



(10) **DE 10 2012 024 934 A1** 2014.06.26

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 024 934.9**
(22) Anmeldetag: **19.12.2012**
(43) Offenlegungstag: **26.06.2014**

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

(71) Anmelder:
AUDI AG, 85045, Ingolstadt, DE

(72) Erfinder:
**Gallasch, Andreas, 74321, Bietigheim-Bissingen,
DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

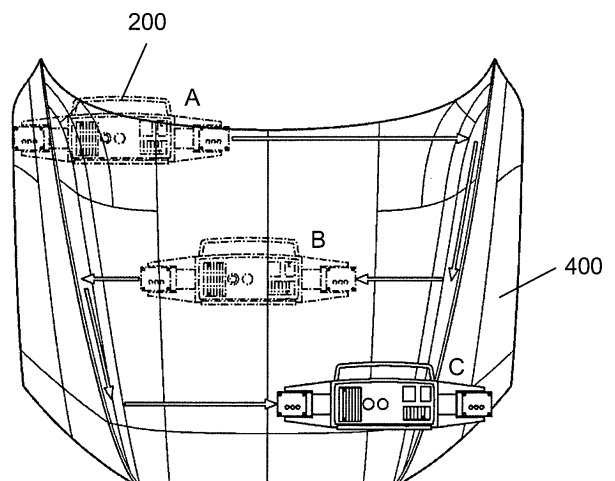
DE	10 2005 037 837	A1
US	6 292 715	B1
US	2006 / 0 025 890	A1
US	2007 / 0 142 973	A1
US	2008 / 0 009 972	A1
EP	2 322 897	A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Programmiersystem zur erstmaligen Erstellung eines auf einem Messroboter ausführbaren Messprogramms für die Messung eines neuen Messobjekts**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur erstmaligen Erstellung eines Messprogramms für die Messung eines neuen Messobjekts (400) mit einem Messroboter, wobei der Messroboter wenigstens einen berührungslosen Messsensor (200) aufweist und dieser Messsensor (200) mit dem vom Messprogramm gesteuerten Messroboter (100) in verschiedene Positionen (A, B, C) relativ zu dem Messobjekt (500) bewegt werden soll. Es ist vorgesehen, dass für das zu erstellende Messprogramm auf ein bereits vorhandenes Messprogramm zurückgegriffen wird, welches für ein bekanntes Messobjekt existiert, dass dem neuen Messobjekt (400) möglichst ähnlich ist. Die Erfindung betrifft ferner ein Programmiersystem zur Ausführung dieses Verfahrens.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur erstmaligen Erstellung eines Messprogramms für die Messung eines neuen Messobjekts mit einem Messroboter, wobei der Messroboter wenigstens einen berührungslosen Messsensor aufweist und dieser Messsensor mit dem vom Messprogramm gesteuerten Messroboter in verschiedene Positionen relativ zu dem Messobjekt bewegt werden soll.

[0002] Die Erfindung betrifft ferner ein Programmiersystem zur Ausführung der Erfindung.

[0003] Das Messen beispielsweise von Karosseriebauteilen kann mit einem berührungslos arbeitenden Messsensor erfolgen, welcher hierfür in Bezug auf das zu messende Karosseriebauteil (im Folgenden allgemein als Messobjekt bezeichnet) in verschiedene räumliche Positionen (Messpositionen) bewegt wird und von diesen Positionen aus Aufnahmen und insbesondere digitale Aufnahmen des Karosseriebauteils bzw. Messobjekts macht. Die Einzelaufnahmen aus den verschiedenen Positionen können dann beispielsweise zu einer Punktwolke des Karosseriebauteils bzw. Messobjekts zusammengesetzt und einer weiteren Auswertung zugeführt werden.

[0004] Bei wiederholender Messung gleicher Messobjekte hat sich der Einsatz eines Messroboters bewährt, an dem der Messsensor befestigt ist und mit dem der Messsensor von einer Position in eine andere bewegt bzw. verfahren werden kann. Ein solcher Messroboter kann bspw. ein Mehrachs-Industrieroboter oder auch ein Portalgerät oder dergleichen sein.

[0005] Die Steuerung des Messroboters beim Messen gleicher Messobjekte erfolgt automatisch mit einem Messprogramm, wobei es sich vorrangig um ein digitales Messprogramm handelt. Damit der Messroboter die vorgegebenen Positionen mit richtiger Ausrichtung des Messsensors in einem bestimmten Bewegungsablauf automatisch anfahren kann, muss also die Robotersteuerung zunächst mit einem entsprechenden Messprogramm programmiert werden, wobei für jedes neue Messobjekt ein eigenes Messprogramm zu erstellen bzw. zu erzeugen ist.

[0006] Hierzu sind aus dem Stand der Technik verschiedene Vorgehensweisen bekannt, wie bspw. die Online-Programmierung, bei der der Messsensor mit dem Messroboter real in verschiedene Positionen bewegt wird und diese Positionen in das Messprogramm übernommen werden (so genanntes „Teach-In“), oder die Offline-Programmierung, bei der das Messprogramm zunächst ohne den Messroboter mit einem separaten Programmiersystem (gemäß untenstehender Definition) erstellt und dann an die Robotersteuerung übertragen wird. Die Programmierung

und insbesondere die Offline-Programmierung eines Messprogramms kann durch diverse Hilfsmittel, wie insbesondere Software-Tools, welche z. B. Standard-Messprogramme und/oder Optimierungssequenzen bereitstellen, unterstützt werden.

[0007] Zum Stand der Technik wird auf die Patentschriften DE 10 2005 037 837 A1 und US 2007/0142973 A1 verwiesen.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte Möglichkeit zur erstmaligen Erstellung eines Messprogramms für die Messung eines neuen Messobjekts anzugeben.

[0009] Diese Aufgabe wird gelöst mit einem erfindungsgemäßen Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Bevorzugte Weiterbildungen und Ausgestaltungen ergeben sich sowohl aus den abhängigen Ansprüchen als auch aus den nachfolgenden Erläuterungen.

[0010] Mit dem nebengeordneten Anspruch erstreckt sich die Lösung der Aufgabe auch auf ein erfindungsgemäßes Programmiersystem, für welches die nachfolgenden Erläuterungen analog gelten.

[0011] Das erfindungsgemäße Verfahren zur erstmaligen Erstellung bzw. Erzeugung eines Messprogramms zur Messung eines neuen Messobjekts mit einem Messroboter, wobei der Messroboter wenigstens einen berührungslosen Messsensor aufweist und dieser Messsensor mit dem vom Messprogramm gesteuerten Messroboter in verschiedene Positionen relativ zu dem Messobjekt bewegt werden soll, zeichnet sich dadurch aus, dass für das zu erstellende Messprogramm auf ein bereits vorhandenes Messprogramm zurückgegriffen wird, welches für ein bekanntes Messobjekt existiert, dass dem neuen Messobjekt möglichst ähnlich ist.

[0012] Die Erfindung macht sich ein bereits vorhandenes Messprogramm eines dem neuen Messobjekt möglichst ähnlichen Messobjekts zunutze. Dieses bereits vorhandene Messprogramm kann für das neue Messobjekt in das Programmiersystem übernommen werden und muss gegebenenfalls noch an das neue Messobjekt angepasst werden, was manuell vorgenommen werden kann und insbesondere automatisch und zwar softwaregesteuert erfolgt.

[0013] Unter einem Programmiersystem wird vorrangig eine Anlage mit wenigstens einem Computer und wenigstens einer auf diesem Computer ausführbaren Software verstanden, mit der ein Messprogramm, insbesondere im Rahmen einer Offline-Programmierung, erstellt werden kann. Bei der Software handelt es sich insbesondere um eine speziell für die Erfindung entwickelte oder angepasste Software. Ein solches Programmiersystem kann auch eine Mess-

software für den Messsensor und/oder eine Steuer-
software für den Messroboter umfassen, wobei die
Messsoftware und/oder die Steuersoftware mit ent-
sprechenden Funktionalitäten zur erfindungsgemä-
ßen Erstellung eines Messprogramms ausgestattet
sein können. Ferner kann ein solches Programmier-
system weitere Hilfsmittel, Routinen und dergleichen
zur Verfügung stellen.

[0014] Die Suche nach einem bekannten bzw. vor-
handenen möglichst ähnlichen Messobjekt kann ma-
nuell (durch den Programmierer bzw. Anwender) er-
folgen. Die Suche kann jedoch bei einer umfangrei-
chen Anzahl bereits vorhandener Messobjekte (wo-
bei es sich durchaus um mehrere Hunderte oder Tau-
sende Messobjekte handeln kann) mit zugehörigen
Messprogrammen zeitaufwändig sein, weswegen die
Suche nach einem möglichst ähnlichen Messobjekt
bevorzugt im Wesentlichen (d. h. zumindest in we-
sentlichen Schritten) automatisch und zwar software-
gesteuert erfolgt. Hierzu kann das Programmiersys-
tem mit einer geeigneten Funktionalität, wie bspw.
einer Datenbankanwendung, ausgestattet sein, um
bspw. direkt auf eine entsprechende Datenbank des
Programmierystems und/oder indirekt (d. h. über
Schnittstellen) auf entsprechende andere Datenban-
ken zugreifen zu können.

[0015] Bevorzugt ist vorgesehen, dass zur Auffin-
dung eines möglichst ähnlichen Messobjekts ver-
schiedene Merkmale (wenigstens jedoch ein Merk-
mal) des neuen Messobjekts bestimmt und mit
den entsprechenden Merkmalen bereits bekannter
Messobjekte (Vergleichsobjekte) verglichen werden
(Merkmalsvergleich). In anderen Worten heißt dies,
dass das neue Messobjekt anhand von Merkmalen,
wenigstens jedoch einem Merkmal, charakterisiert
und dann mit bekannten Messobjekten verglichen
wird. Bereits bekannte Messobjekte für die Messpro-
gramme vorliegen (wobei es sich um bereits ausge-
führte Messprogramme oder um noch nicht ausge-
führte jedoch bereits programmierte Messprogram-
me handeln kann) oder zumindest deren Merkmale
können, wie bereits erläutert, in einer Datenbank hin-
terlegt sein und sind von dort aus für einen Vergleich
abrufbar.

[0016] Für einen solchen Vergleich kann zumindest
eines der folgenden Merkmale (Vergleichsmerkmale)
des neuen Messobjekts herangezogen werden:

- verschiedene absolute Koordinaten (bspw.
Schwerpunkte, Kantenschnittpunkte, Hochpunk-
te, Tiefpunkte und dergleichen) in einem bestimm-
ten Koordinatensystem (bspw. im Fahrzeugko-
ordinatensystem oder Maschinenkoordinatensys-
tem);
- Abmaße und/oder Seitenverhältnis des zuge-
hörigen Hüllkörpers, wobei es sich insbesonde-
re um einen quaderförmigen Hüllkörper (auch als
Bounding Box bezeichnet) handelt, der bspw. zum

neuen Messobjekt orientiert ist (Oriented Boun-
ding Box, OBB) und/oder zu den Hauptachsen-
richtungen eines Koordinatensystem ausgerichtet
ist (Axis-Aligned Bounding Box, AABB);

- Position des Schwerpunkts in einem bestimmten
Koordinatensystem (s. o.) und/oder in Bezug zum
Hüllkörper;
- Lage und/oder Ausrichtung der Hauptrotations-
achsen;
- Anzahl, Position und/oder Abmaße von Löchern
und/oder Ausnehmungen;
- Fläche bzw. Größe der Messobjekt-Oberfläche;
- Material und/oder Materialstärke.

Ein Merkmalsvergleich kann über alle zuvor genann-
ten Merkmale oder aber nur über eine bestimmte
Auswahl von diesen Merkmalen (wenigstens jedoch
ein Merkmal) erfolgen.

[0017] Gegebenenfalls kann auch die Aufnahmesit-
uation des neuen Messobjekts in einer Bauteilauf-
nahme und/oder die verwendete Bauteilaufnahme
selbst als Merkmal für den Vergleich bzw. als Ver-
gleichsmerkmal herangezogen werden, sofern auch
bei den bekannten Messobjekten (Vergleichsobjek-
ten) die Aufnahmesituation und/oder die Bauteilauf-
nahme bekannt ist und entsprechend abgerufen wer-
den kann. Hinsichtlich der Aufnahmesituation und/
oder der Bauteilaufnahme können z. B. folgende cha-
rakterisierende Merkmale von Bedeutung sein: An-
zahl der Spannstellen, liegender oder stehender Auf-
bau der Bauteilaufnahme und damit einhergehende
liegende oder stehende Aufnahmesituation, Ausführ-
ung der Aufnahme als eigenständiger Rahmen oder
in Form von einzelnen Aufnahmestellen für ein über-
geordnetes Aufnahmesystem wie beispielsweise ei-
ne stehende Rasterplatte, und dergleichen.

[0018] Mit den zuvor genannten Merkmalen wird
deutlich, dass ein Vergleich des neuen Messobjekts
mit bekannten Messobjekten nicht auf einem blo-
ßen Vergleich von CAD-Daten beruhen soll. Gleich-
wohl könnte die Bestimmung eines möglichst ähnli-
chen Messobjekts, zu welchem bereits ein Messpro-
gramm vorliegt, auch über einen rechnerischen Flä-
chenvergleich von CAD-Datensätze erfolgen. Hier-
zu müssten bspw. das neue Messobjekt und die be-
reits bekannten Messobjekte über eine grundlegende
Ausrichtung (z. B. Best-Fit-Ausrichtung) zueinander
ausgerichtet werden, wobei sich zwei Messobjekte
dann am ähnlichsten sind, wenn deren Summe aller
Flächenabweichungen am kleinsten ist. Diese Vor-
gehensweise ist jedoch mit einem erheblichen Zeit-
aufwand verbunden, da für alle bereits vorhandenen
Messobjekte deren CAD-Datensatz vollständig in das
Programmierystem eingelesen, die Ausrichtung zu-
einander durchgeführt und der Flächenvergleich be-
rechnet werden muss.

[0019] Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Suche nach bekannten Messobjekten, die für den Vergleich herangezogen werden sollen, durch Vorgabe (vom Programmierer bzw. Anwender) wenigstens eines Klassifikationsmerkmals eingeschränkt wird, um einen schnelleren Merkmalsvergleich und damit ein schnelleres Auffinden eines zum neuen Messobjekt möglichst ähnlichen Messobjekts zu ermöglichen, was vor allem bei einer hohen Anzahl von bereits bekannten Messobjekten sinnvoll ist. Handelt es sich bei dem neuen Messobjekt beispielsweise um ein äußeres Blechteil einer vorderen Kfz-Türe, so kann die Suche und damit der Merkmalsvergleich, nach entsprechender Abfrage durch das Programmiersystem, eingeschränkt bzw. begrenzt werden auf einen Vergleich mit: 1. Türen – 2. Außen – 3. Vorne. Die Voraussetzung hierfür ist, dass jedes bereits bekannte Messobjekt entsprechend klassifiziert ist und die jedem Messobjekt zugehörenden Klassifizierungsdaten, bspw. in einer Datenbank, hinterlegt sind.

[0020] Ergänzend oder alternativ hierzu kann vorgesehen sein, dass die Suche nach bekannten Messobjekten dorthingehend eingeschränkt wird, dass nur jene bekannten Messobjekte für einen Vergleich herangezogen werden, für die ein auf einem bestimmten Messroboter ausführbares Messprogramm existiert.

[0021] Ferner ist bevorzugt vorgesehen, dass aus dem Vergleich und insbesondere aus dem Merkmalsvergleich (auf Basis der herangezogenen Merkmale) zwischen dem neuen Messobjekt und den bekannten Messobjekten (Vergleichsobjekten) für jedes bekannte Messobjekt (Vergleichsobjekt) ein Kennwert für die Ähnlichkeit (oder sogar für die Übereinstimmung) mit dem neuen Messobjekt bestimmt und insbesondere berechnet wird. Ebenso könnte auch für jede Vergleichspaarung ein Kennwert ermittelt werden.

[0022] Der Kennwert für die Ähnlichkeit (Ähnlichkeitskennwert) oder gegebenenfalls auch Übereinstimmung (Übereinstimmungskennwert) kann bspw. ein Mittelwert aus der Summe der einzelnen Vergleichswerte für jedes Vergleichsmerkmal sein, wobei die einzelnen Vergleichswerte noch gewichtet sein können. Jeder Vergleichswert für ein Vergleichsmerkmal wiederum berechnet sich bspw. aus dem Verhältnis von einem Soll-Merkmalwert (der insbesondere durch das neue Messobjekt vorgegeben wird) zu einem Ist-Merkmalwert (der insbesondere anhand des Vergleichsobjekts bestimmt wird).

[0023] Unter den bekannten Messobjekten kann genau jenes als möglichst ähnliches Messobjekt (welches dem neuen Messobjekt am ähnlichsten ist) ausgewählt werden, dessen Kennwert den geringsten Abstand zu einem bestimmten Vorgabewert aufweist. Im weiteren kann auf dessen Messprogramm zurückgegriffen werden, wozu dieses Messprogramm bspw.

in das Programmiersystem übernommen wird (wie nachfolgend noch näher erläutert). Mit anderen Worten formuliert kann dies heißen, dass das Vergleichsobjekt, dessen Kennwert den geringsten Abstand zu einem bestimmten Vorgabewert (beispielsweise zur Zahl 1) hat, das Messobjekt unter allen bekannten Messobjekten mit der höchsten Ähnlichkeit bzw. der besten Übereinstimmung zum neuen Messobjekt ist und dass dessen Messprogramm als gegebenenfalls noch anzupassendes Messprogramm für das neue Messobjekt (in das Programmiersystem) übernommen werden kann.

[0024] Das zum ähnlichsten Messobjekt (das insbesondere durch den Merkmalsvergleich und anhand des Kennwerts für die Ähnlichkeit bzw. Übereinstimmung unter den bekannten Messobjekten gefunden wurde) gehörende Messprogramm kann quasi als „neues“ Messprogramm für das neue Messobjekt übernommen werden. Eventuell ist noch eine Anpassung (im Programmiersystem) an das neue Messobjekt vorgesehen. Unter einer Anpassung wird hierbei insbesondere eine Änderung und/oder Ergänzung des übernommenen (bzw. zu übernehmenden) Messprogramms verstanden. Eine Anpassung kann auch dorthingehend erforderlich sein, dass das aufgefundene Messprogramm ursprünglich nicht für den für die Messung des neuen Messobjekts vorgesehenen Messroboter erstellt wurde. Die Anpassung kann automatisch, bspw. durch einen speziellen Software-Algorithmus erfolgen. Eine manuelle Anpassung durch den Programmierer bzw. Anwender ist ebenfalls denkbar. Sollte eine automatische oder manuelle Anpassung erforderlich sein, so ist diese wegen der vorausgegangenen Suche nach einem möglichst ähnlichen Messobjekt, insbesondere durch den beschriebenen Merkmalsvergleich, mit einem verhältnismäßig geringen Aufwand ausführbar.

[0025] Ferner besteht die Möglichkeit, dass bei der erfindungsgemäßen Vorgehensweise unter Umständen das Messprogramm des ähnlichsten Messobjekts ohne Anpassung für das neue Messobjekt übernommen werden kann, so dass kein weiterer Aufwand für eine Anpassung anfällt. Eine Anpassung des gefundenen Messprogramms an das neue Messobjekt kann bspw. deshalb entfallen, weil der verwendete berührungslose Messsensor typischerweise ein räumlich ausgedehntes (beispielsweise würfelförmiges oder pyramidenförmiges) Messvolumen aufweist, das eine gewisse Toleranz ermöglicht. D. h., der Abstand des berührungslosen Messsensors zur Oberfläche eines Messobjekts (und umgekehrt) ist in bestimmten Grenzen variabel. Damit gilt, dass innerhalb des Messvolumens alle Oberflächen des neuen Messobjekts erfasst werden können, unabhängig davon, ob sich diese Oberflächen an den gleichen Positionen befinden wie die zur Programmierung des Messprogramms herangezogenen Oberflächen des für die ursprüngliche Programmerstellung verwendete-

ten Messobjekts. Die aufzunehmende bzw. zu messende Oberfläche des neuen Messobjekts muss sich lediglich innerhalb des Messvolumens befinden; eine genaue Position relativ zum Messvolumen ist weitgehend unerheblich.

[0026] Bevorzugt ist daher vorgesehen, dass es sich bei dem berührungslosen Messsensor um einen optischen Messsensor handelt. Optische Messsensoren verfügen typischerweise über ein räumlich ausgedehntes (beispielsweise würfelförmiges oder pyramidenförmiges) und insbesondere über verhältnismäßig tiefes räumliches Messvolumen, womit sich unter anderem die zuvor erläuterten Vorteile ergeben.

[0027] Ferner ist bevorzugt vorgesehen, dass es sich bei dem neuen Messobjekt, für das erstmalig ein Messprogramm erstellt werden soll, um ein Karosseriebauteil, und insbesondere um Karosserie-Blechteil, mit einer räumlichen Formgebung handelt. Bei den bekannten Messobjekten handelt es sich bevorzugt ebenfalls um Karosseriebauteile und insbesondere um Karosserie-Blechteile.

[0028] Das mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erstellte bzw. erzeugte Messprogramm kann nachfolgend zur Messung gleicher Messobjekte verwendet werden. Das erstellte Messprogramm dient somit der Messung bestimmter und zwar stets gleicher Messobjekte und nicht beliebig verschiedener Messobjekte. Die erfindungsgemäße Programmerstellung ist selbst dann wirtschaftlich, wenn nur verhältnismäßig wenig gleiche Messobjekte mit dem zu erstellenden Messprogramm gemessen werden sollen.

[0029] Ein erfindungsgemäßes Programmiersystem umfasst wenigstens einen Computer und wenigstens eine auf diesem Computer ausführbare Software zur erstmaligen erfindungsgemäßen Erstellung eines Messprogramms für die Messung eines neuen Messobjekts. Bevorzugt ist vorgesehen, dass dieses Programmiersystem eine weitgehend automatisierte Erstellung eines Messprogramms ermöglicht, wobei insbesondere auch die vorausgehend und/oder nachfolgend erläuterten Weiterbildungen und Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens weitgehend automatisch ausführbar sind, sofern nicht anders angegeben.

[0030] Die Vorteile der Erfindung in den verschiedenen Weiterbildungen und Ausgestaltungen liegen zusammengefasst darin, dass die Erstellung eines neuen Messprogramms verhältnismäßig schnell und mit wenig Nacharbeit (Anpassung im Programmiersystem) erfolgen kann. Durch die Verwertung eines Messprogramms für ein möglichst ähnliches Messobjekt bzw. Bauteil fließt außerdem die damit verbundene Erfahrung, bspw. hinsichtlich Vorgehensweise und Aufnahmetechniken, in das Messprogramm

und den damit gesteuerten Messablauf für das neue Messobjekt bzw. Bauteil ein.

[0031] Überdies kann die Erstellung eines neuen Messprogramms weitgehend unabhängig vom Anwender bzw. Programmierer erfolgen, insbesondere dann, wenn diese automatisch abläuft. Die aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren haben zumeist den Nachteil, dass das erzeugte Messprogramm und damit die Messstrategie abhängig ist vom jeweiligen Programmierer. Das erstellte Messprogramm ist maßgeblich beeinflusst von dessen Kenntnisstand oder von der zur Verfügung stehenden Programmierzeit (Termindruck) und kann zudem von einem Messprogramm, welches für ein ähnliches Messobjekt bereits zu einem anderen Zeitpunkt oder einem anderen Mitarbeiter erstellt wurde, deutlich abweichen. Die erzeugten Messprogramme sind somit abhängig vom Anwender bzw. Programmierer und sind häufig auch nicht im Hinblick auf die Messaufgabe und/oder das Messobjekt optimiert. Dies kann wiederum Einfluss auf die Vergleichbarkeit von Messergebnissen haben. Die Erfindung vermeidet diese mit dem Stand der Technik einhergehenden Nachteile.

[0032] Die Erfindung wird nachfolgend beispielhaft und in nicht einschränkender Weise anhand der Figuren näher erläutert. Die in den Figuren gezeigten und/oder nachfolgend erläuterten Merkmale können, unabhängig von konkreten Merkmalskombinationen, allgemeine Merkmale der Erfindung sein.

[0033] Fig. 1 zeigt in einer perspektivischen Ansicht eine Robotermesszelle.

[0034] Fig. 2 zeigt in einer Draufsicht schematisch den Ablauf einer Messung an einem Messobjekt.

[0035] Fig. 3 zeigt unterschiedliche Messobjekte, die mit der Robotermesszelle aus Fig. 1 gemessen werden können.

[0036] Fig. 4 zeigt in mehreren Tabellen Zahlenwerte, die bei der erfindungsgemäßen Erstellung eines Messprogramms verwertet werden.

[0037] Fig. 1 zeigt einen Messroboter **100** an dessen Hand ein berührungslos arbeitender Messsensor **200** befestigt ist, der mit dem Messroboter **100** bewegt werden kann. Bei dem Messroboter **100** handelt es sich um einen Mehrachs-Industrieroboter. Bei dem Messsensor **200** handelt es sich um einen optischen Messsensor. Optische Messsensoren mit verschiedenen Funktionsweisen sind aus dem Stand der Technik bekannt. Mit **300** ist das pyramidenstumpfförmige Messvolumen des optischen Messsensors **200** bezeichnet. Die Gesamtheit aus Messroboter **100** und Messsensor **200** kann auch als Messzelle bzw. Robotermesszelle bezeichnet werden.

[0038] Mit dem optischen Messsensor **200** kann bspw. das in **Fig. 2** gezeigte Messobjekt **400** gemessen werden. Bei dem Messobjekt **400** handelt es sich beispielhaft um ein Karosserie-Blechteil (äußere PKW-Frontklappe) mit einer räumlichen Gestaltung (3D-Messobjekt). Zur Messung des Messobjekts **400** wird der optische Messsensor **200** mittels des Messroboters **100** nach einem vorgegebenen Ablauf- und Bewegungsschema in verschiedene Messpositionen A, B und C bewegt, wobei auch weitere Messpositionen vorgesehen sein können.

[0039] Damit der Messroboter **100** die vorgegebenen Positionen A, B und C mit richtiger Ausrichtung des Messsensors **200** in dem mit Pfeilen dargestellten Bewegungsablauf automatisch anfahren kann, muss die Robotersteuerung bei der erstmaligen Messung des Messobjekts **400** mit einem entsprechenden Messprogramm programmiert werden, wobei das erstellte bzw. erzeugte Messprogramm künftig zur Messung gleicher Messobjekte **400** verwendet werden kann. Nachfolgend wird eine erfindungsgemäße Vorgehensweise für die erstmalige Erstellung eines Messprogramms für ein neues Messobjekt erläutert.

[0040] **Fig. 3a** zeigt ein neues Messobjekt **500**, wobei es sich um das Innenverstärkungsteil einer PKW-Frontklappe handelt. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass für das zu erstellende Messprogramm für das neue Messobjekt **500** auf ein bereits vorhandenes Messprogramm zurückgegriffen wird, welches für ein bekanntes Messobjekt existiert, das dem neuen Messobjekt **500** im Sinne der Erfindung möglichst ähnlich ist.

[0041] Die **Fig. 3b** bis **Fig. 3h** zeigen nicht maßstabsgetreu bekannte bzw. vorhandene Messobjekte **401** bis **407** (hierin auch als Vergleichsobjekte bezeichnet) für die bereits Messprogramme existieren. Im einzelnen handelt es sich hierbei um einen vorderen Dachrahmen **401** (**Fig. 3b**), eine äußere PKW-Frontklappe **402** (**Fig. 3c**), ein Innenverstärkungsteil einer PKW-Frontklappe bzw. Frontklappen-Innenverstärkung oder auch innere Frontklappe **403** (**Fig. 3d**), eine untere Außenheckklappe **404** (**Fig. 3e**), ein Innenverstärkungsteil einer PKW-Heckklappe bzw. Heckklappen-Innenverstärkung oder auch innere Heckklappe **405** (**Fig. 3f**), einen linken Vorderkotflügel **406** (**Fig. 3g**) und eine Schlossverstärkung **407** (**Fig. 3h**). Die bekannten bzw. bereits vorhandenen Messobjekte **401–407** können zum selben Fahrzeugtyp wie das neue Messobjekt **500** oder zu einem anderen Fahrzeugtyp gehören.

[0042] Für die Erstellung eines neuen Messprogramms zur Messung des neuen Messobjekts **500** soll aus dieser vorhandenen beispielhaften Menge von bekannten Messobjekten **401–407** das ähnlich-

ste Messobjekt herausgesucht und dessen Messprogramm für die neue Messaufgabe herangezogen werden. Um das dem neuen Messobjekt **500** ähnlichste Messobjekt unter den bekannten Messobjekten **401–407** aufzufinden, wird folgende Vorgehensweise vorgeschlagen.

[0043] Die Suche nach bekannten Messobjekten, die für den Vergleich herangezogen werden sollen, kann vorab durch Vorgabe wenigstens eines Klassifikationsmerkmals eingeschränkt werden, wie obenstehend erläutert. Ferner kann die Suche nach bekannten Messobjekten auch dorthingehend eingeschränkt werden, dass nur bekannte Messobjekte für einen Vergleich herangezogen werden, für die ein auf dem Messroboter **100** (gemäß **Fig. 1**) ausführbares Messprogramm existiert.

[0044] Zur Auffindung eines möglichst ähnlichen Messobjekts werden verschiedene Merkmale (hierin auch als Vergleichsmerkmale bezeichnet) des neuen Messobjekts **500** bestimmt und mit den entsprechenden Merkmalen der bereits bekannten Messobjekte bzw. Vergleichsobjekte **401–407** verglichen, wozu die Merkmale der bereits bekannten Messobjekte **401–407** bspw. in einer Datenbank hinterlegt sind. Die hier für diesen Merkmalsvergleich herangezogenen Merkmale sind die Abmaße des Hüllkörpers bzw. der Bounding Box (BB), die Seitenverhältnisse der Bounding Box, die Position des Messobjekt-Schwerpunkts (SW) bezogen auf die Mitte der Bounding Box sowie die Fläche des Messobjekts. Die Tabelle 1 in **Fig. 4** veranschaulicht tabellarisch die zu diesen Merkmalen jeweils zugehörigen Merkmalswerte. Wohl bemerkt kann es sich bei den in Tabelle 1 der **Fig. 4** angegebenen Werten teilweise um gerundete Werte handeln, was bei Folgeberechnungen zu Rundungsungenauigkeiten führen kann.

[0045] Die Merkmalswerte des neuen Messobjekts **500** werden jeweils zu den entsprechenden Merkmalswerten der vorhandenen Messobjekte bzw. Vergleichsobjekte **401–407** ins Verhältnis gesetzt, indem die Ist-Merkmalswerte der Vergleichsobjekte **401–407** durch die Soll-Merkmalswerte des neuen Messobjekts **500** dividiert werden. Die errechneten Werte werden anschließend durch Multiplikation mit einem Gewichtungsfaktor gewichtet. Die Tabelle 2 in **Fig. 4** zeigt die hier verwendeten Gewichtungsfaktoren. Die so gebildeten Vergleichswerte für die einzelnen Vergleichsmerkmale sind in Tabelle 3 der **Fig. 4** wiedergegeben.

[0046] Aus den in Tabelle 3 der **Fig. 4** wiedergegebenen Vergleichswerten wird für jedes bekannte Messobjekt bzw. Vergleichsobjekte (**Fig. 3b** bis **Fig. 3h**) ein Kennwert für die Ähnlichkeit bzw. Übereinstimmung mit dem neuen Messobjekt **500** berechnet, wozu aus den einzelnen Vergleichswerten ein arithmetischer Mittelwert berechnet wird (wobei die

Gewichtungsfaktoren gemäß Tabelle 2 bei der Mittelwertbildung entsprechend berücksichtigt werden). Die Tabelle 4 der **Fig. 4** zeigt für jedes bekannte Messobjekt bzw. Vergleichsobjekt **401–407** die auf diese Weise gebildeten Kennwerte für die Ähnlichkeit bzw. Übereinstimmung mit dem neuen Messobjekt **500**. Das Ergebnis des Merkmalsvergleichs ist somit ein Kennwert für die Ähnlichkeit bzw. Übereinstimmung für jedes bereits vorhandene bzw. bekannte Messobjekt **401–407** mit dem neuen Messobjekt **500**.

[0047] Jenes Messobjekt bzw. Vergleichsobjekt, dessen Kennwert für die Ähnlichkeit bzw. Übereinstimmung den geringsten Abstand zu einem bestimmten Vorgabewert, in diesem Fall zur Zahl 1, aufweist, ist das Messobjekt mit der größtmöglichen Ähnlichkeit zum neuen Messobjekt **500**. Demnach weist das vorhandene Messobjekt **403** gemäß **Fig. 3d** (innere Frontklappe, jedoch eines anderen Fahrzeugtyps) die höchste Ähnlichkeit bzw. die beste Übereinstimmung mit dem neuen Messobjekt **500** gemäß **Fig. 3a** auf, so dass dessen Messprogramm mit oder ohne Anpassung als Messprogramm für das neue Messobjekt **500** übernommen wird. Dies ist in **Fig. 3** durch den Doppelpfeil veranschaulicht.

[0048] Ferner kann anhand der gebildeten bzw. berechneten Kennwerte auch eine Rangfolge der Ähnlichkeit der bekannten Messobjekte **401–407** zum neuen Messobjekt **500** gebildet werden. Je näher der Kennwert an der Zahl 1 liegt, desto höher ist der Rang und desto größer ist die Ähnlichkeit bzw. die Übereinstimmung mit dem neuen Messobjekt **500**. Die Rangfolge ist ebenfalls in Tabelle 4 der **Fig. 4** mit den Rangziffern bzw. Rangwerten 1 bis 7 angegeben. Auf diese Weise können weitere vorhandene Messobjekte ermittelt werden, die dem neuen Messobjekt **500** ähnlich sind und deren Messprogramme als Alternativen in Betracht kommen.

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 102005037837 A1 [0007]
- US 2007/0142973 A1 [0007]

Patentansprüche

1. Verfahren zur erstmaligen Erstellung eines Messprogramms für die Messung eines neuen Messobjekts (**500**) mit einem Messroboter (**100**), wobei der Messroboter (**100**) wenigstens einen berührungslosen Messsensor (**200**) aufweist und dieser Messsensor (**200**) mit dem vom Messprogramm gesteuerten Messroboter (**100**) in verschiedene Positionen (A, B, C) relativ zu dem Messobjekt (**500**) bewegt werden soll, **dadurch gekennzeichnet**, dass für das zu erstellende Messprogramm auf ein bereits vorhandenes Messprogramm zurückgegriffen wird, welches für ein bekanntes Messobjekt (**403**) existiert, dass dem neuen Messobjekt (**500**) möglichst ähnlich ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Suche nach einem möglichst ähnlichen Messobjekt (**403**) im Wesentlichen automatisch erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Auffindung eines möglichst ähnlichen Messobjekts (**403**) verschiedene Merkmale des neuen Messobjekts (**500**) bestimmt und in einem Vergleich mit den entsprechenden Merkmalen bereits bekannter Messobjekte (**401–407**) verglichen werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eines der folgenden Merkmale für den Vergleich herangezogen wird:

- verschiedene absolute Koordinaten des neuen Messobjekts (**500**) in einem bestimmten Koordinatensystem;
- Abmaße und/oder Seitenverhältnis des zum neuen Messobjekt (**500**) gehörenden Hüllkörpers;
- Position des Schwerpunkts des neuen Messobjekts (**500**) in einem bestimmten Koordinatensystem und/oder in Bezug zum Hüllkörper;
- Lage und/oder Ausrichtung der Hauptrotationsachsen des neuen Messobjekts (**500**);
- Anzahl, Position und/oder Abmaße von Löchern und/oder Ausnehmungen im neuen Messobjekt (**500**);
- Fläche des neuen Messobjekts (**500**);
- Material und/oder Materialstärke des neuen Messobjekts (**500**).

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Suche nach bekannten Messobjekten (**401–407**), die für den Vergleich herangezogen werden sollen, durch Vorgabe wenigstens eines Klassifikationsmerkmals eingeschränkt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 3, 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus dem Vergleich zwischen dem neuen Messobjekt (**500**) und den bekannten Messobjekten (**401–407**) für jedes bekannte Messob-

jekt ein Kennwert für die Ähnlichkeit mit dem neuen Messobjekt (**500**) bestimmt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass unter den bekannten Messobjekten (**401–407**) genau jenes als möglichst ähnliches Messobjekt (**403**) ausgewählt wird, dessen Kennwert den geringsten Abstand zu einem bestimmten Vorgabewert aufweist.

8. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche und insbesondere nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Messprogramm des ähnlichsten Messobjekts (**403**) als Messprogramm für das neue Messobjekt (**500**) übernommen wird, wobei eventuell noch eine Anpassung an das neue Messobjekt (**500**) erfolgen kann.

9. Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der berührungslose Messsensor (**200**) ein optischer Messsensor ist.

10. Programmiersystem umfassend wenigstens einen Computer und wenigstens eine auf diesem Computer ausführbare Software zur erstmaligen Erstellung eines Messprogramms für die Messung eines neuen Messobjekts (**500**) gemäß einem Verfahren nach einem der vorausgehenden Ansprüche.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

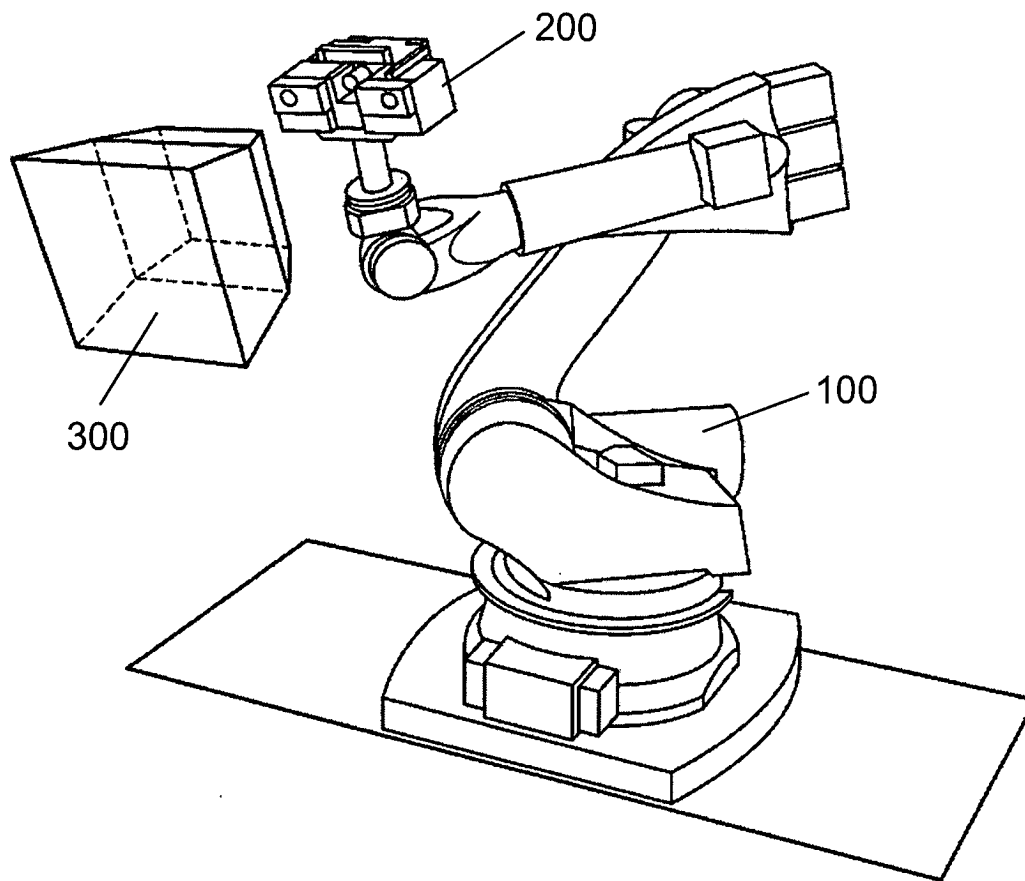


Fig. 1

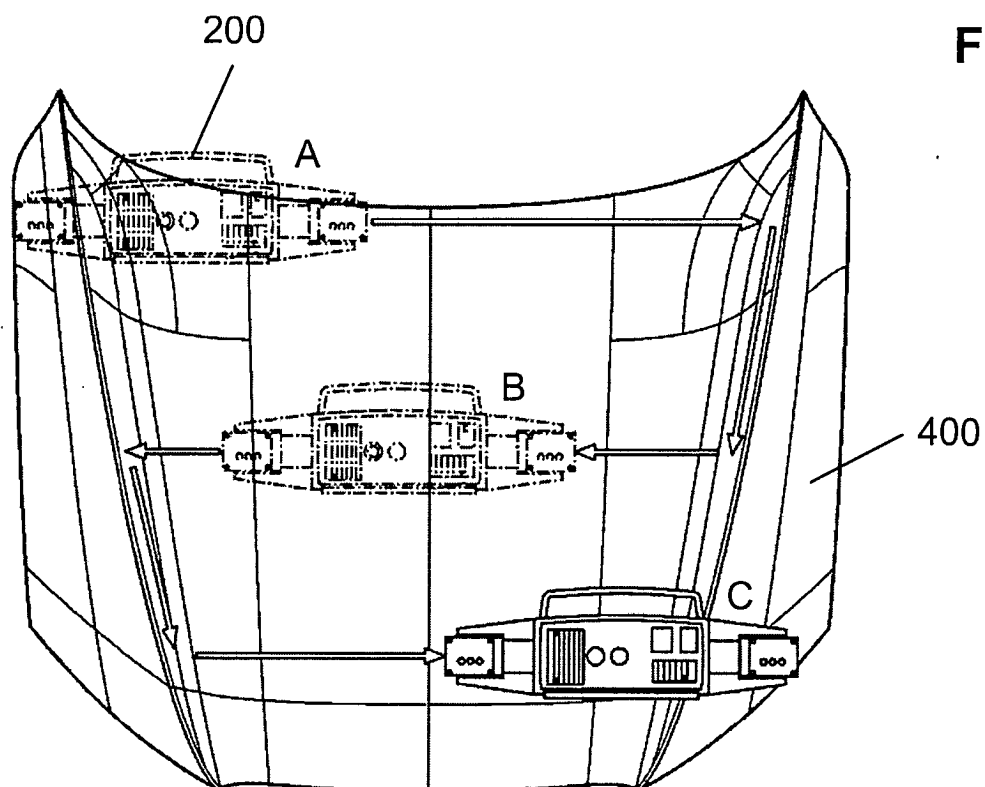


Fig. 2

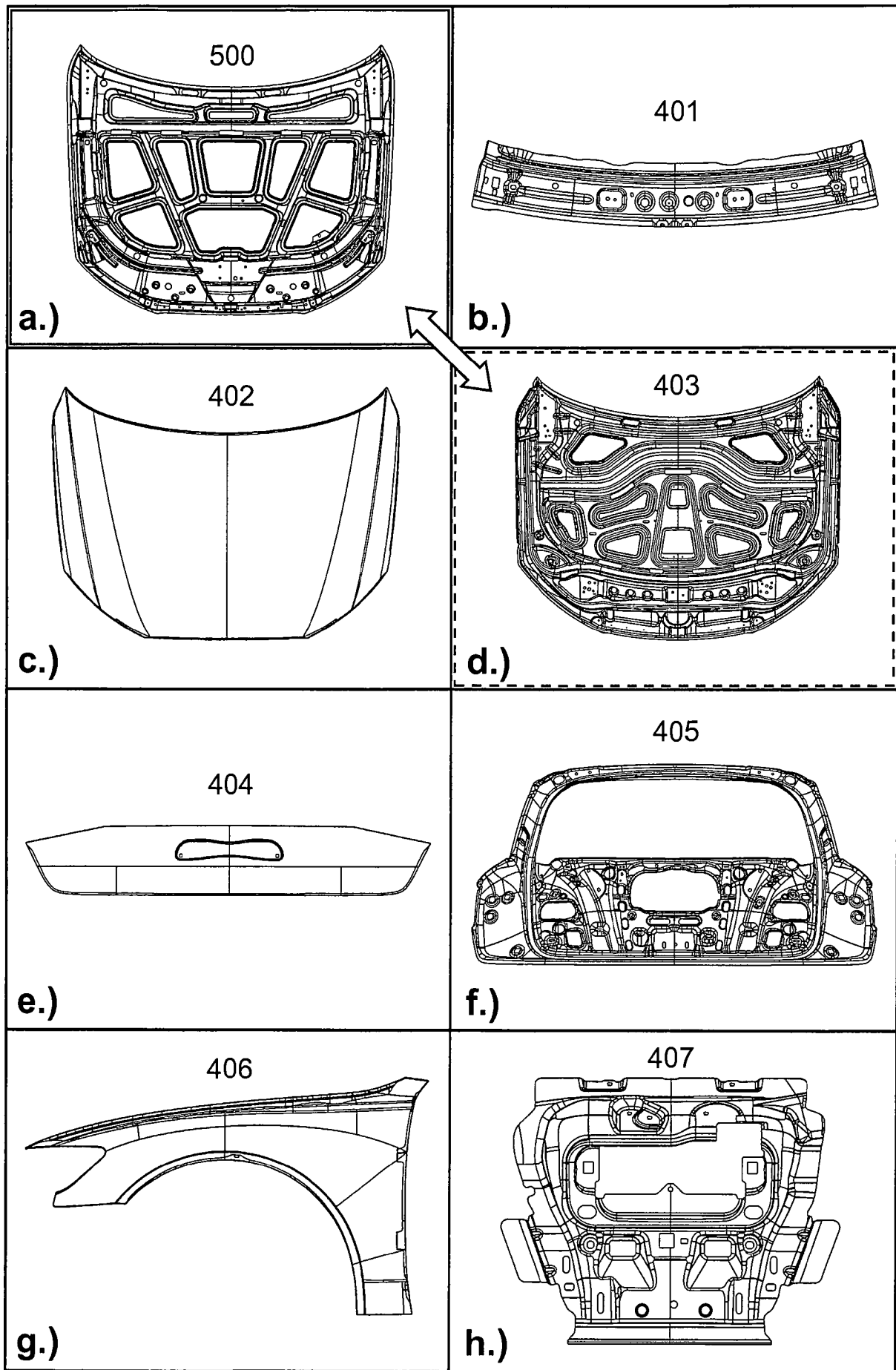


Fig. 3

Tabelle 1

	Abmaße der BB (AABB)			Seitenverhältnis der BB			Abstand SW von BB-Mitte			Fläche
	1	2	3	1:2	2:3	1:3	1	2	3	
	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	
Neues Messobjekt:										
500 (Fig. 3a)	1601,3	1300,8	291,3	1,2	4,5	5,5	27,7	-0,7	-53,3	2,999
Bekannte Messobjekte:										
401 (Fig. 3b)	1109,4	231,0	79,8	4,8	2,9	13,9	0,0	-0,6	-10,3	0,431
402 (Fig. 3c)	1621,1	1167,5	287,9	1,4	4,1	5,6	40,1	0	-39,7	3,359
403 (Fig. 3d)	1726,4	1375,0	303,7	1,3	4,5	5,7	34,3	0,0	-34,1	4,038
404 (Fig. 3e)	1128,4	191,1	101,0	5,9	1,9	11,2	1,1	0	0	0,457
405 (Fig. 3f)	1585,3	845,1	776,2	1,9	1,1	2,0	92,3	0,1	-46,1	2,151
406 (Fig. 3g)	1233,2	716,1	263,0	1,7	2,7	4,7	124,8	111	-44,1	0,942
407 (Fig. 3h)	478,7	371,0	155,8	1,3	2,4	3,1	6,7	5	-1,7	0,328

Tabelle 2

	Abmaße der BB (AABB)			Seitenverhältnis der BB			Abstand SW von BB-Mitte			Fläche
	1	2	3	1:2	2:3	1:3	1	2	3	
	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	
Gewichtungsfaktor	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1

Tabelle 3

	Abmaße der BB (AABB)			Seitenverhältnis der BB			Abstand SW von BB-Mitte			Fläche
	1	2	3	1:2	2:3	1:3	1	2	3	
	[mm]	[mm]	[mm]	[-]	[-]	[-]	[mm]	[mm]	[mm]	
401	1,39	0,36	0,55	3,90	0,65	2,53	0,00	0,86	0,19	0,14
402	2,02	1,80	1,98	1,13	0,91	1,02	1,45	0,00	0,74	1,12
403	2,16	2,11	2,09	1,02	1,01	1,03	1,24	0,00	0,64	1,35
404	1,41	0,29	0,69	4,80	0,42	2,03	0,04	0,00	0,00	0,15
405	1,98	1,30	5,33	1,52	0,24	0,37	3,33	-0,14	0,86	0,72
406	1,54	1,10	1,81	1,40	0,61	0,85	4,51	-158,57	0,83	0,31
407	0,60	0,57	1,07	1,05	0,53	0,56	0,24	-7,14	0,03	0,11

Tabelle 4

	Kennwert	Rang
401	0,812	3
402	0,936	2
403	0,973	1
404	0,757	5
405	1,194	4
406	-11,201	7
407	-0,183	6



Fig. 4