. Für die Bereitstellung kann es genügen, die Datenverkörperung **52** beispielsweise in einen Arbeitsspeicher des Verarbeitungsmoduls **48** zu laden.

[0115] Die Datenverarbeitungseinrichtung **52** ist ferner dazu ausgebildet, die Messeinrichtung **10** anzu-steuern, also insbesondere das Verfahren des Portals **18**, des Schlittens **20** sowie der Pinole **22** bewirken zu können. Umgekehrt kann die Datenverarbeitungseinrichtung **42** von der Messeinrichtung **10** erfasste Positionswerte empfangen und verarbeiten.

[0116] In den **Fig. 2a**, **Fig. 2b**, **Fig. 2c** sind beispielhaft verschiedene Messaufnehmer **24a**, **24b**, **24c** dargestellt, die bei der Messeinrichtung **10** zur Verwendung kommen können. Der Messaufnehmer **24a** weist einen einzelnen Tastschaft **26** sowie an dessen Ende einen Tastkopf **28** auf. Demgegenüber ist der Messaufnehmer **24b** in **Fig. 2b** mit einem Mehrfach-tastschaft **54** mit einer Mehrzahl von Tastköpfen versehen. Auf diese Weise können etwa Tastköpfe verschiedener Durchmesser oder Tastschäfte verschiedener Längen genutzt werden, um besonders große, besonders filigrane oder aber besonders tief versenkte Geometrieelemente erreichen und antasten zu können. Die Messaufnehmer **24a**, **24b**, **24c** können taktile Tastköpfe **28** sowie optische Tastköpfe aufweisen.

[0117] Wie eingangs erwähnt, weist der Messaufnehmer **24c** in **Fig. 2c** einen Schwenkkopf **56** auf, der eine Dreh-Schwenk-Funktionalität ermöglichen kann. Somit können beispielsweise auch Geometrie-elemente angetastet werden, die gegenüber allen Raumachsen **30a**, **30b**, **30c** verschwenkt sind, etwa schräge Bohrungen oder dgl.

[0118] Das Messsystem mit der Messeinrichtung **10** sowie der Datenverarbeitungseinrichtung **42** kann in vorteilhafter Weise für eine semiautomatische Vermessung des Messobjekts **16** genutzt werden. Teilschritte einer solchen Vermessung werden beispielhaft anhand der **Fig. 3a** bis **Fig. 3f** erläutert.

[0119] Wie in **Fig. 3a** veranschaulicht, kann eine (Teil-)Messaufgabe etwa darin bestehen, ein Geometrieelement **60a**, hier eine Bohrung durch das Messobjekt **16**, zu messen. Dabei kann der Bediener zunächst die Messeinrichtung **10** über das Steuerelement **36** manuell ansteuern, um den Messaufnehmer **24** mit dem Tastschaft **26** und dem Tastkopf **28** an das Geometrieelement **60a** heranzuführen. Wie in **Fig. 3b** dargestellt, kann dabei das Selektieren eines korrespondierenden Geometrieelements **64a**, vgl. **Fig. 3c**, in einfacher Weise durch Antasten lediglich einer Entität **58a** erfolgen, die etwa durch einen Punkt auf der Zylinderfläche des als Bohrung ausgebildeten Geometrieelements **60a** verkörpert ist.

[0120] **Fig. 3c** verdeutlicht diesen Antastvorgang im virtuellen Raum, bei dem eine Positionsverkörperung **62**, ein Wert für die Lage des Tastkopfes **28** bzw. für von diesem erfassten Elementen, zum korrespondierenden Geometrieelement **64a** der Datenverkörperung **52** des Messobjekts **16** in Relation gebracht wird.

[0121] In den **Fig. 3c** und **Fig. 3d** sind eine „virtuelle“ Draufsicht sowie ein vergrößerter Ausschnitt der Draufsicht der Datenverkörperung **52** dargestellt. Wie aus **Fig. 3e** ersichtlich, kann die beim Antasten des Geometrieelements **60a** erfasste Ist-Lage der realen Entität **58a** im virtuellen Raum regelmäßig von ihrer Soll-Lage auf dem korrespondierenden Geometrieelement **64a** abweichen. Reale Fertigungsprozesse sind stets toleranzbehaftet, so dass folglich die Positionsverkörperung **62** regelmäßig nicht direkt auf dem korrespondierenden Geometrieelement **64a** liegt.

[0122] Um trotzdem ein hinreichend genaues und praktikables Selektieren des korrespondierenden Geometrieelements **64a** zu erlauben, kann diesem ein Toleranzband überlagert werden, das etwa durch Toleranzschwellen **66a**, **66b** bestimmt sein kann. Liegt nun die Positionsverkörperung **62** innerhalb des Toleranzbandes, also zwischen der Toleranzschwelle **66a** und der Toleranzschwelle **66b**, so kann das korrespondierende Geometrieelement **64a** eindeutig zugeordnet und selektiert werden.

[0123] Somit kann der Bediener durch Antasten lediglich einer Entität **58a**, im Idealfall also lediglich eines Punktes, das zu messende Geometrieelement **60a** festlegen. In vorteilhafter Weise sind dabei in der Datenverarbeitungseinrichtung **42** Messstrategien hinterlegt oder können von dieser erzeugt oder abgeleitet werden, die eine automatische Messung des

über den „Umweg“ der Selektion des korrespondierenden Geometrieelements **64a** gewählten Geometrieelements **60a** ermöglichen. So kann in der Datenverarbeitungseinrichtung **42**, wie mit dem Bezugszeichen **70a** in **Fig. 3f** schematisch angedeutet, für die zunächst abstrakte Messaufgabe „Zylindermessung“ eine Messstrategie hinterlegt sein, von der eine automatisierte Ansteuerung der Messeinrichtung **10** abgeleitet werden kann. **Fig. 3f** zeigt beispielhaft, wie die Messaufgabe beim Geometrieelement **60a** durchgeführt werden kann. Die Messung kann einerseits durch Aufnahme einer Vielzahl von Messpunkten entlang eines Messpfads **72** entlang des Geometrieelements **60a** erfolgen, also durch einen sog. Scannvorgang. Daneben ist auch das Antasten mehrerer diskreter Punkte **74a, 74b, 74c, 74d, 74e, 74f** des Geometrieelements **60a** denkbar.

[0124] Da dabei die Messstrategie **70a** durch die Datenverarbeitungseinrichtung **42** bereitgestellt wird, kann das Geometrieelement **60a** unabhängig vom jeweiligen Bediener mit gleichbleibender hoher Qualität gemessen werden.

[0125] Die dabei in der Datenverarbeitungseinrichtung **42** ablaufenden Teilschritte des Messvorgangs bedürfen keiner weiteren Eingabeschritte des Bedieners, so dass sich für diesen sozusagen eine einfache schnelle „Ein-Klick-Bedienung“ anhand des realen Messobjekts **16** ergeben kann.

[0126] Nach dem Messen des Geometrieelements **60a** kann der Bediener durch erneutes manuelles Verfahren und Antasten weiterer Entitäten auf dem Messobjekt **16**, die anderen Geometrieelementen zugeordnet sein können, weitere Messaufgaben semi-automatisch durchführen.

[0127] So zeigen die **Fig. 4** bis **Fig. 8** beispielhaft verschiedene Messaufgaben am Messobjekt **16**, deren Durchführung durch einfache einzelne Antastvorgänge ausgelöst werden kann.

[0128] In **Fig. 4** wird das Bestimmen eines Winkels zwischen zwei Geometrieelementen **60b, 60c** in Gestalt zweier Bohrungen veranschaulicht. Hierzu kann in der Datenverarbeitungseinrichtung **42** eine entsprechende Messstrategie **70b** hinterlegt sein. Die Messstrategie **70b** kann beispielsweise die Bestimmung der Lage von den Geometrieelementen **60b, 60c** zugehörigen Mittenachsen umfassen, wobei anschließend der zwischen diesen liegende Winkel rechnerisch ermittelt werden kann. Zur Bestimmung der Lage der Mittenachsen kann dabei ferner eine Erfassung von Zylinderflächen der als Bohrungen ausgebildeten Geometrieelemente **60b, 60c** erforderlich sein. Solche Überlegungen sind für den Bediener selbst nicht erforderlich, er kann sich auf das Selektieren der Geometrieelemente **60b, 60c** anhand

der Selektion korrespondierender Geometrieelemente der Datenverkörperung **52** beschränken.

[0129] Hierzu kann es genügen, lediglich jeweils eine Entität **58b, 58c** der Geometrieelemente **60b, 60c** anzutasten. Für das Auslösen einer derartigen kombinierten Messaufgabe, die die Messung mehrerer Geometrieelemente **60b, 60c** beinhalten kann, ist es denkbar, lediglich das Selektieren eines Geometrieelements **60b, 60c** oder aber zwingend das Selektieren beider Geometrieelemente **60b, 60c** vorzusehen. Ist in der Datenverarbeitungseinrichtung **42** hinterlegt, dass eine Bestimmung des Winkels gewünscht ist, kann die Messaufgabe anhand der zugehörigen Messstrategie **70b** bereits nach dem Antasten der ersten Entität **58b, 58c** abgearbeitet werden. Eine derartige Information kann etwa einem Datensatz beigefügt sein, der die Datenverkörperung **52** des Messobjekts **16** aufweist.

[0130] Dagegen kann das Abarbeiten der Messaufgabe erst nach dem Selektieren beider Geometrieelemente **60b, 60c** dazu beitragen, den Messvorgang eindeutiger und für einen Bediener nachvollziehbarer zu gestalten. Insbesondere in Kombination mit einem Eingabeelement **36**, das ein zusätzliches Schaltelement **40** aufweist, mit dem die Durchführung einer Messaufgabe freigegeben wird, kann kontrolliert zwischen einer Mehrzahl von mit dem einzelnen Geometrieelement **60b, 60c** verknüpften Messaufgaben unterschieden werden. Beispielhaft kann der Bediener die Entität **58b** des Geometrieelements **60b** antasten und anschließend den Schalter **40** betätigen, um lediglich eine Messung dieses einen Geometrieelements **60b** zu veranlassen. Tastet der Bediener jedoch beide Entitäten **58b, 58c** an und betätigt erst danach den Schalter **40**, so kann damit eine Vorausswahl verbunden sein, nämlich die Auswahl der Messaufgabe „Winkelbestimmung zwischen den Geometrieelementen“ **60b, 60c**.

[0131] Insbesondere Lage- und Formtoleranzen benötigen häufig eine Mehrzahl von Geometrieelementen **60** zur eindeutigen Bestimmung. Regelmäßig ist dabei ein toleriertes Element auf einen Bezug bezogen. Durch Selektieren der der jeweiligen Lagetoleranz oder Formtoleranz zugehörigen Geometrieelemente **60** kann somit auch die Messaufgabe eindeutig bestimmt werden.

[0132] In **Fig. 5** liegt der Messaufgabe die Bestimmung der Parallelität zwischen den Geometrieelementen **60d, 60e** zugrunde. Eine zugehörige Messstrategie ist mit **70c** angedeutet und kann in der Datenverarbeitungseinrichtung **42** hinterlegt sein. Durch Selektion beider Geometrieelemente **60d, 60e** mittels Antasten der Entitäten **58d, 58e** kann die Messaufgabe eindeutig bestimmt und anschließend, ggfs. nach einer Freigabe durch Betätigung des Schalters **40**, automatisiert durchgeführt werden.

[0133] Fig. 6 deutet eine weitere Messaufgabe am Messobjekt **16** an, bei der ein rechter Winkel zwischen zwei Schenkelebenen, den Geometrieelementen **60f**, **60g**, geprüft werden soll. Auch hierfür kann eine Messstrategie **70d** vorgesehen sein, die etwa als Teilstrategie eine Winkelbestimmung analog der Messstrategie **70b** aufweisen kann. Die Messaufgabe kann durch einfaches Antasten einer Entität **58g** - Selektion des Geometrieelements **60g** - und einer Entität **58f** - Selektion des Geometrieelements **60f** - veranlasst werden.

[0134] Fig. 7 veranschaulicht eine Messaufgabe, der grundsätzlich nur ein Geometrieelement **60h** zugeordnet sein braucht. Einer Bestimmung der Ebenheit der Ebene, die durch das Geometrieelement **60h** verkörpert ist, kann etwa mittels einer Messstrategie **70e** erfolgen. Das erforderliche Selektieren des Geometrieelements **60h** kann dabei in einfacher Weise nur durch Antasten einer Entität **58h**, also etwa lediglich eines Punkts auf der Ebene, erfolgen.

[0135] Fig. 8 zeigt eine Messaufgabe, der eine Positionsbestimmung verschiedener Bohrungen, der Geometrieelemente **60i**, **60j**, **60k**, zugrunde liegt. Derartige Positionstoleranzen einer Gruppe von Geometrieelementen **60i**, **60j**, **60k** beziehen sich häufig auf einen gemeinsamen Bezug, beispielsweise das Geometrieelement **60i**, so dass eine Kombination zu einer Messaufgabe vorteilhaft sein kann. Auf diese Weise lassen sich etwa Bohrbilder, Musteranordnungen oder dgl. messen und prüfen. Eine entsprechende Messstrategie **70f** kann von der Datenverarbeitungseinrichtung **42** bereitgestellt werden. Die Durchführung der Messaufgabe kann vom Bediener etwa durch Antasten lediglich einer Entität **58i**, **58j**, **58k** oder aber aller Entitäten **58i**, **58j**, **58k** veranlasst werden.

[0136] In Fig. 9 sind Ablaufschritte eines Messverfahrens schematisch dargestellt. Dabei wird mit **80** eine Objekzebene, die Ebene des realen Messobjekts **16** und der Messeinrichtung **10**, und mit **82** eine Modellebene, die virtuelle Ebene der Datenverkörperung **52** des Messobjekts **16**, bezeichnet.

[0137] Ein mit **84** bezeichneter Schritt umfasst das Bereitstellen eines realen Messobjekts in einer Messeinrichtung, Bezugszeichen **86**, sowie das Bereitstellen einer Datenverkörperung des Messobjekts, Bezugszeichen **88**. Hierfür sind sowohl Teilschritte in der Objekzebene **80** als auch in der Modellebene **82** erforderlich. Das Messobjekt muss körperlich in die Messeinrichtung eingebracht werden. Die Datenverkörperung muss digital in der Datenverarbeitung aufgerufen bzw. zum Aufruf bereitgehalten werden. Es ist grundsätzlich noch keine Interaktion zwischen der Objekzebene **80** und der Modellebene **82** notwendig.

[0138] Ein mit **90** bezeichneter Schritt umfasst das Ausrichten des Messobjekts. Beispielhaft kann das Ausrichten das Erfassen der Lage und Orientierung des Messobjekts in der Messeinrichtung beinhalten, Bezugszeichen **92**. Die in der Objekzebene **80** erfassten Werte können an die Modellebene **82** übermittelt werden, um die Datenverkörperung hierzu „virtuell“ auszurichten, üblicherweise durch Transformation von Koordinatensystemen. Umgekehrt könnte jedoch auch ein Ausrichten durch Anpassung der Lage und Orientierung des Messobjekts an die virtuelle Lage und Orientierung der Datenverkörperung erfolgen. In diesem Fall würde ein Informationsfluss von der Modellebene **82** in Richtung auf die Objekzebene **80** erforderlich sein.

[0139] Ein mit **96** bezeichneter Schritt umfasst das Zuführen eines Messaufnehmer auf das Messobjekt. Dies erfolgt durch einen Bediener, der die Messeinrichtung in der Objekzebene manuell ansteuern kann, Bezugszeichen **98**. Die in der Messeinrichtung ermittelten Werte, etwa Positionsdaten eines Tastkopfes, können an die Modellebene **82** übermittelt werden, um eine virtuelle Lage des Tastkopfes in Relation zur Datenverkörperung zu bringen, Bezugszeichen **100**.

[0140] Ein mit **102** bezeichneter Schritt umfasst das Antasten einer Entität, insbesondere eines einzelnen Punktes, eines Geometrieelements des Messobjekts. Dies erfolgt in der Objekzebene **80** mit dem realen Tastkopf am realen Messobjekt, Bezugszeichen **104**. Der dabei ermittelte Wert für die Position der Entität wird an die Modellebene **82** übermittelt und als virtuelle Lage in Relation zur Datenverkörperung gebracht. Dabei kann grundsätzlich ein mit dem realen Geometrieelement korrespondierendes virtuelles Geometrieelement der Datenverkörperung ausgewählt werden, Bezugszeichen **106**.

[0141] Ein mit **108** bezeichneter optionaler Schritt umfasst ein Freigeben oder Bestätigen der Auswahl. Dies erfolgt in der Objekzebene **80** etwa durch Betätigung eines Schalters durch den Bediener, Bezugszeichen **110**. Ein dabei erzeugtes Signal kann an die Modellebene **82** übermittelt werden und eine Weiterbearbeitung auf der Modellebene **82** veranlassen, Bezugszeichen **111**.

[0142] Ein mit **112** bezeichneter Schritt umfasst ein automatisiertes Messen des selektierten Geometrieelements oder ein Abarbeiten einer damit verknüpften Messaufgabe. Hierzu kann in der Modellebene **82** automatisiert eine geeignete Messstrategie gewählt werden, Bezugszeichen **114**. Mit Hilfe der Messstrategie kann eine Ansteuerung der Messeinrichtung zur Ermittlung geeigneter Messwerte erfolgen, Bezugszeichen **116**. Hierzu erforderliche Steuerbefehle werden an die Objekzebene **80** übermittelt. In der Objekzebene **80** ermittelte Messwerte werden an die Mo-

dellebene **82** übergeben und dort erfasst, Bezugszeichen **116**.

[0143] Eine mit 120 bezeichnete Schleife verdeutlicht, dass das Messverfahren bei Bedarf eine Mehrzahl von Antastungen, Selektionen und automatisierten (Teil-)Messungen aufweisen kann. Durch Antasten weiterer Entitäten kann der Bediener einer Messung von mit diesen verknüpften Geometrieelementen bewirken.

[0144] Ein mit 122 bezeichneter Schritt beendet das Messverfahren. Es können sich Auswertungen, eine Übergabe oder Ausgabe erfasster Messwerte anschließen.

[0145] Mit **124** ist ein parallel zum Messvorgang ablaufender Schritt angedeutet, der eine Aufzeichnung verschiedener Verfahrensschritte umfasst. Die Aufzeichnung kann sich dabei auf alle Verfahrensschritte oder aber nur auf einen Teil davon beziehen. Auf diese Weise können auch durch Bedienereingaben beeinflusste Verfahrensschritte in der Modellebene **82** erfasst werden und bei Bedarf automatisiert wiederholt werden. Damit kann eine besonders einfache und schnelle Lernprogrammierung verwirklicht werden.

[0146] Im Rahmen der Erfindung werden ein Messverfahren und eine Messeinrichtung angegeben, die eine schnelle fehlerarme semiautomatische Vermessung von Messobjekten erlauben und bei denen insbesondere mit Geometrieelementen der Messobjekte verknüpfte Messaufgaben bei hoher Genauigkeit besonders einfach und bedienerfreundlich abgearbeitet werden können.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Vermessung eines Messobjekts (16), mit folgenden Schritten:

- Bereitstellen einer Messeinrichtung (10) mit zumindest einem Messaufnehmer (24),
- Aufnehmen eines Messobjekts (16) in der Messeinrichtung (10),
- Bereitstellen einer Datenverarbeitungseinrichtung (42), die mit der Messeinrichtung (10) zur Erfassung von Messdaten gekoppelt ist,
- Bereitstellen einer Datenverkörperung (52) des Messobjekts (16) in der Datenverarbeitungseinrichtung (42),
- Ausrichten des Messobjekts (16) in Bezug auf die Datenverkörperung (52),
- Zuführen des zumindest einen Messaufnehmers (24) auf das Messobjekt (16),
- Antasten einer Entität (58) des Messobjekts (16), die einem Geometrieelement (60) des Messobjekts (16) zurechenbar ist, und
- automatisiertes Selektieren eines korrespondierenden Geometrieelements (64) der Datenverkörperung

(52) des Messobjekts (16) anhand der ermittelten Lage der Entität (58).

2. Verfahren nach Anspruch 1, ferner aufweisend:

- automatisiertes Durchführen einer Messung des Geometrieelements (60) oder einer mit diesem verknüpften Messaufgabe anhand einer durch die Datenverarbeitungseinrichtung (42) bereitgestellten Messstrategie (70).

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem beim Antasten der Entität (58) ein Messwert ermittelt wird, der in der Datenverarbeitungseinrichtung (42) der Datenverkörperung (52) des Messobjekts (16) überlagert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem in der Datenverarbeitungseinrichtung (42) eine Abweichung des der Datenverkörperung (52) des Messobjekts (16) überlagerten ermittelten Messwertes zu einem korrespondierenden Sollwert der Datenverkörperung (52) ermittelt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Entität (58) durch einen definierten Punkt des Geometrieelements (60) des Messobjekts (16) verkörpert ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Antasten berührungslos oder taktil erfolgt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, bei dem die Messstrategie (70) das Antasten mehrerer diskreter Punkte (74) des Geometrieelements (60) oder ein kontinuierliches oder quasi-kontinuierliches Scannen des Geometrieelements (60) aufweist.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der zumindest eine Messaufnehmer (24) zum Zuführen auf das Messobjekt (16) und zum Antasten der Entität (58) des Geometrieelements (60) manuell verfahren wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 8, bei dem ein Eingabeelement (36) verwendet wird, das einen Schalter (40) aufweist, mit dem das automatisierte Messen des jeweils selektierten Geometrieelements (60) oder die Durchführung der damit verknüpften Messaufgabe veranlasst wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 9, bei dem der zumindest eine Messaufnehmer (24) beim automatisierten Messen des selektierten Geometrieelements (60) durch die Datenverarbeitungseinrichtung (42) gesteuert wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Datenverarbeitungseinrichtung (42) zur Bereitstellung der Datenverkörperung (52)

des Messobjektes (16) über eine Schnittstelle (51) auf eine Datenbasis (50) zugreifen kann.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem eine Aufzeichnung von Zuführbewegungen, Antastvorgängen und automatisierten Messvorgängen der Messung zumindest eines Geometrieelements (60) erfolgt, die bedarfsweise zur Ansteuerung der Messeinrichtung (10) abgerufen werden kann.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 12, bei dem beim automatisierten Messen des Geometrieelements (60) Ist-Datensätze ermittelt werden, die mit korrespondierenden Soll-Datensätzen des korrespondierenden Geometrieelements (64) der Datenverkörperung (52) des Messobjekts (16) verglichen werden.

14. Messsystem zur Vermessung eines Messobjekts (16), das Folgendes aufweist:
eine Messeinrichtung (10) mit einem Messtisch (12) mit einer Aufnahme (14) zur Aufnahme eines Messobjekts (16), zumindest einem verfahrbaren Messaufnehmer (24), an dem ein Tastkopf (28) zum Detektieren von Raumkoordinaten ausgebildet ist, und eine Datenverarbeitungseinrichtung (42) mit einem Verarbeitungsmodul (48), das über eine Schnittstelle (51) mit einem Speichermodul (50) verbindbar ist, wobei dem Verarbeitungsmodul (48) über die Schnittstelle (51) eine Datenverkörperung (52) des Messobjekts (16) zuführbar ist, wobei die Datenverarbeitungseinrichtung (42) dazu ausgebildet ist, die Lage einer von dem zumindest einen Messaufnehmer (24) angetasteten Entität (58) zu erfassen, die einem Geometrieelement (60) des Messobjekts (16) zurechenbar ist, und wobei das Verarbeitungsmodul (48) dazu ausgebildet ist, automatisch anhand der ermittelten Lage der Entität (58) ein korrespondierendes Geometrieelement (64) der Datenverkörperung (52) des Messobjekts (16) zu selektieren.

15. Computerprogramm, das Programmcodetelemente zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13 auf einem Messsystem nach Anspruch 14 aufweist, wenn das Computerprogramm ausgeführt wird.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

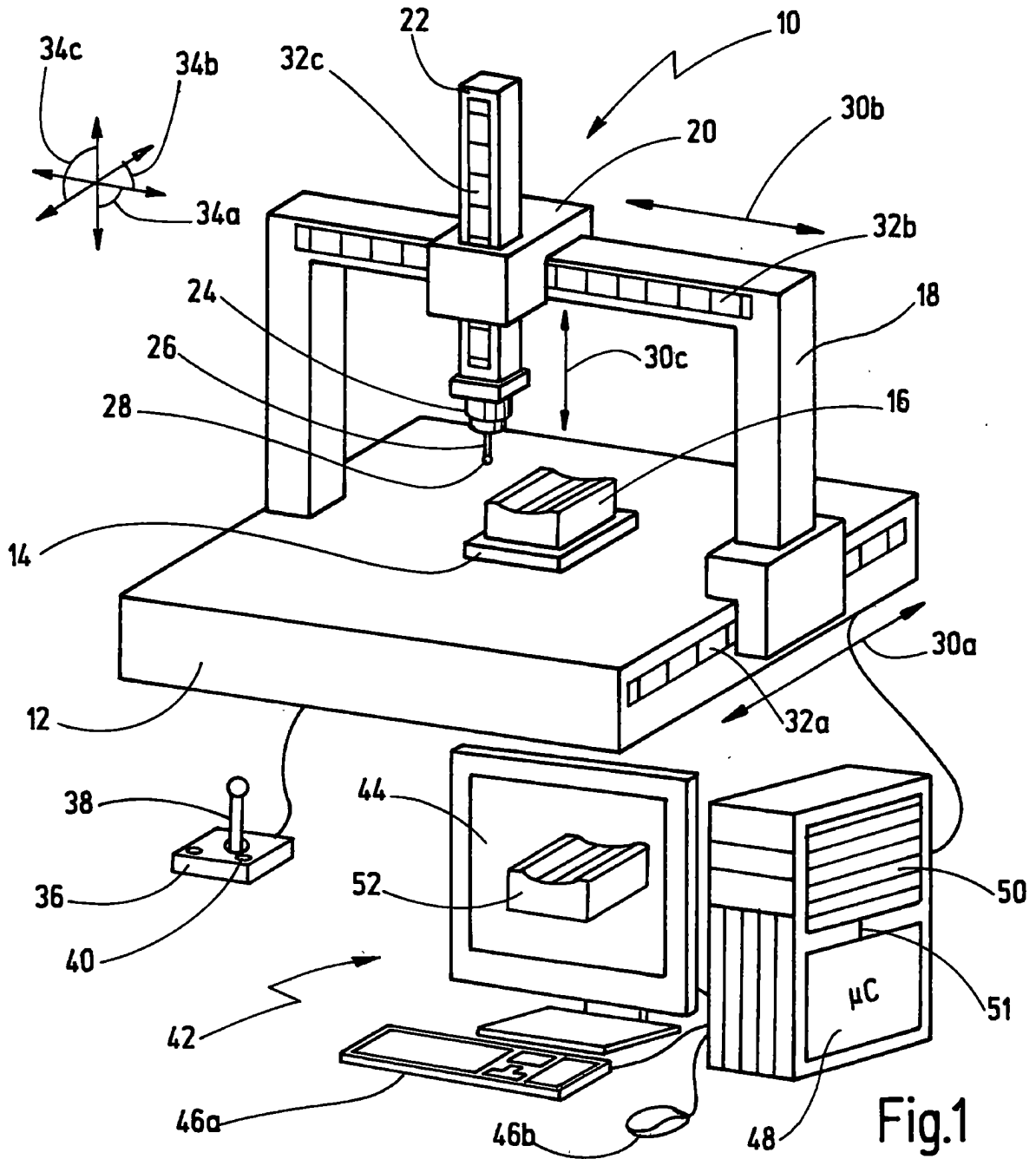


Fig.1

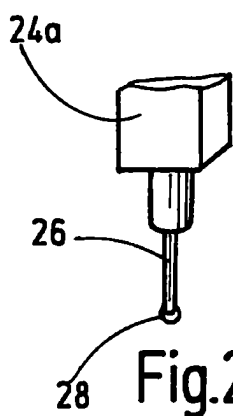


Fig.2a

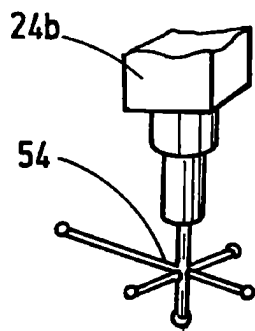


Fig.2b

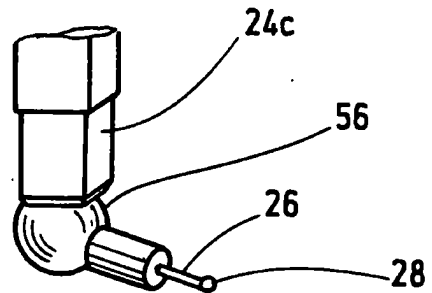
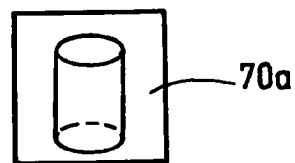
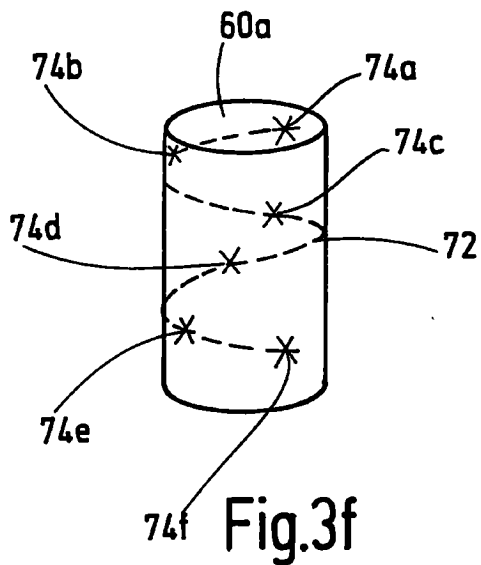
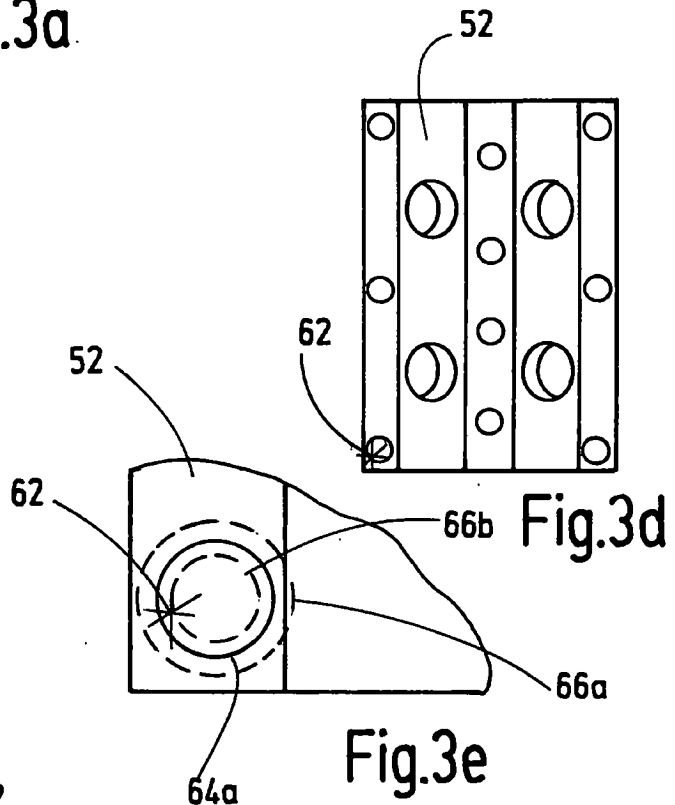
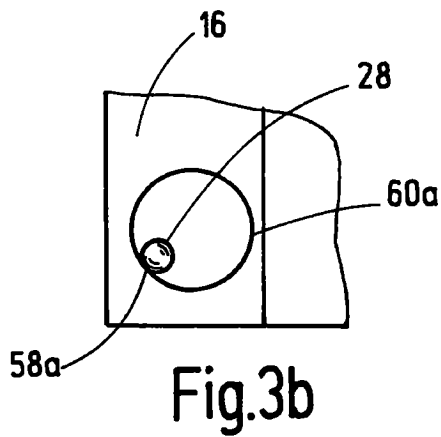
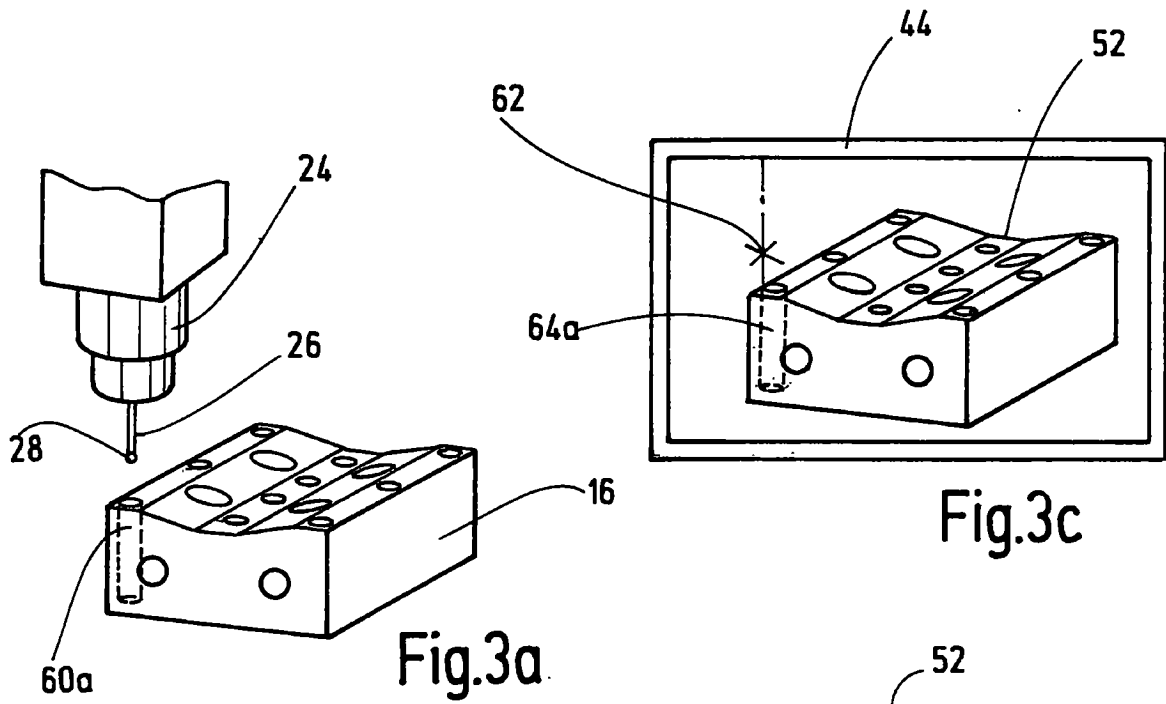
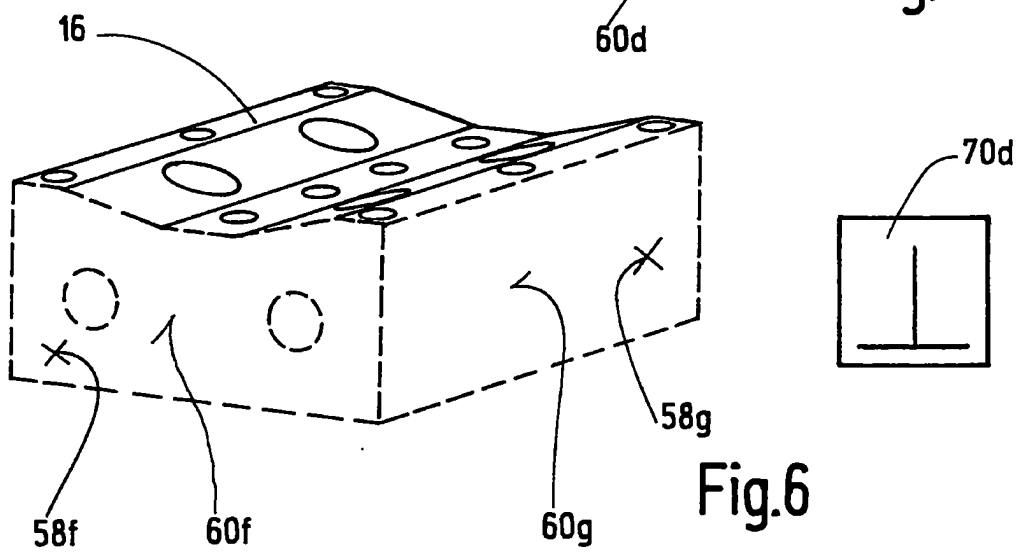
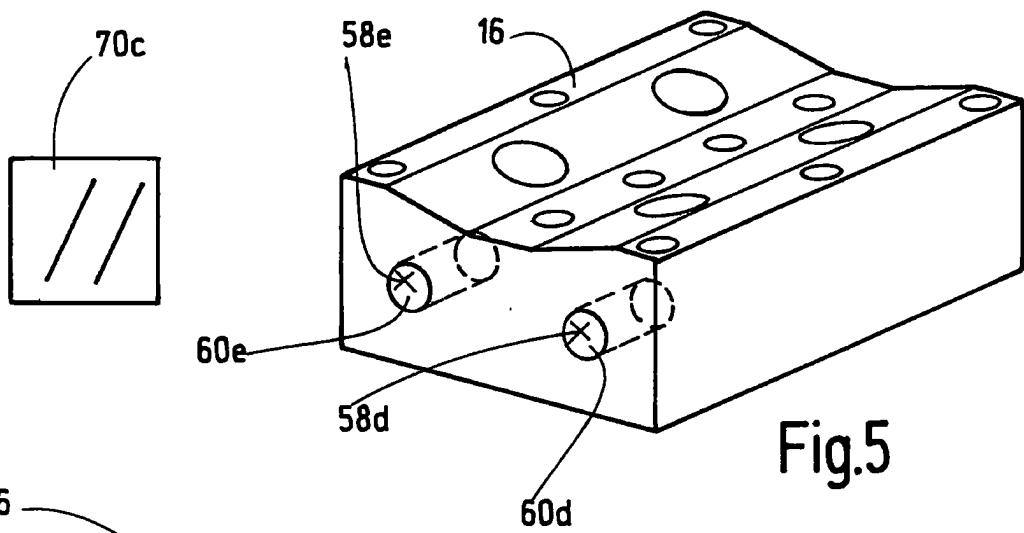
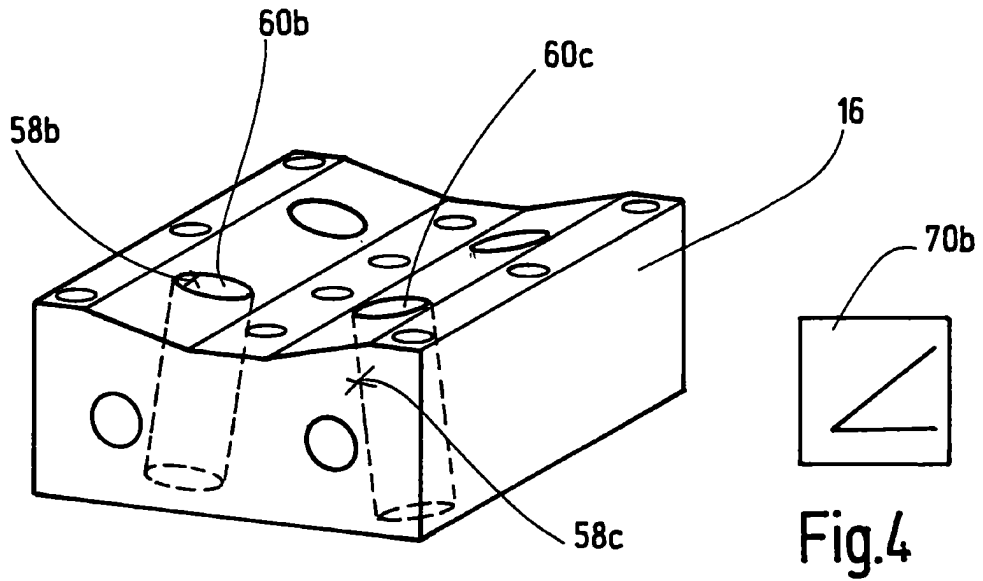
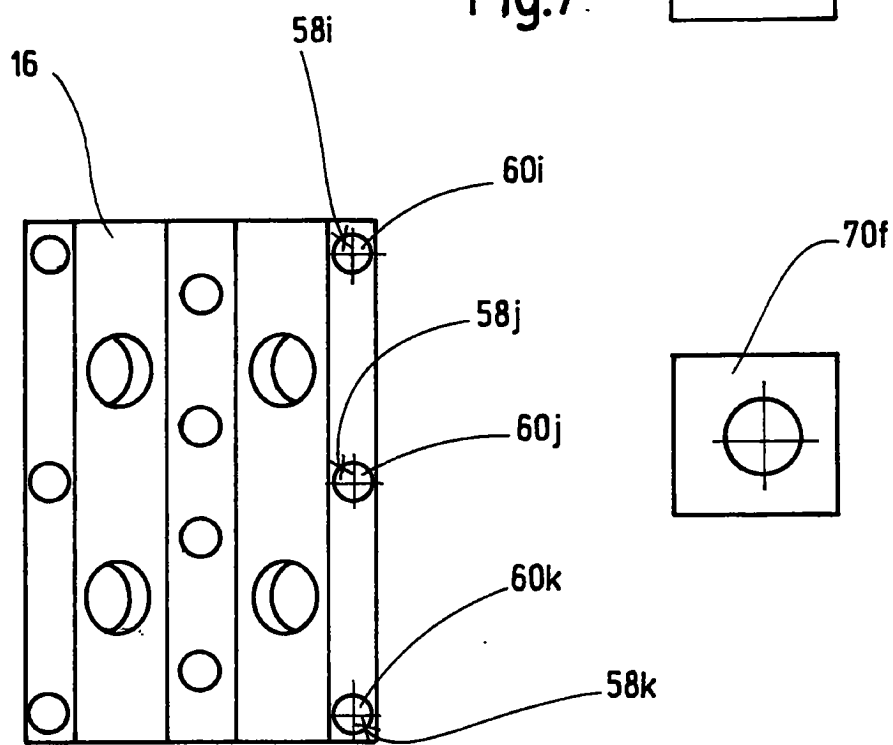
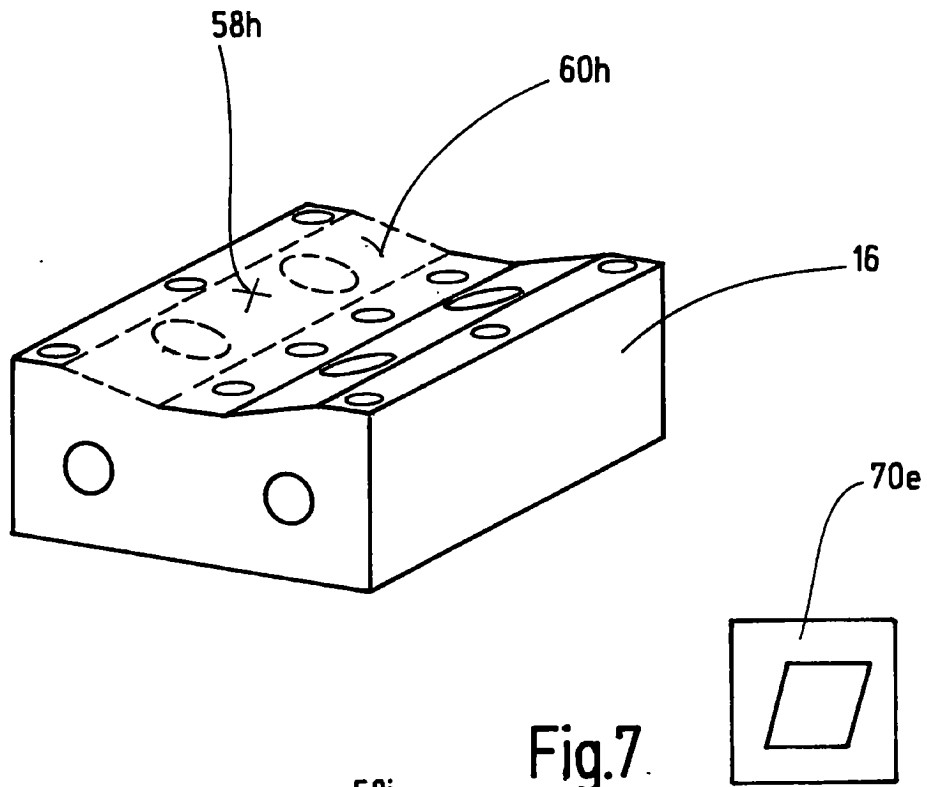


Fig.2c







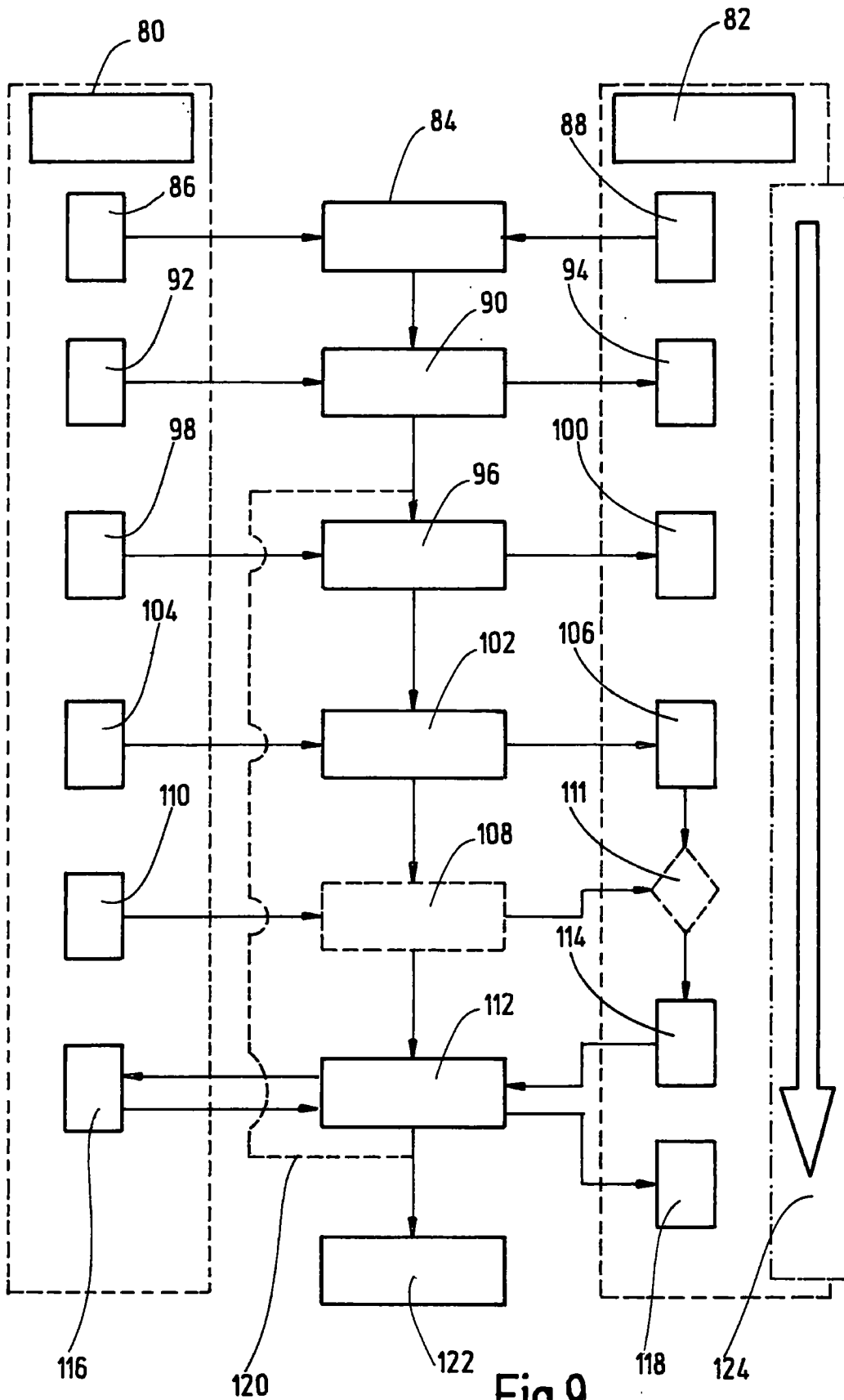


Fig.9