

(19)



(11)

EP 3 271 116 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
12.02.2020 Patentblatt 2020/07

(51) Int Cl.:
B25B 23/14^(2006.01) B25B 23/14^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16712766.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2016/055721

(22) Anmeldetag: **16.03.2016**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2016/146705 (22.09.2016 Gazette 2016/38)

(54) VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM VERSCHRAUBEN VON GEGENSTÄNDEN

DEVICE AND METHOD FOR SCREWING

DISPOSITIF ET PROCEDE DE VISSAGE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **17.03.2015 DE 102015103941**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.01.2018 Patentblatt 2018/04

(73) Patentinhaber: **Nexustec GmbH**
81377 München (DE)

(72) Erfinder: **BAUMGARTNER, Armin**
80995 München (DE)

(74) Vertreter: **HGF Europe LLP**
Neumarkter Str. 18
81673 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-2013/111387 US-A1- 2003 196 497
US-A1- 2011 023 280

EP 3 271 116 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Verschrauben von Gegenständen, insbesondere bei der Herstellung und/oder Montage von Fahrzeugen.

[0002] Bei der Herstellung bzw. der Montage von Kraftfahrzeugen ist heutzutage ein hoher Automatisierungsgrad erreicht. Insbesondere beim Verschrauben von Fahrzeugteilen wie etwa von Teilen der Karosserie oder des Fahrgestells, des Motors oder des Antriebstrangs ist eine hohe Zuverlässigkeit bei der Einhaltung des an der jeweiligen Verschraubungsstelle vorgeschriebenen Drehmoments von hoher Wichtigkeit. Derartige Verschraubungen werden oft in manueller Arbeit durch Fachkräfte ausgeführt. Dabei ist es bekannt, die Durchführung und insbesondere Überwachung des Verschraubungsvorgangs nach dem Vier-Augen-Prinzip durchzuführen. Dabei betätigt eine Person das Verschraubungswerkzeug wie etwa einen Drehmomentschlüssel mit aufgesetzter Nuss, und eine zweite Person beobachtet und protokolliert das am Werkzeug angezeigte Drehmoment. Eine solche Verfahrensweise ist ersichtlich mit einem hohen Personaleinsatz und den damit verbundenen Kosten belastet.

[0003] Ferner ist ein Schraubenschlüssel bekannt, der zur elektrischen Erfassung und Protokollierung des Drehmoments fähig ist. Damit kann eine Protokollierung der jeweils durchgeführten Verschraubungsfälle in ihrer Reihenfolge erreicht werden. Es ist damit jedoch nicht möglich, die protokollierten Verschraubungsfälle einem jeweiligen Verschraubungsort am Fahrzeug zuzuordnen. Damit im Nachhinein nachvollzogen werden kann, an welcher Stelle am Fahrzeug bzw. dem zu verschraubenden Gegenstand die jeweils protokollierten Drehmomente aufgetreten sind, ist auch hier eine manuelle Zuordnung, Aufzeichnung, Quittierung bzw. Protokollierung erforderlich.

[0004] Aus der Medizintechnik ist es gemäß einer Eigenentwicklung der Anmelderin bekannt, Eingriffe am Körper mit Video zu überwachen, wobei vorzugsweise mit Infrarotbildern gearbeitet wird. Bei diesem System werden über MIP-Punkte ISO-Oberflächen aufgespannt, die gegeneinander überlagert werden. Für das System ist eine registrierte Videoüberlagerung von Realbildern und "Konstruktionsdaten" nötig. Markierungen am Werkzeug erleichtern dabei die Zuordnung und das Nachvollziehen der vorgenommenen Operationsschritte.

[0005] Aus der DE 10 2010 032 553 A1 geht eine Vorrichtung zum Überwachen von Drehmoment- und Verbindungsbedingungen während des Fertigungsprozesses in der Automobilindustrie hervor. Diese Vorrichtung weist einen Rotationssensor auf, der einen Projektor zum Projizieren eines vorbestimmten Musters und einen Bildwandler 66 bzw. Kamera aufweist. Hiermit werden dreidimensionale Daten erzeugt, so dass eine Überwachung der von einem mechanischen Befestigungsmittel zurückgelegten Rotationsdistanz möglich ist. Eine Befesti-

gungseinrichtung wird anhand dieser visuellen Informationen und/oder von Drehmomentdaten und/oder von Verbindungsdaten entsprechend angesteuert.

[0006] Die DE 10 2012 003 809 A1 betrifft ein System, mit welchem das Drehmoment, das zum Öffnen eines Kunststoff-Schraubverschlusses einer Flasche notwendig ist, berührungslos ermittelt wird. Dies erfolgt durch Detektieren entsprechender Marken mittels einer Kamera.

[0007] In der EP 1 963 786 B1 ist ein System zum Verfassen einer Position eines Objektes beschrieben. Hierbei werden die Objekte optisch erfasst.

[0008] Aus der US 2008/0115589 A1 geht ein Drehmomentschlüssel hervor, der eine Drehmoment-Messeinrichtung aufweist. Dieses System weist weiterhin eine Kamera und einen sichtbaren Zeiger auf. Der sichtbare Zeiger ist beispielsweise ein Lichtsignal, das eine bestimmte Verbindung markiert, die mit dem Drehmomentschlüssel angezogen werden soll. Mit der Kamera kann die angezogene Verbindung aufgenommen werden und daraus automatisch ermittelt werden, welche Verbindung als nächstes anzuziehen ist, so dass dem Benutzer eine exakte Reihenfolge vorgegeben wird. Weiterhin können auch Informationen über die einzelnen Verbindungen gespeichert werden.

[0009] Aus der US 2008/0061145 A1 geht ein Verbindungswerkzeug, wie z. B. ein Schraubendreher, hervor, mit welchem Verbindungsteile verbunden werden können. Den Verbindungsteilen ist eine Markierung zugeordnet. Das Werkzeug weist eine Leseeinrichtung auf, die diese Markierung erfassen kann. Die Markierung kann beispielsweise ein Barcode sein. Diese Information kann mit entsprechenden Informationen einer Datenbank verglichen werden.

[0010] In der US 2014/0137669 A1 ist ein Drehmomentbestimmungssystem beschrieben, das aus vorbestimmten Winkelstellungen das entsprechende Drehmoment ermittelt. Die Winkelstellungen können mit einem Röntgensystem erfasst werden.

[0011] In der DE 10 2013 017 007 A1 ist ein Roboter offenbart, bei dem der mit dem Roboter ausgeübte Kraft- und Drehmomenteintrag bestimmt werden kann. Ein weiteres Beispiel ist in WO 2013/111387 offenbart.

[0012] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Verschrauben von oder an Gegenständen, insbesondere bei der Herstellung bzw. Montage von Fahrzeugen, zu schaffen, die es ermöglichen, die jeweils aufgebrachten Drehmomente unter Zuordnung zu den jeweils abgearbeiteten Verschraubungsorten mit geringerem Personalaufwand und ohne Veränderungen am zu verschraubenden Gegenstand zuverlässig zu protokollieren.

[0013] Die vorstehende Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche 1 und 12 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen und bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung bilden den Gegenstand der Unteransprüche.

[0014] Die vorliegende Erfindung geht von der Grun-

didee aus, einen Arbeitsbereich mit dem zu verschraubenden Gegenstand und einer Werkzeugeinheit die zum Schrauben von Schraubverbindungselementen ausgebildet ist, durch eine Bildaufnahmeeinheit zu überwachen und die aufgenommenen Bilder zu analysieren, um zumindest den Gegenstand und einen Verschraubungsort, an dem eine Verschraubung vorgenommen wird, zu erkennen und automatisch ein Protokoll zu erzeugen, in welchem der erkannte Gegenstand und Verschraubungsort sowie ein bei der Verschraubung aufgebrachtes und erfasstes Drehmoment bzw. ein ausgeübter Drehwinkel miteinander in Bezug gebracht werden. Wahlweise können die Datensätze des Protokolls, die im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung als Protokolltupel bezeichnet werden, auch Daten, welche die ebenfalls durch Bildanalyse erkannte Werkzeugeinheit wiedergeben, und/oder einen Zeitstempel, der eine Zeit, an welcher das Drehmoment bzw. der Drehwinkel aufgebracht wurde, und/oder anhand eines Arbeitsplans erzeugte Vorgaben hinsichtlich eines Verschraubungsorts an dem Gegenstand und/oder eines Schraubfalls und/oder einer Werkzeugauswahl aufweisen. Die Protokolltupel können auch zur Überwachung des Verschraubungsvorgangs, zur Überprüfung des Verschraubungserfolgs- und/oder Fortschritts, zur Rückmeldung von Vorgaben und/oder Überprüfungsergebnissen an einen Benutzer und zur Führung des Benutzers verwendet werden. Rückmeldungen können durch optische und/oder akustische Signalisierung und/oder Bildanzeige erfolgen.

[0015] Bevorzugt werden die Protokolltupel erst dann gesichert, wenn festgestellt wurde, dass die Werkzeugeinheit von der Verschraubungsstelle entfernt wurde; und/oder die erfassten Daten hinsichtlich des Gegenstands und des Verschraubungsorts und des aufgebrachten Drehmoments bzw. des ausgeführten Drehwinkels, vorzugsweise auch hinsichtlich der Werkzeugeinheit, mit Vorgaben übereinstimmen; und/oder ein abgearbeiteter Schraubfall durch einen Benutzer quittiert wird. Eine Sicherung kann beispielsweise, aber nicht nur, als Ausdruck, dauerhafte Speicherung in einem nichtflüchtigen Speicher oder Datenträger, Übertragung an eine entfernte Verwaltungsstelle, etc. erfolgen. Das erfasste und in dem Protokolltupel, insbesondere in dem gesicherten Protokolltupel, enthaltene Drehmoment ist vorzugsweise ein maximales an dem Verschraubungsort aufgebrachtes Drehmoment.

[0016] Das Erkennen des Gegenstands kann auch anhand der Punkte erfolgen, die einen bestimmten Körper beschreiben, der Bestandteil des Gegenstandes ist. Die Punkte dieses Körpers stellen somit Referenzpunkte dar. Es sind unterschiedliche Algorithmen bekannt, mit welchen aus räumlichen Bildern, das heißt Bildern, die dreidimensionale Informationen über die erfassten Gegenstände umfassen, einzelne Körper extrahiert und mit einem Datenmodell beschrieben werden.

[0017] Das Bestimmen bzw. Erkennen des Gegenstandes erfolgt vorzugsweise durch Vergleichen der Re-

ferenzpunkte mit den entsprechenden Punkten in einem dreidimensionalen Modell des Gegenstandes.

[0018] Ein solches Modell kann aus Konstruktionsdaten abgeleitet werden. Vorzugsweise wird ein solches Modell des Gegenstandes jedoch in einem leeren Lernprozess erstellt, in dem mehrere räumliche Aufnahmen mit der Bildaufnahmeeinheit erstellt werden. Das Modell wird dann aus diesen räumlichen Aufnahmen erzeugt, indem diese Aufnahmen übereinander gelagert und abgeglichen werden. Ein solches von den räumlichen Bildern bzw. Aufnahmen abgeleitete Modell beschreibt den Gegenstand in einer Art und Weise, die den räumlichen Bildern, die im späteren Betrieb mit der Bildaufnahmeeinheit erfasst werden, sehr ähnlich ist.

[0019] Die Verwendung einer Stereokamera zur Erzeugung derartiger räumlicher Bilder des Gegenstandes und der Vergleich mit einem dreidimensionalen Modell des Gegenstandes erlaubt es, die Stereokamera mit unterschiedlichen Blickrichtungen auf den Gegenstand zu richten und trotzdem einen zuverlässigen Abgleich mit dem Modell zu erzielen, wodurch der Gegenstand und dessen Position im Koordinatensystem der Stereokamera zuverlässig erfasst werden kann, auch wenn aus unterschiedlichen Blickrichtungen die räumlichen Bilder vom Gegenstand erfasst werden.

[0020] Als eine Werkzeugeinheit im Sinne der Erfindung kann jedwedes Verschraubungswerkzeug verstanden werden, das es ermöglicht, ein beim Verschrauben aufgebrachtes Drehmoment zu erfassen, zu messen, anzuzeigen, zu erkennen etc. Insbesondere kann die Werkzeugeinheit als sogenannter Drehmomentschlüssel ausgestaltet sein, der eine Hebeleinheit mit einer Werkzeugaufnahme aufweist, wobei in bzw. an der Werkzeugaufnahme ein auswechselbares Werkzeug aufgenommen bzw. aufnehmbar ist. Das auswechselbare Werkzeug kann etwa eine sogenannte Nuss oder ein sogenannter Bit, mit oder ohne Verlängerung, sein und ist für einen jeweiligen Schraubfall an das zu schraubende Schraubverbindungselement angepasst bzw. anpassbar. Weitere Beispiele für geeignete Werkzeugeinheiten sind beispielsweise, aber nicht nur, ein Schraubendreher oder ein Schlagschrauber.

[0021] Die Anzeige des Drehmoments kann beispielsweise, aber nicht nur, durch eine optische Anzeige wie etwa einen Zeiger, eine Skala, eine Uhr oder eine Digitalanzeige und/oder und durch Sensieren und Übertragen von Messdaten, erfolgen. Dabei werden zur Erfassung des Drehmoments im letzteren Fall die Sensordaten an eine Datenverarbeitungseinheit drahtlos oder leitungsgebunden übertragen und dort ausgewertet, und wird im ersteren Fall das durch die Bildaufnahmeeinheit gelieferte Bild auch dahin ausgewertet, das durch die optische Anzeige angezeigte Drehmoment zu erkennen. Zum Sensieren des Drehmoments kann ein entsprechender Sensor vorgesehen sein. Die Drehvorgabenausgabeeinrichtung ist vorzugsweise in bzw. an der Hebeleinheit angeordnet

[0022] In bevorzugten Ausführungsformen tragen die

Werkzeugeinheit, insbesondere die Hebeleinheit und/oder das auswechselbare Werkzeug, eine Identifikationsmarkierung. Die Identifikationsmarkierung kann beispielsweise, aber nicht nur, einen Strichkode, einen Farbcode, einen 2D-Barcode und/oder eine Lochmarkierung, aufweisen. Die Identifikationsmarkierung ermöglicht es, die Werkzeugeinheit anhand der Identifikationsmarkierung zu erkennen. Die Identifikationsmarkierung kann an einer auswechselbaren Markierungseinheit angebracht sein, welche an geeigneter Stelle an der Werkzeugeinheit angebracht bzw. anbringbar ist.

[0023] Eine Trägereinheit, welche wenigstens die Bildaufnahmeeinheit trägt, kann vorzugsweise in Form eines Brillengestells, einer Schutzbrille, eines Schutzhelms, eines Stirbands oder Teil eines Kleidungsstücks wie etwa einer Schulterklappe, eines Kragens oder eines Gürtels ausgebildet sein oder Befestigungselemente zur Anbringung an einer Brille, einer Schutzbrille, einem Schutzhelm, einem Stirmband oder an einem Kleidungsstück wie etwa an einer Schulterklappe, einem Kragen, einem Gürtel aufweisen. Damit kann ein Verwender die Bildaufnahmeeinheit am Körper tragen. Wenn die Bildaufnahmeeinheit am Kopf getragen wird, folgt eine Bilderfassung in vorteilhafter Weise den Kopfbewegungen des Verwenders.

[0024] Vorzugsweise ist die Bildaufnahmeeinheit ausgebildet, um ein räumliches Bild zu erzeugen. Hierzu weist die Bildaufnahmeeinheit insbesondere eine erste Bilderfassungseinheit und eine zweite Bilderfassungseinheit, die räumlich getrennt voneinander angeordnet sind, auf.

[0025] Es versteht sich, dass das Verfahren für eine Vielzahl von Verschraubungsorten bzw. Schraubfällen wiederholt werden kann.

[0026] Die Erkennung des Gegenstands erfolgt vorzugsweise anhand vorgegebener, ortsunveränderlicher erster Erkennungspunkte an dem Gegenstand, wobei die ersten Erkennungspunkte durch Vergleich mit einem vorab gespeicherten Modell des Gegenstands erkannt werden, und wobei die ersten Erkennungspunkte vorzugsweise dem Gegenstand immanent sind. Die Erkennung des Verschraubungsorts erfolgt vorzugsweise anhand vorgegebener, ortsunveränderlicher zweiter Erkennungspunkte an der Werkzeugeinheit, wobei die zweiten Erkennungspunkte durch Vergleich mit einem vorab gespeicherten Modell der Werkzeugeinheit erkannt werden, wobei die zweiten Erkennungspunkte vorzugsweise der Werkzeugeinheit immanent sind. Dabei kann das Modell jeweils aus Konstruktionsdaten wie etwa CAD-Daten abgeleitet oder durch vorheriges Anlernen erzeugt werden.

[0027] Das Bild ist ein räumliches Bild, welches durch zwei räumlich getrennte Bilderfassungseinheiten (=Stereokamera) aufgenommen wird. Dabei kann zur Erkennung des Gegenstands eine durch die relative räumliche Lage der zwei Bilderfassungseinheiten definierte Geometriereferenz verwendet werden.

[0028] Weitere Merkmale, Aufgaben, Vorteile und Wir-

kungen der vorliegenden Erfindungen werden aus der nachstehenden Beschreibung spezieller Ausführungsbeispiele ersichtlich werden. Zur Veranschaulichung der Ausführungsbeispiele wird auf die beigelegte Zeichnung Bezug genommen. Dabei ist:

Fig. 1 ein Blockschaubild zur Veranschaulichung einer Vorrichtung zum Verschrauben von Gegenständen gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 eine Ansicht einer Werkzeugeinheit, die in dem Ausführungsbeispiel verwendet werden kann;

Fig. 3 eine räumliche Ansicht einer auswechselbaren Markierungseinheit zum Anbringen einer Identifikationsmarkierung an der Werkzeugeinheit von Fig. 2;

Fig. 4 eine räumliche Ansicht einer Bildaufnahmeeinheit mit einer Trägereinheit gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 5 eine räumliche Ansicht einer Bildaufnahmeeinheit mit einer Trägereinheit gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 6 eine Ansicht einer Bildaufnahmeeinheit mit einer Trägereinheit gemäß einem noch weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 7 eine schematische Darstellung einer Verschraubungssituation zur Veranschaulichung eines Verfahrens zum Verschrauben von Gegenständen gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

Fig. 8 ein Prinzipschaubild, welches ausgewählte Punkte in der in Fig. 7 gezeigten Situation in einem Koordinatensystem schematisch darstellt;

Fig. 9 ein Blockschaubild zur Veranschaulichung des Verfahrens zum Verschrauben von Gegenständen gemäß der vorliegenden Erfindung;.

Figur 10 eine Markierungseinheit mit einem zweidimensionalen Barcode.

[0029] Die vorliegende Erfindung wird nun anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen ausführlich beschrieben werden. Dabei ist zu verstehen, dass die bildlichen Darstellungen rein schematisch und nicht notwendigerweise maßstabsgetreu sind. Ebenso ist darauf hinzuweisen, dass die Zeichnungen und die nachfolgende Beschreibung sich auf die zum Verständnis der Erfindung hilfreichen Merkmale konzentrieren, ohne dass dadurch der

Schutzbereich der vorliegenden Erfindung, der allein durch die beigefügten Ansprüche definiert ist, eingeschränkt werden soll.

[0030] Fig. 1 ist ein Blockschaubild, welches eine Vorrichtung zum Verschrauben von Gegenständen in einem Verschraubungsfall schematisch veranschaulicht. Zur Durchführung einer Verschraubung an einem Gegenstand 100 wird eine Vorrichtung verwendet, die mehrere Elemente aufweist, nämlich eine Werkzeugeinheit 200, eine Bildaufnahmeeinheit 300, eine Datenverarbeitungseinheit 400 und eine Bildausgabeeinheit 500.

[0031] Gemäß der Darstellung in Fig. 1 weist der Gegenstand 100 eine Mehrzahl von Referenzpunkten 110 sowie einen Verschraubungsort 120 auf. Die Referenzpunkte 110 sind unveränderliche Erkennungspunkte an dem Gegenstand 100, die durch die Konstruktion des Gegenstands 100 vorgegeben sind. Die Referenzpunkte 110 können auch die Punkte sein, die einen bestimmten Körper des Gegenstandes beschreiben. Vorzugsweise werden als Referenzpunkte auch diejenigen Punkte verwendet, die einen langgestreckten Körper beschreiben. Ein in einer Modelldatenspeichereinheit 440 gespeichertes Datenmodell, welches die Erkennung und räumliche Zuordnung der Referenzpunkte 110 am Gegenstand 100 aus einer räumlichen bildlichen Darstellung ermöglicht, wird nachstehend genauer beschrieben. Dieses Modell kann aus Konstruktionsdaten abgeleitet und/oder während eines Lernprozesses, bei dem mehrere räumliche Aufnahmen mit der Bildaufnahmeeinheit 300 erstellt werden, erzeugt werden. Vorzugsweise wird das Modell aus den mit der Bildaufnahmeeinheit 300 erfassten räumlichen Aufnahmen erzeugt, da ein solches Modell den im späteren Betrieb erfassten räumlichen Bildern sehr ähnlich ist. Die mehreren räumlichen Bildern werden zum Erzeugen des Modells einander überlagert und abgeglichen.

[0032] Der Verschraubungspunkt 120 ist durch einen Arbeitsplan vorgegeben und mit dem Verschraubungsfall verknüpft. Der Verschraubungsort 120, der in Fig. 1 dargestellt ist, ist vorzugsweise nur einer von vielen Verschraubungsorten, die gemäß dem Arbeitsplan abzuarbeiten sind. Ferner können mehr als drei Referenzpunkte an dem Gegenstand 100 definiert sein, zur räumlichen Orientierung sind jedoch mindestens drei Referenzpunkte 110 erforderlich, die vorzugsweise nicht auf einer Geraden liegen.

[0033] Der Verschraubungsort 120 kann sowohl im Modell als auch mit der Bildaufnahmeeinheit 300 erfassten räumlichen Bildern hinter einem Teil des Gegenstandes 100 versteckt sein. Zur automatischen Erkennung des Gegenstandes 100 genügt es, wenn die Referenzpunkte in dem erfassten Bild sichtbar sind. Ist der Gegenstand 100 identifiziert und seine Anordnung im Raum bzw. im Koordinatensystem der Bildaufnahmeeinheit 300 bekannt, dann können auch solche versteckten Verschraubungsorte 120 identifiziert werden.

[0034] Die Verschraubungsorte 120 und die Referenzpunkte 110 können während des Lernprozesses einge-

geben und in das zu erstellende Modell integriert werden. Hierbei kann der Arbeitsplan zum Lernen der Verschraubungsorte 120 abgearbeitet werden.

[0035] Zur Verschraubung an dem Gegenstand 100 ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel eine Schraube 150 vorgesehen. Gemäß der Darstellung in Fig. 1 wird zur Verschraubung eine Werkzeugeinheit 200 verwendet, die einen Drehmomentschlüssel und eine an die Schraube bzw. den Schraubenkopf der Schraube 150 angepasste Nuss 250 aufweist. Der Drehmomentschlüssel weist einen Hebelarm 210, einen Zapfen 220 zur Koppelung mit der Nuss 250 und eine Drehmomentanzeige 230 auf. An dem Hebelarm 210 ist eine Markierungseinheit 240 mit einer Identifikationsmarkierung angebracht. Die Identifikationsmarkierung ist so gestaltet, dass sie den Drehmomentschlüssel 200 eindeutig von anderen Werkzeugen unterscheidbar kennzeichnet und wird später anhand eines spezifischen Beispiels der Markierungseinheit 240 näher beschrieben. Der Drehmomentschlüssel wird als eine Werkzeugeinheit 200 im Sinne der vorliegenden Erfindung verstanden, wobei der Hebelarm 210 als eine Hebeleinheit, die Drehmomentanzeige 230 als eine Drehvorgabenausgabeeinrichtung, der Zapfen 220 als eine Werkzeugaufnahme und die Nuss 250 als ein auswechselbares Werkzeug verstanden wird. Der Zapfen 220 weist in an sich bekannter und üblicher Weise einen viereckigen Querschnitt auf, der mit einer viereckigen Vertiefung in der Nuss 250 zusammenpasst, und kann ein Federelement (nicht näher dargestellt) an einer Seite aufweisen, die mit einer seitlichen Innenwandung der Vertiefung in der Nuss 250 zusammenwirkt, um die Nuss 250 mit dem Zapfen 220 verliersicher, aber lösbar zu koppeln. Der Zapfen 220 kann ferner in einer Ratscheneinheit (nicht näher dargestellt) gelagert sein, was ein quasi-kontinuierliches Schrauben ohne wiederholtes Absetzen und Neu-Ansetzen des Werkzeuges ermöglicht.

[0036] Die Drehmomentanzeige 230 weist in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel eine optische Anzeige 232 sowie einen Funksender 234 auf, was sowohl ein visuelles Ablesen des aufgetragenen Drehmoments als auch eine Übertragung des Drehmoments in Form von Messwertdaten bzw. -signalen an einen entsprechend eingerichteten Funkempfänger ermöglicht. Alternativ kann anstelle eines Funksenders auch eine Kabelschnittstelle oder ein angesetztes Kabel vorgesehen sein, um Messwertdaten bzw. -signale kabelgebunden zu übertragen. Es ist darauf hinzuweisen, dass die vorliegende Erfindung auch nur mit einer der optischen Anzeige und des Funksenders bzw. der Kabelschnittstelle/des Übertragungskabels funktioniert. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung kommt es im Wesentlichen darauf an, das Drehmoment, das mit der Werkzeugeinheit beim Schrauben aufgebracht wird, in irgendeiner Form wahrnehmbar oder empfangbar auszugeben.

[0037] Anstelle des Drehmomentes kann auch der Drehwinkel einer Verschraubung erfasst werden. Das

Erfassen des Drehwinkels erfolgt durch Detektion der Werkzeugeinheit 200 in ihren unterschiedlichen Drehstellungen mittels der Bildaufnahmeeinheit 300 und entsprechender Auswertung durch die Datenverarbeitungseinheit 400. Es gibt Montagevorschriften, welche bei Verschraubungen ein bestimmtes Drehmoment oder einen bestimmten Drehwinkel oder auch eine Kombination von beiden vorschreiben. Beispielsweise gibt es Montagevorschriften, die bei Verschraubungen zunächst ein bestimmtes Drehmoment vorschreiben. Wenn dieses Drehmoment erreicht ist, dann muss die Verschraubung noch um einen vorbestimmten Winkel (z.B. 45° oder 90°) weiter verschraubt werden. Die Drehvorgabenausgabereinrichtung ist deshalb derart ausgebildet, dass sie sowohl ein Drehmoment als auch einen Drehwinkel vorgeben kann.

[0038] Gemäß der Darstellung in Fig. 1 weist die Bildaufnahmeeinheit 300 als wesentliche Bestandteile eine Kameraeinheit 310, eine Steuereinheit 320 und eine Funkschnittstelle 305 auf. Die Kameraeinheit 310 ist ausgebildet und ausgerichtet, um wenigstens einen Ausschnitt des Gegenstands 100 mit den Referenzpunkten 110 und dem Verschraubungsort 120 aufzunehmen, und liefert Bilddaten der aufgenommenen Bilder an die Steuereinheit 320. Die Steuereinheit 320 ist ausgebildet, um Bilddaten von der Kameraeinheit 310 zu empfangen und kann ausgebildet sein, um Steuerdaten an die Kameraeinheit 310 zu senden, um Aufnahmeparameter wie beispielsweise eine Fokussierung, eine Blende, eine Tiefenschärfe oder einen Bildausschnitt einzustellen. Die Steuereinheit 320 ist ferner mit der Funkschnittstelle 305 gekoppelt, und liefert dieser die von der Kameraeinheit 310 empfangenen Bilddaten so, dass die Funkschnittstelle 305 die aufgenommenen Bilddaten einer Gegenstelle bereitstellen kann.

[0039] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel weist die Bildaufnahmeeinheit 300 ferner einen Laserpointer 330 als eine Laser-Zeigevorrichtung, eine Lautsprechereinheit 340 als eine akustische Ausgabereinheit und eine Leuchtdiodeneinheit 350 als eine optische Ausgabereinheit auf. Der Laserpointer 330, die Lautsprechereinheit 340 und die Leuchtdiodeneinheit 350 sind datentechnisch mit der Steuereinheit 320 gekoppelt, wobei die Steuereinheit 320 ausgebildet ist, um Steuerdaten an den Laserpointer 330, die Lautsprechereinheit 340 und die Leuchtdiodeneinheit 350 auszugeben.

[0040] Gemäß der Darstellung in Fig. 1 weist die Datenverarbeitungseinheit 400 eine Funkschnittstelle 405, eine Steuereinheit 410, eine Bilddatenerfassungseinheit 420, eine Messdatenerfassungseinheit 430, eine Modelldatenspeichereinheit 440, eine Bildanalyseeinheit 450, eine Zeitgebereinheit 460, eine Protokolliereinheit 470, eine Arbeitsplan-Speichereinheit 480, eine Vorgabeeinheit 485 und eine Rückmeldungserzeugungseinheit 495 auf.

[0041] Wie in Fig. 1 gezeigt, ist die Funkschnittstelle 405 ausgebildet, um eine drahtlose Daten- bzw. Signalübertragungsverbindung mit der Drehvorgabenausga-

beeinrichtung 230 der Werkzeugeinheit 200 und der Funkschnittstelle 305 der Bildaufnahmeeinheit 300 zu etablieren und aufrecht zu erhalten. Die Steuereinheit 410 ist mit der Funkschnittstelle 405 gekoppelt und ist ausgebildet, um von der Bildaufnahmeeinheit 300 über die Funkschnittstelle 405 empfangene Bilddaten an die Bilddatenerfassungseinheit 420 zu liefern und von der Drehvorgabenausgabereinrichtung 230 über die Funkschnittstelle 405 empfangene Drehmomentdaten an die Messdatenerfassungseinheit 430 zu liefern sowie Rückmeldungsdaten von der Rückmeldungserzeugungseinheit 495 zu empfangen. Die Bilddatenerfassungseinheit 420 ist ausgebildet, um Bilddaten von der Steuereinheit 410 zu empfangen und gegebenenfalls temporär und/oder dauerhaft zu speichern und der Bildanalyseeinheit 450 bereitzustellen. Die Modelldatenspeichereinheit 440 ist ausgebildet, um Modelldaten, welche konstruktive und geometrischen Charakteristika des Gegenstands 100 mit dessen unveränderlichen Referenzpunkten (110, Fig.1), der Werkzeugeinheit 200 bzw. deren Identifizierungsmerkmale zu speichern und der Bildanalyseeinheit 450 bereitzustellen. Die Bildanalyseeinheit 450 ist ausgebildet, um den Gegenstand 100, die Werkzeugeinheit 200 und den Verschraubungsort 120 an dem Gegenstand 100 durch einen Vergleich der von der Bilddatenerfassungseinheit 420 gelieferten Bilddaten mit den von der Modelldatenspeichereinheit 440 gelieferten Modelldaten automatisch zu erkennen und Daten, welche den erkannten Verschraubungsort und vorzugsweise die erkannte Werkzeugeinheit wiedergeben, der Protokollerzeugungseinheit 470 bereitzustellen.

[0042] Die Messdatenerfassungseinheit 430 ist ausgebildet, um von der Steuereinheit 410 empfangene Drehmomentdaten und Drehwinkel zu erfassen, gegebenenfalls vorübergehend und/oder dauerhaft zu speichern und der Protokollerzeugungseinheit 470 bereitzustellen.

[0043] Die Protokollerzeugungseinheit 470 ist ausgebildet, aus den von der Bildanalyseeinheit 450 gelieferten Daten bezüglich des Verschraubungsorts und vorzugsweise der erkannten Werkzeugeinheit, den von der Messdatenerfassungseinheit 430 gelieferten Drehmomentdaten/Drehwinkel und von der Zeitgebereinheit 460 gelieferten Zeitstempeln jeweilige Protokolltupel zu erzeugen, einem Protokollspeicher 275 zur Sicherung zuzuführen und der Überprüfungseinheit 490 bereitzustellen. Die von der Protokollerzeugungseinheit 470 erzeugten Protokolltupel können ferner Vorgabedaten beinhalten, die von der Vorgabeezeugungseinheit 485 geliefert werden. Die Vorgabeezeugungseinheit 485 ist ausgebildet, um anhand eines der Arbeitsplanspeichereinheit 480 entnommenen Arbeitsplans Vorgabedaten zu erzeugen und diese der Protokollerzeugungseinheit 470 und der Überprüfungseinheit 490 bereitzustellen. Zur Synchronisierung mit dem tatsächlichen Arbeitsablauf kann die Vorgabeezeugungseinheit 485 auch mit der Zeitgebereinheit 460 und der Bildanalyseeinheit 450 gekoppelt sein. So kann die Vorgabee-

zeugungseinheit 485 beispielsweise anhand eines von der Zeitgebereinheit 460 gelieferten Zeit an einem Arbeitstakt orientierte Vorgabedaten erzeugen oder kann anhand eines von der Bildanalyseeinheit 450 gelieferten Verschraubungsort flexibel an eine individuell gewählte Arbeitsreihenfolge angepasste Vorgabedaten liefern.

[0044] Die Überprüfungseinheit 490 ist ausgebildet, die (noch nicht gesicherten) Protokolltupel p dahin zu überprüfen, ob die von der Vorgabeerzeugungseinheit 485 gelieferten Vorgaben erreicht sind oder nicht, und ein entsprechendes Überprüfungsergebnis der Rückmeldungserzeugungseinheit 495 bereitzustellen. Die Sicherung der Protokolltupel p in dem Protokollspeicher 475 kann an die Bedingung geknüpft sein, dass die von der Vorgabeerzeugungseinheit 485 gelieferten Vorgaben zumindest hinsichtlich des Verschraubungsorts und des erfassten Drehmoments bzw. erfassten Drehwinkels erreicht sind. Die Sicherung des Protokolltupels p kann auch durch manuelle Quittierung durch einen Verwender ausgelöst werden. Ferner kann eine Sicherung eines Protokolltupels p bei Abbruch des Verschraubungsvorgangs, etwa wenn das Werkzeug von der Schraube 150 abgesetzt wird, automatisch erfolgen.

[0045] Die Rückmeldungserzeugungseinheit 495 ist ausgebildet, von der Protokollerzeugungseinheit 470 gelieferte Protokolltupel, und von der Vorgabeerzeugungseinheit 485 gelieferte Vorgabedaten und von der Überprüfungseinheit 490 gelieferte Überprüfungsergebnisse zu empfangen, hieraus eine Rückmeldung zu erzeugen und diese der Steuereinheit 410 bereitzustellen. Die Steuereinheit 410 ist ferner ausgebildet, um von der Rückmeldungserzeugungseinheit 495 empfangene Rückmeldungen über die Funkschnittstelle 405 der Bildaufnahmeeinheit 300 sowie einer nachstehend zu beschreibenden Bildausgabereinheit 500 bereitzustellen.

[0046] Die Steuereinheit 320 der Bildaufnahmeeinheit 300 kann ausgebildet sein, um über die Funkschnittstelle 305 von der Datenverarbeitungseinheit 400 empfangene Rückmeldungen in Steuersignale an den Laserpointer 330, die Lautsprechereinheit 340, die Leuchtdiodeneinheit 350 und/oder die Kameraeinheit 310 umzusetzen. Daraufhin kann beispielsweise über die Lautsprechereinheit 340 die Rückmeldung in akustischer Form ausgegeben werden, kann über die Leuchtdiodeneinheit 350 ein optisches Bestätigungs- oder Warnsignal ausgegeben werden und/oder kann die Kameraeinheit 310 Bildaufnahmeparameter ändern. Sofern die von der Rückmeldungserzeugungseinheit 495 erzeugte Rückmeldung Vorgabedaten enthält, kann auch die Laserpointerereinheit 330 einen auf den zu bearbeitenden Verschraubungsort 120 gerichteten Laserstrahl erzeugen, um eine Person an den entsprechenden Verschraubungsort 120 zu leiten.

[0047] Die vorstehend erwähnte Bildausgabereinheit 500 ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel als ein Tablet-PC vorgesehen, der eine Funkschnittstelle 510, eine Bildschirmereinheit 520 und eine Lautsprechereinheit 530 aufweist. Anhand der über die Funkschnittstelle 510

empfangenen Rückmeldung können, wie vorliegend dargestellt, Vorgabewerte für die zu wählende Schraube 150 sowie das hierfür vorgeschriebene Drehmoment (Anzugsmoment) ausgegeben werden.

[0048] Es versteht sich, dass das vorstehend beschriebene Prinzip viele Variationen und Optionen ermöglicht. Beispielsweise können eine grüne, eine rote und gegebenenfalls eine gelbe Leuchtdiode der Leuchtdiodeneinheit 350 der Bildaufnahmeeinheit 300 angesteuert werden, um ein Arbeitsergebnis einem Benutzer farbkodiert zu vermitteln. Beispielsweise kann das richtige Positionieren der Werkzeuginheit 200 durch eine gelbe Illuminierung und das richtige erreichte Anzugsmoment durch eine grüne Illuminierung angezeigt werden. Durch Flackern mit unterschiedlicher Frequenz in gelber Farbe kann beispielsweise eine Annäherung an das vorgeschriebene Anzugsmoment, durch Flackern in roter Farbe ein zu hoher Anzugsmoment signalisiert werden. Zusätzlich kann auf dem Bildschirm 520 der Bildausgabereinheit 500 der Arbeitserfolg durch eine Textnachricht oder eine farbliche Unterlegung angezeigt werden.

[0049] Ein Ausführungsbeispiel des Drehmomentschlüssels (Werkzeuginheit) 200 ist in Fig. 2 genauer dargestellt, und die Markierungseinheit 240 zur Verwendung an der Werkzeuginheit 200 ist in Fig. 3 dargestellt. Dabei ist Fig. 2 eine Draufsicht der Werkzeuginheit 200 (Drehmomentschlüssel), und Fig. 3 ist eine räumliche Ansicht der Markierungseinheit 240 in Form einer Manschette.

[0050] Wie in Fig. 2 gezeigt, ist die Drehmomentanzeige 230 in Form einer Digitalanzeige ausgeführt. Die Digitalanzeige der Drehmomentanzeige 230 ist durch die Kameraeinheit 310 der Bildaufnahmeeinheit 300 (Fig. 1) gut erkennbar. Die Markierungseinheit 240 ist an der Hebeleinheit 210 nahe der Werkzeugaufnahme 220 angebracht. Alternativ zu einer Digitalanzeige kann das aufgebrachte Drehmoment auch durch ein Zeigerinstrument oder einen sich mit der Hebeleinheit 210 nicht mitverformenden Ausleger, gegebenenfalls in Verbindung mit einer an dem Hebelarm 210 angebrachten Skala, die sich bei Verformung des Hebelarms 210 an dem Ausleger entlang bewegt bzw. verschiebt, oder jeder andere geeignete optische Darstellungsweise angezeigt werden.

[0051] Wie in Fig. 3 gezeigt, ist die Markierungseinheit 240 in Form einer zweischaligen Manschette mit einem Oberteil 242 und einem Unterteil 243, die durch eine Reihe von Schrauben 244 verbunden sind, um die Markierungseinheit 240 an den Hebelarm 210 festzuklemmen, ausgebildet.

[0052] Die Markierungseinheit 240 trägt ferner eine Identifikationsmarkierung in Form einerseits eines Strichcodes 246 und andererseits einer Lochmarkierung bzw. Lochkodierung 248. Beide Markierungsarten sind durch die Kameraeinheit 310 der Bildaufnahmeeinheit 300 gut ablesbar.

[0053] Fig. 10 zeigt eine alternatives Beispiel einer etwa rechteckförmigen Markierungseinheit 240, mit einem zweidimensionalen Barcode 247 zum Kodieren einer

Identifikationsnummer für das jeweilige Werkzeug und an den Ecken mit jeweils einer Positionsmarke 248, anhand derer die Position des Werkzeuges im Raum bzw. im Koordinatensystem der Bildaufnahmeeinheit erfassbar ist. Der zweidimensionale Code ist um eine Mittellinie gespiegelt. Anhand der Positionsmarken 248 kann die Position des Werkzeuges im dreidimensionalen Koordinatensystem der Kamera einfach bestimmt werden.

[0054] Diese Markierungseinheit 240 kann mit einem herkömmlichen Drucker ausgedruckt werden. Die Markierungseinheit 240 wird dann auf die Werkzeugeinheit 200, insbesondere den Hebelarm 210, geklebt.

[0055] Nach dem Befestigen der Markierungseinheit 240 an der Werkzeugeinheit 200 wird diese, gleichermaßen, ob die Befestigungseinheit eine Manschette oder ein aufgeklebtes Etikett ist, in einem Lernprozess abgetastet, sodass die Position der Markierungseinheit 240 auf der Werkzeugeinheit 200 eindeutig erfasst ist. Im späteren Betrieb kann dann anhand der Detektion der Markierungseinheit 240 eindeutig auf die Position der Werkzeugeinheit 200 im dreidimensionalen Koordinatensystem der Bildaufnahmeeinheit 300 geschlossen werden.

[0056] Zum bequemen Mitführen der Bildaufnahmeeinheit 300 durch einen Benutzer kann eine Trägereinheit vorgesehen sein, an welcher die Bildaufnahmeeinheit 300 kompakt oder verteilt am Körper getragen werden kann.

[0057] Einige konkrete Ausführungsbeispiele für die Bildaufnahmeeinheit 300 mit Trägereinheit 600 sind in Fig. 4 bis 6 schematisch dargestellt.

[0058] Gemäß der Darstellung in Fig. 4 ist die Trägereinheit 600 gemäß einem konkreten Ausführungsbeispiel in Form einer Schutzbrille ausgeführt. Diese Schutzbrille weist eine Maskeneinheit 622, welche Schutzgläser 624 einfasst, und ein hinter dem Kopf anliegendes elastisches Band 626 auf, wobei das Band 626 durch eine Verschlusseinheit 628 verstellbar ist. Die Bildaufnahmeeinheit 300 ist in diesem Ausführungsbeispiel seitlich an einem Übergang zwischen der Maskeneinheit 622 und dem elastischen Band 626 angebracht.

[0059] Gemäß der Darstellung in Fig. 5 ist die Trägereinheit 600 gemäß einem weiteren konkreten Ausführungsbeispiel in Form einer Schutzbrille mit einem Rahmen 642, der zwei Schutzgläser 644 aufnimmt, und zwei Bügeln 646, 646 ausgeführt, wobei die Bildaufnahmeeinheit 300 verteilt an der Trägereinheit 600 angeordnet ist. So ist jeweils eine Kameraeinheit 310 an dem rechten bzw. linken Bügel 646, 646 angebracht sind, ist eine Lautsprechereinheit 340, deren Gehäuse auch die Steuereinheit 320 und die Funkschnittstelle 305 (Fig. 1) aufnimmt, an dem linken Bügel 646 angebracht, und ist eine Leuchtdiodeneinheit 350 mit drei verschiedenfarbigen Leuchtdioden, die an einem Nasenwurzelteil des Rahmens 642 angebracht bzw. eingebaut. Eine Verkabelung 648 zwischen den Kameraeinheiten 310, der Leuchtdiodeneinheit 350 und der Lautsprechereinheit 340 mit Funkschnittstelle 305 und Steuereinheit 320 ist am obern

ren Rand des Rahmens 642 integriert.

[0060] Gemäß der Darstellung in Fig. 6 ist eine Trägereinheit 600 gemäß einem noch weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung als Schutzhelm 660 ausgebildet, an dessen Seiten jeweils eine Kameraeinheit 310 angebracht ist. Die Kameraeinheiten 310 können fest montiert sein, sie können an einer am Helm 660 integrierten Halterung angebracht sein, oder sie können mit einer Halterung integriert sein, die an dem Helm 660 anbringbar ist. Die weitere Gerätetechnik der Bildaufnahmeeinheit 300 kann in einer der Kameraeinheiten 310, auf beide Kameraeinheiten 310 verteilt oder in den Schutzhelm 660 integriert sein.

[0061] Fig. 7 ist eine räumliche schematische Darstellung einer Einsatzsituation im Sinne der vorliegenden Erfindung. Ein Benutzer 700 nimmt mithilfe des Drehmomentschlüssels 200 eine Verschraubung an einer Verschraubungsstelle 120 an einem Gegenstand 100, hier einem Kraftfahrzeug, vor. Der Benutzer 700 trägt eine Bildaufnahmeeinheit 300 mittels einer Trägereinheit 600 in Form eines Helms (vgl. Fig. 6). Drei Referenzpunkte 110, die konstruktiv vorgegeben und an sich unveränderlich sind, sind an dem Gegenstand 100 vorgegeben. An der Werkzeugeinheit 200 (Drehmomentschlüssel) sind drei Referenzpunkte 710 konstruktiv und/oder durch Markierungseinheit (240, Fig. 3) vorgegeben bzw. identifizierbar.

[0062] Wie in Fig. 7 ersichtlich, ist in dem dargestellten Anwendungsfall die Verschraubungsstelle 120 hinter Konstruktionselementen des Gegenstands 100 verborgen. Dennoch ist es möglich, anhand der Referenzpunkte 110 des Gegenstands 100 und der Referenzpunkte 710 der Werkzeugeinheit 200 festzustellen, an welcher Stelle am Gegenstand 100 die Werkzeugeinheit 200 ansetzt.

[0063] Dieser Vorgang wird nachstehend anhand eines Prinzipschaubilds, das in Fig. 8 gezeigt ist, näher beschrieben werden. In Fig. 8 sind die Referenzpunkte 110 des Gegenstands 100 sowie die Referenzpunkte 710 der Werkzeugeinheit 200 in einem virtuellen Raum 800 dargestellt. Wie in Fig. 8 gezeigt, spannen die Referenzpunkte 110 des Gegenstands 100 ein erstes Referenzdreieck 810 auf, das eine erste Referenzebene 815 definiert, auf. Des Gleichen spannen die Referenzpunkte 710 der Werkzeugeinheit 200 ein zweites Referenzdreieck 820, das eine zweite Referenzebene 825 definiert, auf. Die Referenzpunkte 110, 710 werden von den Kameraeinheiten 310 der Bildaufnahmeeinheit 300 erfasst. Da die Kameraeinheiten 310 räumlich voneinander beabstandet sind, kann aus den gewonnenen Bild-
daten eine Zuordnung der Referenzpunkte 110, 710 zu Koordinaten X_1 , X_2 , X_3 des virtuellen Raums 800 erfolgen, womit die absolute Lage des Gegenstands 100 und der Werkzeugeinheit 820 in virtuellem Raum 800 sowie die relative Lage zwischen dem Gegenstand 100 und der Werkzeugeinheit 200 vollständig definiert sind. Es versteht sich, dass die hierfür erforderlichen mathematischen Vorgänge einschließlich der Erzeugung eines ma-

thematischen Modells des Gegenstands 100 mit seinen Referenzpunkten 110, eines mathematischen Modells der Werkzeugeinheit 200 mit ihren Referenzpunkten 710, die Erzeugung einer räumlichen Abbildung aus zwei stereoskopischen Bildern und deren Zuordnung zu Koordinaten in einem virtuellen Raum in der Technik ebenso wohl bekannt sind wie die Techniken einer Bildanalyse, die zum Vergleich gelieferter Bilddaten mit dem vorher erzeugten und gespeicherten Modell herangezogen werden können, und daher an dieser Stelle nicht beschrieben werden müssen, sondern stattdessen auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen werden kann.

[0064] Die Figuren 5 und 6 zeigen jeweils eine Trägereinheit 600 mit zwei Kameraeinheiten 310, sodass diese Kameraeinheiten 310 jeweils eine Stereokamera bilden. In Figur 4 ist die Bildaufnahmeeinheit 300 lediglich schematisch dargestellt. Hierbei handelt es sich auch um eine Stereokamera. Die Verwendung einer Stereokamera gegenüber anderen bekannten Bildaufnahmeeinheiten zum Erfassen von dreidimensionalen Strukturen bietet den Vorteil, dass die dreidimensionalen Bilder sehr schnell erzeugt werden können. In einem Prototyp der Erfindung werden von der Bildaufnahmeeinheit 300 zwei räumliche Bilder pro Sekunde erzeugt. Es ist zweckmäßig, dass zumindest alle zwei Sekunden zumindest ein räumliches Bild erzeugt wird, vorzugsweise werden pro Sekunde zumindest ein, zwei oder zumindest drei Bilder erzeugt. Andererseits ist die Auflösung einer Stereokamera ausreichend, um den Bediener eindeutig die Verschraubungsorte 120 angeben zu können.

[0065] Die Verwendung der Stereokamera erlaubt es somit an einem Körper eines Bedieners angeordneten Trägereinheit 600 die Bildaufnahmeeinheit 300 vorzusehen, wobei der Bediener sich frei bewegen kann und eine an sich beliebige Position gegenüber dem Gegenstand 100 einnehmen kann, solange die Blickrichtung der Bildaufnahmeeinheit 300 auf den Gegenstand 100 gerichtet ist. Durch das Vergleichen des bzw. der erfassten räumlichen Bilder mit dem in der Modelldatenspeichereinheit 440 hinterlegten räumlichen Modell des Gegenstandes können die räumlichen Bilddaten schnell mit dem räumlichen Modell in Übereinstimmung gebracht werden. Hierdurch wird die relativen Positionen der Bildaufnahmeeinheit 300 bezüglich des Gegenstandes 100 eindeutig identifiziert, sodass das dreidimensionale Koordinatensystem der Bildaufnahmeeinheit 300 festgelegt ist und die Position des Gegenstandes 100 in diesem Koordinatensystem bestimmt ist. Zeigerelemente, wie zum Beispiel der Laserpointer 330 sind vorzugsweise mit der Bildaufnahmeeinheit 300 mechanisch verbunden, sodass auch deren Position im Koordinatensystem der Bildaufnahmeeinheit 300 eindeutig festgelegt ist.

[0066] Ein Bediener, der die Trägereinheit 600 trägt, kann sich somit frei bezüglich des Gegenstandes 100 bewegen, wobei ihm einerseits die Verschraubungsorte 120 automatisch angezeigt bzw. vorgegeben werden und andererseits die Verschraubung vollständig (Dreh-

moment und/oder Drehwinkel; Zeitstempel) protokolliert wird.

[0067] Fig. 9 ist ein Blockschaubild zur Veranschaulichung von Prozessabläufen in der Implementierung eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Verschrauben von Gegenständen gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0068] In Fig. 9 symbolisiert ein Bereich 910 eine physikalische Produktionsebene, symbolisiert ein Bereich 920 eine Datenverarbeitungsebene und symbolisiert ein Bereich 930 eine Werkzeugdatenebene. Eine erste Schnittstellenebene 921 stellt eine Verknüpfung zwischen der physikalischen Produktionsebene 910 und der Datenverarbeitungsebene 920 her, und eine zweite Schnittstellenebene 923 stellt eine Verknüpfung zwischen der Werkzeugebene 930 und der Datenverarbeitungsebene 920 her. Die physikalische Ebene 910 kann im Wesentlichen mit dem in Produktion stehenden Gegenstand 100 Bildaufnahmeeinheit 300 und der Bildausgabereinheit 500 in Fig. 1 verglichen werden, die Datenverarbeitungsebene 920 kann im Wesentlichen mit der Datenverarbeitungseinheit 400 von Fig. 1 gleichgesetzt werden, und die Werkzeugebene 930 kann im Wesentlichen mit der Werkzeugeinheit 200 verglichen werden. Die Schnittstellenebene 921 kann dabei mit den Funkschnittstellen 305, 405, 510 und zugehörigen Funkübertragungsstrecken in Fig. 1 verglichen werden, und die Schnittstellenebene 923 kann im Wesentlichen mit einem in der Drehvorgabenausgabereinrichtung 230 der Werkzeugeinheit 200 integrierten Funksender und der Funkschnittstelle 405 der Datenverarbeitungseinheit 400 in Fig. 1 verglichen werden.

[0069] Ein Pfeil 912 in Fig. 9 symbolisiert einen Produktionsablauf etwa an einer Fahrzeugmontagestrecke bei der Fahrzeugproduktion. Sobald ein Fahrzeug an einem Montageort übernommen werden kann, erfolgt in einem Schritt 914 eine NOK-Meldung mit Fahrzeug-ID. Unter Umgehung der Datenverarbeitungsebene 920 kann die Montage des Fahrzeugs selbstverständlich auch auf manuellem Umweg (allgemein als Schritt 915 dargestellt) mit manueller OK-Setzung 916 durchgeführt werden. Erfindungsgemäß erfolgt die Montage, insbesondere das Setzen von Verschraubungen am Fahrzeug, jedoch unter Einbeziehung der Datenverarbeitungsebene 920. Dabei werden Daten aus der physikalischen Produktionsebene 910 über die Schnittstellenebene 921 in die Datenverarbeitungsebene 920 eingebracht und in der Datenverarbeitungsebene 920 bereitgestellte Daten über die Schnittstellenebene 921 in der physikalischen Produktionsebene 910 darstellbar gemacht. Hierzu erfolgt eine Abfrage 917, in Form einer sich ständig wiederholenden Schleife, bis von der Datenverarbeitungsebene 920 eine OK-Meldung 918 erfolgt. Nach manueller OK-Setzung 916 oder automatischer OK-Meldung 918 kann das Fahrzeug von der Montagestelle wieder in den Produktionsablauf 912 übergeben werden.

[0070] In der Datenverarbeitungsebene 920 sind meh-

rere Verarbeitungsblöcke definiert. Dies sind insbesondere ein Startblock 940, ein Datenladeblock 950, ein Erkennungsblock 960, ein Navigationsblock 970 und ein Überwachungsblock 980. Auf der Werkzeugebene 930 ist im Wesentlichen ein Messdatenerzeugungsblock 990 zu beachten, in welchem auf Anforderung des Navigationsblocks 970 der Datenverarbeitungsebene 920 Messdaten am Werkzeug (Werkzeugeinheit 200, Fig. 1) erzeugt und dem Überwachungsblock 980 der Datenverarbeitungsebene 920 bereitgestellt werden. Die Anforderung und Bereitstellung von Daten zwischen der Datenverarbeitungsebene 920 und der Werkzeugebene 930 erfolgt über die Schnittstellenebene 923.

[0071] Nach Implementierung des Startblocks 940 wird auf der Datenverarbeitungsebene 920 der Datenladeblock 950 implementiert, in welchem Daten zum Fahrzeug, der Schraubssituation und zum Werkzeug geladen werden. Sodann wird der Erkennungsblock 960 implementiert, in welchem zunächst in einem Schritt 962 eine Erkennung gestartet wird, dann in Schritt 964 eine Erkennung durchgeführt wird und nach Erkennung in Schritt 966 der erkannte Sachverhalt registriert wird. Der Start der Erkennung in Schritt 962 kann mit einer Aktivierung der Bilderkennungseinheit 300 in Fig. 1, insbesondere der Kameraeinheiten 310 verglichen werden. Die Durchführung der Erkennung in Schritt 964 entspricht beispielsweise der Erkennung des Fahrzeugs (Gegenstand 100), der Verschraubungsstelle 120 und der Werkzeugeinheit 200 durch Bildanalyse in der Bildanalyseeinheit 450 anhand der von der Kameraeinheit 310 gelieferten und durch die Bilddatenerfassungseinheit 420 erfassten Bilddaten im Vergleich mit den in der Modellspeichereinheit 440 gespeicherten Modelldaten, insbesondere anhand der vorgegebenen und unveränderlichen Referenzpunkte 110 und der Markierungseinheit 240 (Fig. 1) sowie an der Werkzeugeinheit 200 identifizierbaren Referenzpunkten 710 (Fig. 7). Die Registrierung der Erkennung in Schritt 966 entspricht der Erzeugung eines Datensatzes mit Daten, welche das erkannte Fahrzeug (den erkannten Gegenstand 100), die erkannte Werkzeugeinheit 200 und den erkannten Verschraubungsort 120 (Fig. 1) wiedergeben. Der erzeugte bzw. registrierte Datensatz wird dann dem Navigationsblock 970 übergeben.

[0072] In dem Navigationsblock 970 erfolgt eine Navigation des Monteurs zur Schraubstelle in Schritt 972, die beispielsweise über die Laserzeigeeinrichtung 330 in Fig. 1, die Ausgabe von Vorgabedaten über die Bildausgabereinheit 500 sowie optische und/oder akustische Signalisierungen über die Lautsprechereinheit 340 bzw. die Leuchtdiodeneinheit 350 in Fig. 1 erfolgen kann. Sobald erkannt worden ist, dass das Werkzeug (die Werkzeugeinheit) 200 mit der erforderlichen Schraube 150 an der vorgesehenen Verschraubungsstelle 120 angesetzt ist, erfolgt in Schritt 974 eine Erkennungsmeldung an den Überwachungsblock 980. Gleichzeitig erfolgt in Schritt 976 ein Start des Schraubvorgangs, der eine Anforderung von Messdaten von der Werkzeugeinheit 200 (Fig.

1) beinhaltet.

[0073] Aufgrund der Anforderung durch den Navigationsblock 970 erzeugt der Verarbeitungsblock 990 auf der Werkzeugebene 930 Messdaten, welche dem aufgeführten Drehmoment an der Werkzeugeinheit 200 (Fig. 1) entsprechen und überträgt diese ebenfalls an den Überwachungsblock.

[0074] Der Überwachungsblock 980 führt in Schritt 982 eine Überwachung des Schraubvorgangs anhand der von der Werkzeugebene 930 (Verarbeitungsblock 990) gelieferten Messdaten und beendet die Überwachung in Schritt 984 bei Sollerreichung. Daraufhin erfolgt noch in Schritt 986 eine Generierung von Protokollen, wobei Protokolltupel erzeugt werden, welche den in Schritt 966 registrierten Datensatz zusammen mit den Daten, die das erfasste Drehmoment wiedergeben, erzeugt und gespeichert wird. Das Protokoll kann in Form von Log-Files und/oder Videoprotokollen 925 an die Schnittstellenebene 921 übergeben werden. Ebenso liefert der Überwachungsblock 980 eine OK-Meldung 927 an die Schnittstellenebene 921, wenn das Fahrzeug noch aktiv ist, und über die Schnittstellenebene 921 wird die OK-Meldung 927 in die oben beschriebene OK-Meldung 980 umgesetzt.

[0075] Es ist darauf hinzuweisen, dass der oben beschriebene Ablauf unter dem Regime einer vorgegebenen Taktung steht und im Rahmen dieses Taktes anhand eines Arbeitsplans (vgl. 480, Fig. 1) Schraubfälle abgearbeitet werden, wobei für jeden Schraubfall eine Schraubfall-ID erzeugt wird. Die Schraubfall-ID sowie die oben erwähnte Fahrzeug-ID sind jeweiliger Bestandteil der Protokolltupel des generierten Protokolls.

[0076] Beim oben erläuterten Beispiel ist der Gegenstand 100 ein Kraftfahrzeug. Im Rahmen der Erfindung können auch andere Gegenstände, wie z.B. Luftfahrzeuge, medizinische Vorrichtungen oder dgl. Verwendet werden.

[0077] Bei dem oben beschriebenen Ausführungsbeispielen trägt ein Bediener bzw. Monteur die Trägereinheit 600, auf welcher die Kameraeinheiten 310 angeordnet sind. Im Rahmen der Erfindung ist es auch möglich, einen automatischen Verschraubungsautomat vorzusehen, bei welchem die Werkzeugeinheit 200 automatisch zum jeweiligen Verschraubungsort 120 bewegt und betätigt wird. Hierzu kann beispielsweise ein Roboterarm vorgesehen sein.

[0078] Der Verschraubungsautomat und der zu verschraubende Gegenstand können relativ zueinander bewegt werden, wobei in den unterschiedlichen Positionen jeweils zumindest ein räumliches Bild des Gegenstands erfasst wird. Die Ortsauflösung der mit der Bildaufnahmeeinheit 300 erfassten räumlichen Bilder kann nicht genügen, um alleine anhand eines einzelnen räumlichen Bildes des Gegenstandes 100 die Werkzeugeinheit 200 ausreichend präzise zum Verschraubungsort 120 zu steuern. Falls dies der Fall ist, können zur Positionierung der Werkzeugeinheit 200 während des Positionierungsvorganges weitere räumliche Bilder aufgenommen werden,

wobei hierin die Werkzeugeinheit 200 und der Gegenstand 100 erfasst sind, sodass anhand dieser Bilder die relative Position der Werkzeugeinheit 200 zum Gegenstand 100 bestimmt ist. Diese relative Position ist mit einer wesentlich höheren Ortsauflösung als die absolute Position des Gegenstandes 100 im dreidimensionalen Koordinatensystem der Kamera bestimmt. Somit kann mit einer geschlossenen Regelschleife die Werkzeugeinheit 200 sehr präzise vollautomatisch am Verschraubungsort 120 positioniert werden.

[0079] Eine derartige Regelung mit geschlossener Regelschleife zur Positionierung der Werkzeugeinheit 200 kann auch bei einem "mobilen" System mit einer tragbaren Trägereinheit 600 verwendet werden, wobei dann dem Monteur optische, akustische oder sonstige Hinweise gegeben werden, wie er die Werkzeugeinheit 200 relativ zum Gegenstand 100 zu positionieren hat.

[0080] Es versteht sich, dass die vorstehende Beschreibung nur beispielhafte Ausführungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung umfassen kann und die Erfindung nicht auf die beschriebenen spezifischen Ausführungsformen beschränkt ist, sondern allein durch die beigefügten Patentansprüche in ihrem breitesten Verständnis definiert ist.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Verschrauben von Gegenständen, aufweisend:

- eine Werkzeugeinheit (200), die zum Schrauben von Schraubverbindungselementen (150) ausgebildet ist,
- eine Drehvorgabenausgabeeinrichtung (230), die ausgebildet ist, um das beim Schrauben mit der Werkzeugeinheit (200) aufzubringende Drehmoment und oder beim Schrauben auszuführenden Drehwinkel auszugeben, und
- eine Datenverarbeitungseinheit (400), die ausgebildet ist, Drehmomentdaten oder Drehwinkeldaten, welche das beim Schrauben aufgebraachte Drehmoment oder den beim Schrauben ausgeführten Drehwinkel wiedergeben, zu erfassen,
- eine Bildaufnahmeeinheit (300), welche eine Stereokamera aufweist, um ein räumliches Bild eines Arbeitsbereichs mit wenigstens einem Ausschnitt eines zu verschraubenden Gegenstands (100) aufzunehmen und die aufgenommenen Bilddaten bereitzustellen, und
- die Datenverarbeitungseinheit (400) eine Bildanalyseeinheit (450) aufweist, welche ausgebildet ist, um den Gegenstand (100), die Werkzeugeinheit (200) und einen Verschraubungsort an dem Gegenstand (100) in dem aufgenommenen Bild zu erkennen und einen Protokolltupel (p) mit Daten, welche den erkannten Ver-

schraubungsort wiedergeben, die erfassten Drehmomentdaten und/oder Drehwinkeldaten einander zugeordnet aufweist, zu erzeugen, und

- **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung eine Trägereinheit (600) aufweist, welche wenigstens die Bildaufnahmeeinheit (300) trägt, wobei die Trägereinheit dazu ausgebildet ist, um am Körper eines Verwenders getragen zu werden.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Datenverarbeitungseinheit derart ausgebildet ist, dass das Erkennen des Gegenstands (100) anhand zumindest von drei Referenzpunkten (110) des erfassten räumlichen Bildes erfolgt, wobei das Erkennen des Gegenstands (100) vorzugsweise anhand eines Körpers erfolgt, der Bestandteil des Gegenstandes ist und im räumlichen Bild durch eine Vielzahl von Referenzpunkten dargestellt wird.

3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Protokolltupel (p) ferner Daten, welche die erkannte Werkzeugeinheit (200) wiedergeben, und/oder einen Zeitstempel, der eine Zeit, an welcher das Drehmoment aufgebracht bzw. der Drehwinkel ausgeführt wurde, wiedergibt, aufweist.

4. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Werkzeugeinheit (200) eine Hebeleinheit (210) mit einer Werkzeugaufnahme (220) und ein auswechselbares Werkzeug (250), welches in bzw. an der Werkzeugaufnahme (220) aufgenommen bzw. aufnehmbar ist, aufweist, wobei das Werkzeug (250) an das zu schraubende Schraubverbindungselement (150) angepasst bzw. anpassbar ist, wobei die Drehvorgabenausgabeeinrichtung (230) vorzugsweise in bzw. an der Hebeleinheit (210) angeordnet ist.

5. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Drehvorgabenausgabeeinrichtung (230) wenigstens eine der nachstehenden aufweist:

- eine optische Anzeige (232) wie etwa einen Zeiger, eine Skala, eine Uhr oder eine Digitalanzeige, wobei die Bildanalyseeinheit (450) der Datenverarbeitungseinheit (400) ausgebildet ist, um das durch die optische Anzeige (232) angezeigte Drehmoment bzw. den Drehwinkel aus dem von der Bildaufnahmeeinheit (300) gelieferten Bild zu erkennen;
- eine Datenübertragungseinheit (234), die ausgebildet ist, um Messdaten, welche ein sensiertes Drehmoment wiedergeben, zu übertragen,

- wobei eine Empfangseinheit (405) der Datenverarbeitungseinheit (400) ausgebildet ist, um die von der Datenübertragungseinheit (234) gelieferten Messdaten zu empfangen, und wobei eine Messdatenerfassungseinheit (430) der Datenverarbeitungseinheit (400) ausgebildet ist, um die empfangenen Messdaten als die Drehmomentdaten zu interpretieren und zu erfassen.
6. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Werkzeugeinheit (200), insbesondere die Hebeleinheit (210) und/oder das auswechselbare Werkzeug (250), eine Identifikationsmarkierung (246, 248), insbesondere einen Strichkode, einen Farbcode, einen 2D-Barcode und/oder eine Lochmarkierung, tragen, wobei die Datenverarbeitungseinheit (400) ausgebildet ist, um die Werkzeugeinheit (200) anhand der Identifikationsmarkierung (246, 248) zu erkennen, wobei die Werkzeugeinheit (200) vorzugsweise eine auswechselbare Markierungseinheit (240) aufweist, welche die Identifikationsmarkierung (246, 248) trägt.
7. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trägereinheit (600) in Form eines Brillengestells, einer Schutzbrille, eines Schutzhelms, eines Stirnbands oder Teil eines Kleidungsstücks wie etwa einer Schulterklappe, eines Kragens oder eines Gürtels ausgebildet ist oder Befestigungselemente zur Anbringung an einer Brille, einer Schutzbrille, einem Schutzhelm, einem Stirnband oder an einem Kleidungsstück wie etwa an einer Schulterklappe, einem Kragen, einem Gürtel aufweist.
8. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Datenverarbeitungseinheit (400) eine Vorgabeerzeugungseinheit (485), welche ausgebildet ist, Vorgaben hinsichtlich eines Verschraubungsorts an dem Gegenstand (100) und/oder eines Schraubfalls und/oder einer Werkzeugauswahl, vorzugsweise anhand eines vorab gespeicherten Arbeitsablaufplans, zu generieren, aufweist, wobei die Protokollerzeugungseinheit (470) vorzugsweise ausgebildet ist, von der Vorgabeerzeugungseinheit (485) erzeugten Vorgaben dem jeweiligen Protokolltupel (p) hinzuzufügen, und wobei die Datenverarbeitungseinheit (400) vorzugsweise eine Überprüfungseinheit (485), welche ausgebildet ist, das Erreichen der Vorgaben zu überprüfen und ein Überprüfungsergebnis zu generieren, aufweist; wobei vorzugsweise durch eine akustische Ausgabereinheit (340), die mit der Datenverarbeitungseinheit (400) gekoppelt ist, wobei die Datenverarbeitungseinheit (400) ausgebildet ist, die Vorgaben und/oder Überprüfungsergebnisse an die akustische Ausgabereinheit (340) zu übermitteln, und die akustische Ausgabereinheit ausgebildet ist, den Vorgaben und/oder Überprüfungsergebnissen entsprechende akustische Hinweis-, Warn- und/oder Bestätigungssignale auszugeben.
9. Vorrichtung gemäß Anspruch 7 oder 8, weiter **gekennzeichnet durch** eine optische Ausgabereinheit (330, 350), die mit der Datenverarbeitungseinheit (400) gekoppelt ist, wobei die Datenverarbeitungseinheit (400) ausgebildet ist, die Vorgaben und/oder Überprüfungsergebnisse an die optische Ausgabereinheit (330, 350) zu übermitteln, und die optische Ausgabereinheit (330, 350) ausgebildet ist, den Vorgaben und/oder Überprüfungsergebnissen entsprechende optische Hinweis-, Markierungs-, Warn- und/oder Bestätigungssignale auszugeben, wobei die optische Ausgabereinheit (330, 350) vorzugsweise eine oder mehrere Leuchtdioden (350) einer oder unterschiedlicher Farben, eine Laser-Zeigevorrichtung (330) und/oder eine Hologramm-Erzeugungseinrichtung aufweist.
10. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 7 bis 9, weiter **gekennzeichnet durch** eine Bildausgabereinheit (500), die mit der Datenverarbeitungseinheit (400) gekoppelt ist, wobei die Datenverarbeitungseinheit (400) ausgebildet ist, die Vorgaben und/oder Überprüfungsergebnisse der Bildausgabereinheit (500) zu übermitteln, wobei die Bildausgabereinheit (500) ausgebildet ist, den Vorgaben und/oder Überprüfungsergebnissen entsprechende Hinweise, Anweisungen, Warnungen oder Bestätigungen auszugeben.
11. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, weiter **gekennzeichnet durch** eine Protokollsicherungseinheit (475), die ausgebildet ist, die durch die Protokollerzeugungseinheit (470) erzeugten Protokolltupel (p) zu sichern, wobei die Protokollerzeugungseinheit (470) ausgebildet ist, einen Protokolltupel (p) vorzugsweise dann an die Protokollsicherungseinheit (475) zu übergeben, wenn wenigstens eine der folgenden Bedingungen erfüllt ist:
- die Werkzeugeinheit (200) wird von der Verschraubungsstelle (120) entfernt;
 - die erfassten Daten hinsichtlich des Gegenstands (100) und des Verschraubungsorts und des aufgebrachten Drehmoments, vorzugsweise auch hinsichtlich der Werkzeugeinheit (200), stimmen mit Vorgaben überein;
 - ein abgearbeiteter Schraubfall wird durch einen Benutzer quittiert.
12. Verfahren zum Verschrauben von Gegenständen, mit den Schritten:
- Aufnehmen eines räumlichen Bildes eines Ar-

beitsbereichs mit einer Stereokamera, wobei das erfasste Bild wenigstens einen Ausschnitt eines zu verschraubenden Gegenstands (100) umfasst;

- Erkennen des Gegenstands (100) anhand von zumindest drei Referenzpunkten (110) des erfassten räumlichen Bildes, und eines Verschraubungsorts an dem Gegenstand (100) aus dem einen oder mehreren aufgenommenen Bildern;
- automatisches Erfassen eines beim Schrauben durch die Werkzeugeinheit (200) aufgebrauchten Drehmoments und/oder eines ausgeführten Drehwinkels;
- Erzeugen eines Protokolltupels von Daten, die den Verschraubungsort und das Drehmoment und/oder den Drehwinkel einander zugeordnet wiedergeben, wobei
- **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Trägereinheit (600), welche wenigstens die Bildaufnahmeinheit (300) trägt, am Körper eines Verwenders getragen wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Erkennen des Gegenstandes (100) anhand von Referenzpunkten erfolgt, die einen Körper beschreiben, der Bestandteil des Gegenstandes ist, und/oder das Erkennen des Gegenstandes durch Vergleichen der Referenzpunkte mit den entsprechenden Punkten in einem dreidimensionalen Modell des Gegenstandes (100) erfolgt, wobei vorzugsweise folgende Schritte ausgeführt werden:

- Erkennen einer Werkzeugeinheit (200) zum Verschrauben des Gegenstands (100),
- Erzeugen von Daten, welche die erkannte Werkzeugeinheit (200) wiedergeben, und
- Hinzufügen der Daten zu dem jeweiligen Protokolltupel (p).

14. Verfahren gemäß Anspruch 12 oder 13, weiter **gekennzeichnet durch** die Schritte:

- Erfassen einer Zeit, an welcher das Drehmoment und/oder Drehwinkel aufgebracht wurde,
- Erzeugen eines Zeitstempels, welcher die erfasste Zeit wiedergibt, und
- Hinzufügen des Zeitstempels zu dem jeweiligen Protokolltupel (p).

15. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erfassung des Drehmoments wenigstens einen der Schritte aufweist:

- Auswerten des Bildes und Erkennen einer Drehmomentenanzeige (230) an der Werkzeu-

geinheit (200) in dem Bild;

- Auswerten von Sensordaten, die durch die Werkzeugeinheit (200) erzeugt werden und vorzugsweise an eine Datenverarbeitungseinheit (400) drahtlos oder leitungsgebunden übertragen werden.

Claims

1. A device for screwing objects, comprising:

- a tool unit (200) designed for screwing screw connection elements (150),
- a rotation default output means (230) designed to output the torque to be applied when screwing with the tool unit (200) and/or the angle of rotation to be achieved when screwing, and
- a data processing unit (400) designed to detect torque data or rotational angle data representing the torque applied during screwing or the rotational angle achieved during screwing,
- an image capturing unit (300) comprising a stereo camera for capturing a spatial image of a working area having at least a portion of an object (100) to be screwed together and providing the captured image data, and
- the data processing unit (400) comprises an image analysis unit (450) designed to recognize the object (100), the tool unit (200) and a screwing location on the object (100) in the captured image and to generate a protocol tuple (p) including data representing the recognized screwing location, the detected torque data and/or rotational angle data associated with each other, and
- **characterized in that** the device comprises a carrier unit (600) carrying at least the image capturing unit (300), the carrier unit being designed to be carried on the body of a user.

2. The device according to claim 1, **characterized in that** the data processing unit is designed such that the recognition of the object (100) takes place on the basis of at least three reference points (110) of the detected spatial image, wherein the recognition of the object (100) takes place preferably on the basis of a body which is a component of the object and is represented in the spatial image by a plurality of reference points.

3. The device according to claim 1 or 2, **characterized in that** the protocol tuple (p) further comprises data representing the recognized tool unit (200) and/or a time stamp representing a time at which the torque was applied or the angle of rotation was achieved.

4. The device according to any of claims 1 to 3, **char-**

acterized in that the tool unit (200) has a lever unit (210) including a tool mount (220) and comprises an exchangeable tool (250) which is received or receivable in or on the tool mount (220), the tool (250) being adapted or adaptable to the screw connection element (150) to be screwed, wherein the rotation default output means (230) is preferably arranged in or on the lever unit (210).

5. The device according to any of the preceding claims, **characterized in that** the rotation default output means (230) comprises at least one of the following:

- an optical display (232) such as a pointer, scale, clock or digital display, the image analysis unit (450) of the data processing unit (400) being designed to recognize the torque indicated by the optical display (232) or the rotational angle from the image supplied by the image capturing unit (300);
- a data transmission unit (234) designed to transmit measurement data representing a sensed torque, wherein a receiving unit (405) of the data processing unit (400) is designed to receive the measurement data supplied by the data transmission unit (234), and wherein a measurement data detection unit (430) of the data processing unit (400) is designed to interpret and detect the received measurement data as the torque data.

6. The device according to any of the preceding claims, **characterized in that** the tool unit (200), in particular the lever unit (210) and/or the exchangeable tool (250), are provided with an identification mark (246, 248), in particular a bar code, a color code, a 2D bar code and/or a perforation mark, wherein the data processing unit (400) is designed to recognize the tool unit (200) by means of the identification mark (246, 248), the tool unit (200) preferably comprising an exchangeable marking unit (240) which is provided with the identification mark (246, 248).

7. The device according to any of the preceding claims, **characterized in that** the carrier unit (600) is realized in the form of a spectacle frame, protective goggles, a protective helmet, headband or part of a piece of clothing such as a shoulder flap, collar or belt, or comprises attachment members for attachment to spectacles, protective goggles, a protective helmet, headband or piece of clothing such as to a shoulder flap, collar or belt.

8. The device according to any of the preceding claims, **characterized in that** the data processing unit (400) comprises a default generation unit (485) which is designed to generate defaults with respect to a screwing location on the object (100) and/or a screw-

ing case and/or a tool selection, preferably based on a previously stored workflow plan, wherein the protocol generation unit (470) is preferably designed to add defaults generated by the default generation unit (485) to the respective protocol tuple (p), and wherein the data processing unit (400) preferably comprises a verification unit (485) configured to verify the achievement of the defaults and generate a verification result; wherein preferably by an acoustic output unit (340) coupled to the data processing unit (400), wherein the data processing unit (400) is designed to transmit the defaults and/or the verification results to the acoustic output unit (340), and the acoustic output unit is designed to output acoustic indication, warning and/or confirmation signals corresponding to the defaults and/or verification results.

9. The device according to claim 7 or 8, further **characterized by** an optical output unit (330, 350) coupled to the data processing unit (400), wherein the data processing unit (400) is designed to transmit the defaults and/or the verification results to the optical output unit (330, 350), and the optical output unit (330, 350) is designed to output optical indication, marking, warning and/or confirmation signals corresponding to the defaults and/or verification results, wherein the optical output unit (330, 350) preferably comprises one or more light emitting diodes (350) of one or different colors, a laser pointing device (330) and/or a hologram generating means.

10. The device according to any of claims 7 to 9, further **characterized by** an image output unit (500) coupled to the data processing unit (400), wherein the data processing unit (400) is designed to transmit the defaults and/or the verification results to the image output unit (500), wherein the image output unit (500) is designed to output indications, instructions, warnings or confirmations corresponding to the defaults and/or verification results.

11. The device according to any of the preceding claims, further **characterized by** a protocol backup unit (475) designed to backup the protocol tuples (p) generated by the protocol generation unit (470), wherein the protocol generation unit (470) is designed to hand over a protocol tuple (p) to the protocol backup unit (475) preferably whenever at least one of the following conditions is satisfied:

- the tool unit (200) is removed from the screwing location (120);
- the data detected with respect to the object (100) and the screwing location and the torque applied, preferably also with respect to the tool unit (200), correspond to defaults;
- a processed screwing case is acknowledged by a user.

12. A method for screwing objects, comprising the steps:

- capturing a spatial image of a working area with a stereo camera, wherein the captured image comprises at least a portion of an object (100) to be screwed; 5
- recognizing the object (100) on the basis of at least three reference points (110) of the captured spatial image, and recognizing a screwing location on the object (100) from the one or more captured images; 10
- automatic detection of a torque applied during screwing by the tool unit (200) and/or an achieved angle of rotation; 15
- generating a protocol tuple of data representing the screwing location and the torque and/or the angle of rotation associated with each other, wherein

characterized in that 20

a carrier unit (600) carrying at least the image capturing unit (300) is carried on the body of a user.

13. The method according to claim 12, **characterized in that** the recognition of the object (100) is carried out on the basis of reference points which describe a body that is part of the object, and/or the recognition of the object is carried out by comparing the reference points with the corresponding points in a three-dimensional model of the object (100), preferably wherein the following steps are carried out: 25 30

- recognizing a tool unit (200) for screwing the object (100), 35
- creating data representing the recognized tool unit (200), and
- adding the data to the respective protocol tuple (p).

14. The method according to claim 12 or 13, further **characterized by** the steps: 40

- detecting a time at which the torque and/or the angle of rotation was applied, 45
- creating a time stamp that represents the detected time, and
- adding the time stamp to the respective protocol tuple (p).

15. The method according to any of claims 12 to 14, **characterized in that** the detection of the torque comprises at least one of the steps: 50

- evaluating the image and recognizing a torque indicator (230) at the tool unit (200) in the image; 55
- evaluating sensor data which are generated by the tool unit (200) and preferably transmitted to a data processing unit (400) in a wireless or

wired manner.

Revendications

1. Dispositif pour le vissage d'objets, comprenant :

- une unité d'outil (200) qui est constituée pour le vissage d'éléments de raccord vissé (150),
- un dispositif d'émission de consignes de rotation (230) qui est constitué pour émettre le couple de rotation à exercer lors du vissage avec l'unité d'outil (200) et/ou l'angle de rotation à exécuter lors du vissage, et
- une unité de traitement de données (400) qui est constituée pour saisir des données de couple de rotation ou des données d'angle de rotation qui représentent le couple de rotation exercé lors du vissage ou l'angle de rotation exécuté lors du vissage,
- une unité de prise d'image (300) qui présente une caméra stéréo pour prendre une image spatiale d'une zone de travail avec au moins un extrait d'un objet (100) à visser et mettre à disposition les données d'image prises, et
- l'unité de traitement de données (400) présente une unité d'analyse d'image (450) qui est constituée pour détecter l'objet (100), l'unité d'outil (200) et un emplacement de vissage sur l'objet (100) dans l'image prise et générer un tuple de protocole (p) avec des données qui représentent l'emplacement de vissage détecté comprenant les données de couple de rotation et/ou les données d'angle de rotation saisies de manière associée les unes aux autres, et
- **caractérisé en ce que** le dispositif présente une unité de port (600) qui porte au moins l'unité de prise d'image (300), sachant que l'unité de port est constituée pour être portée au corps d'un usager.

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'unité de traitement de données est constituée de telle manière que la détection de l'objet (100) soit effectuée à l'aide d'au moins trois points de référence (110) de l'image spatiale saisie, sachant que la détection de l'objet (100) est de préférence effectuée à l'aide d'un corps qui fait partie intégrante de l'objet et est représenté dans l'image spatiale par une pluralité de points de référence.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le tuple de protocole (p) présente en outre des données qui représentent l'unité d'outil (200) détectée, et/ou un horodatage qui représente une heure à laquelle le couple de rotation a été exercé ou à laquelle l'angle de rotation a été exécuté.

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'unité d'outil (200) présente une unité de levier (210) avec un logement d'outil (220) et un outil (250) échangeable qui est logé ou apte à être logé dans ou sur le logement d'outil (220), sachant que l'outil (250) est adapté ou apte à être adapté à l'élément de raccord vissé à visser, sachant que le dispositif d'émission de consignes de rotation (230) est de préférence disposé dans ou sur l'unité de levier (210).

5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif d'émission de consignes de rotation (230) présente au moins l'un des éléments suivants :

- un affichage optique (232) comme par exemple une aiguille, une échelle, une horloge ou un affichage numérique, sachant que l'unité d'analyse d'image (450) de l'unité de traitement de données (400) est constituée pour détecter le couple de rotation affiché par l'affichage optique (232) ou l'angle de rotation à partir de l'image fournie par l'unité de prise d'image (300) ;

- une unité de transmission de données (234) qui est constituée pour transmettre des données de mesure qui représentent un couple de rotation capté, sachant qu'une unité de réception (405) de l'unité de traitement de données (400) est constituée pour recevoir les données de mesure fournies par l'unité de transmission de données (234), et sachant qu'une unité de saisie de données de mesure (430) de l'unité de traitement de données (400) est constituée pour interpréter et saisir les données de mesure reçues comme étant les données de couple de rotation.

6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'unité d'outil (200), en particulier l'unité de levier (210) et/ou l'outil (250) échangeable portent un marquage d'identification (246, 248), en particulier un code à barres, un code couleur, un code à barres en 2D et/ou un marquage à perforation, sachant que l'unité de traitement de données (400) est constituée pour détecter l'unité d'outil (200) à l'aide du marquage d'identification (246, 248), sachant que l'unité d'outil (200) présente de préférence une unité de marquage (240) échangeable qui porte le marquage d'identification (246, 248).

7. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'unité de port (600) est constituée sous forme d'une monture de lunettes, de lunettes de protection, d'un casque de protection, d'un serre-tête ou d'une pièce de vêtement comme par exemple une épaulette, un col ou une ceinture ou présente des éléments de fixation pour la pose

sur des lunettes, des lunettes de protection, un casque de protection, un serre-tête ou un vêtement comme par exemple une épaulette, un col, une ceinture.

8. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'unité de traitement de données (400) présente une unité de génération de consignes (485) qui est constituée pour générer des consignes concernant l'emplacement de vissage sur l'objet (100) et/ou d'un cas de vissage et/ou d'une sélection d'outil, de préférence à l'aide d'un plan de déroulement de travail mémorisé préalablement, sachant que l'unité de génération de protocole (470) est de préférence constituée pour ajouter au tuple de protocole (p) respectif des consignes générées par l'unité de génération de consignes (485), et sachant que l'unité de traitement de données (400) présente de préférence une unité de vérification (485) qui est constituée pour vérifier l'atteinte des consignes et générer un résultat de vérification ; sachant que de préférence par une unité d'émission acoustique (340) qui est couplée à l'unité de traitement de données (400), sachant que l'unité de traitement de données (400) est constituée pour transférer les consignes et/ou résultats de vérification à l'unité d'émission acoustique (340), et l'unité d'émission acoustique est constituée pour émettre des signaux acoustiques d'indication, d'avertissement et/ou de confirmation correspondant aux consignes et/ou résultats de vérification.

9. Dispositif selon la revendication 7 ou 8, **caractérisé en outre par** une unité d'émission optique (330, 350) qui est couplée à l'unité de traitement de données (400), sachant que l'unité de traitement de données (400) est constituée pour transférer les consignes et/ou résultats de vérification à l'unité d'émission optique (330, 350), et l'unité d'émission optique (330, 350) est constituée pour émettre des signaux optiques d'indication, de marquage, d'avertissement et/ou de confirmation correspondant aux consignes et/ou résultats de vérification, sachant que l'unité d'émission optique (330, 350) présente de préférence une ou plusieurs diodes électroluminescentes (350) d'une même couleur ou de couleurs différentes, un dispositif d'affichage laser (330) et/ou un dispositif de génération d'hologrammes.

10. Dispositif selon l'une des revendications 7 à 9, **caractérisé en outre par** une unité d'émission d'image (500) qui est couplée à l'unité de traitement de données (400), sachant que l'unité de traitement de données (400) est constituée pour transférer les consignes et/ou résultats de vérification à l'unité d'émission d'image (500), sachant que l'unité d'émission d'image (500) est constituée pour émettre des indications, instructions, avertissements ou confirmations correspondant aux consignes et/ou résultats

de vérification.

11. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en outre par** une unité de sauvegarde de protocole (475) qui est constituée pour sauvegarder le tuple de protocole (p) généré par l'unité de génération de protocole (470), sachant que l'unité de génération de protocole (470) est constituée pour transmettre un tuple de protocole (p) à l'unité de sauvegarde de protocole (475) de préférence quand au moins une des conditions suivantes est remplie :

- l'unité d'outil (200) est enlevée de l'endroit de vissage (120) ;
- les données saisies concernant l'objet (100) et l'emplacement de vissage et le couple de rotation exercé, de préférence aussi concernant l'unité d'outil (200), concordent avec les consignes ;
- un cas de vissage exécuté est acquitté par un utilisateur.

12. Procédé de vissage d'objets, comprenant les étapes de :

- prise d'une image spatiale d'une zone de travail avec une caméra stéréo, sachant que l'image saisie comprend au moins un extrait d'un objet (100) à visser ;
- détection de l'objet (100) à l'aide d'au moins trois points de référence (110) de l'image spatiale saisie, et d'un emplacement de vissage sur l'objet (100) à partir de l'une ou de plusieurs images saisies ;
- saisie automatique d'un couple de rotation exercé lors du vissage par l'unité d'outil (200) et/ou d'un angle de rotation exécuté ;
- génération d'un tuple de protocole de données qui représentent l'emplacement de vissage et le couple de rotation et/ou l'angle de rotation de manière associées les unes aux autres,

caractérisé en ce qu'une unité de port (600) qui porte au moins l'unité de prise d'image (300) est portée au corps d'un usager.

13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** la détection de l'objet (100) est effectuée à l'aide de points de référence qui décrivent un corps qui fait partie intégrante de l'objet, et/ou la détection de l'objet est effectuée par comparaison les points de référence avec les points correspondants dans un modèle tridimensionnel de l'objet (100), sachant que de préférence les étapes suivantes sont exécutées :

- détection d'une unité d'outil (200) pour le vissage de l'objet (100),

- génération de données qui représentent l'unité d'outil (200) détectée, et
- ajout de données au tuple de protocole (p) respectif.

14. Procédé selon la revendication 12 ou 13, **caractérisé en outre par** les étapes de :

- saisie d'une heure à laquelle le couple de rotation et/ou l'angle de rotation a été exercé,
- génération d'un horodatage qui représente l'heure saisie, et
- ajout de l'horodatage au tuple de protocole (p) respectif.

15. Procédé selon l'une des revendications 12 à 14, **caractérisé en ce que** la saisie du couple de rotation présente au moins une des étapes de :

- évaluation de l'image et détection d'un affichage de couple de rotation (230) sur l'unité d'outil (200) dans l'image ;
- évaluation de données de capteur qui sont générées par l'unité d'outil (200) et sont de préférence transmises sans fil ou par ligne à une unité de traitement de données (400).

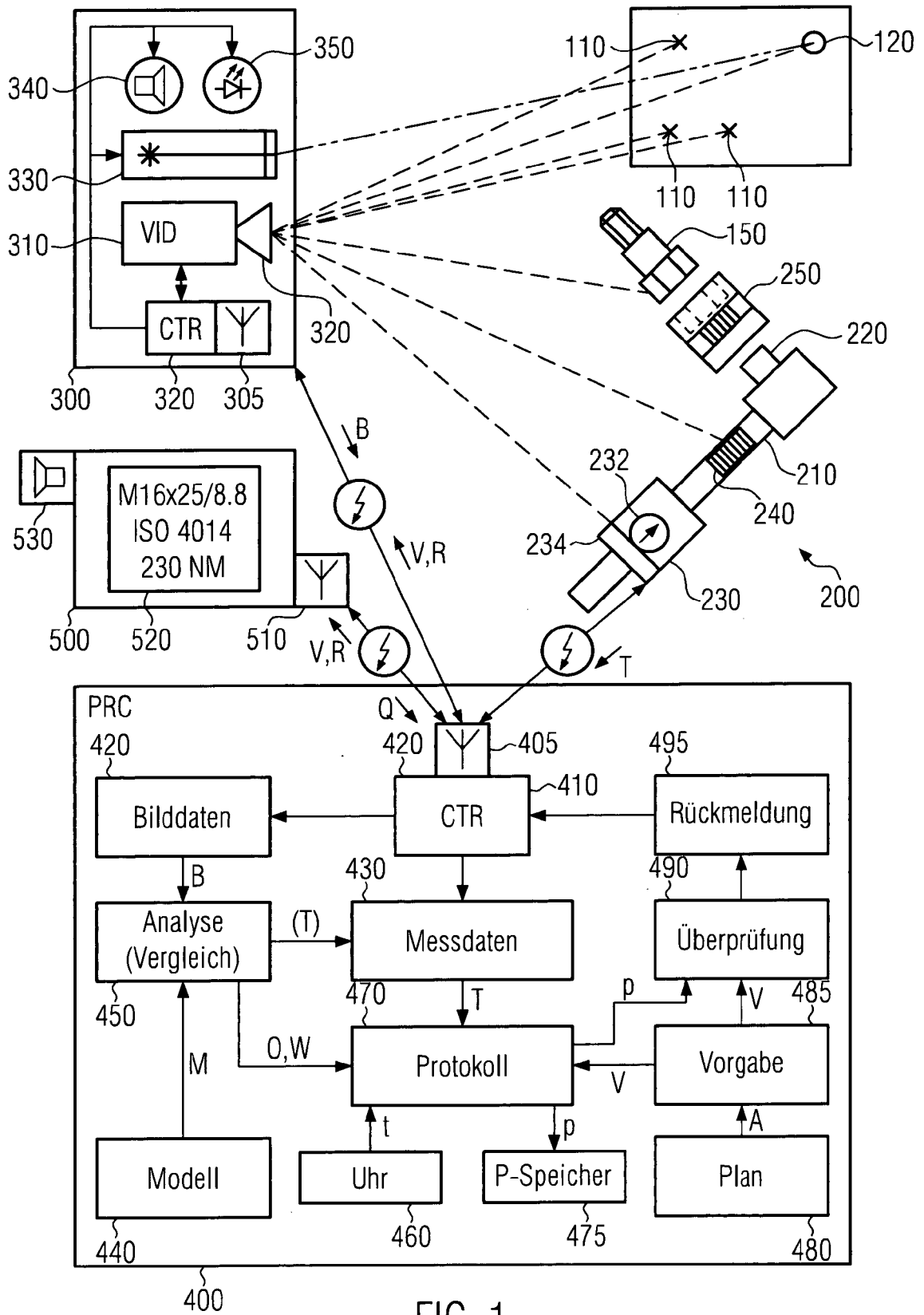


FIG. 1

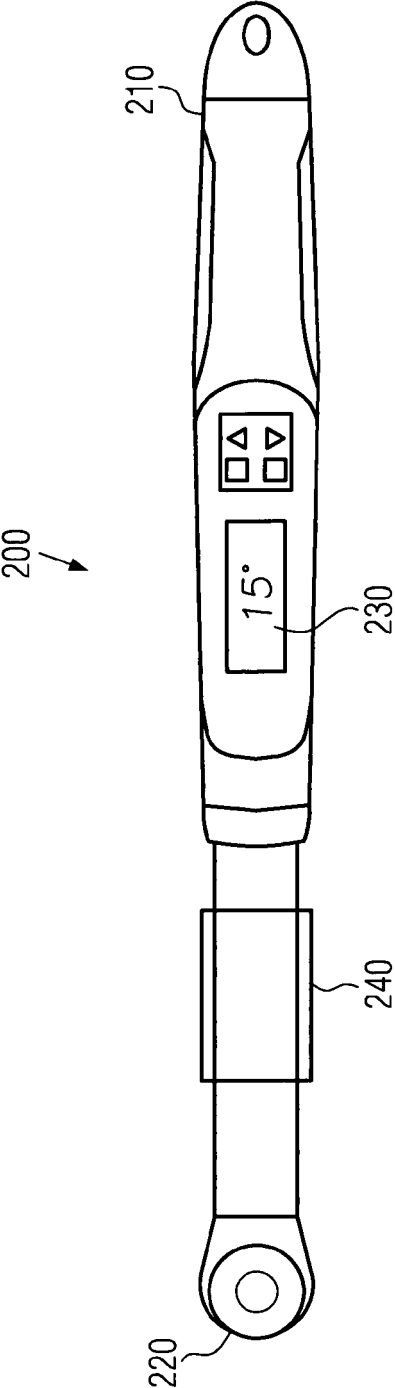


FIG. 2

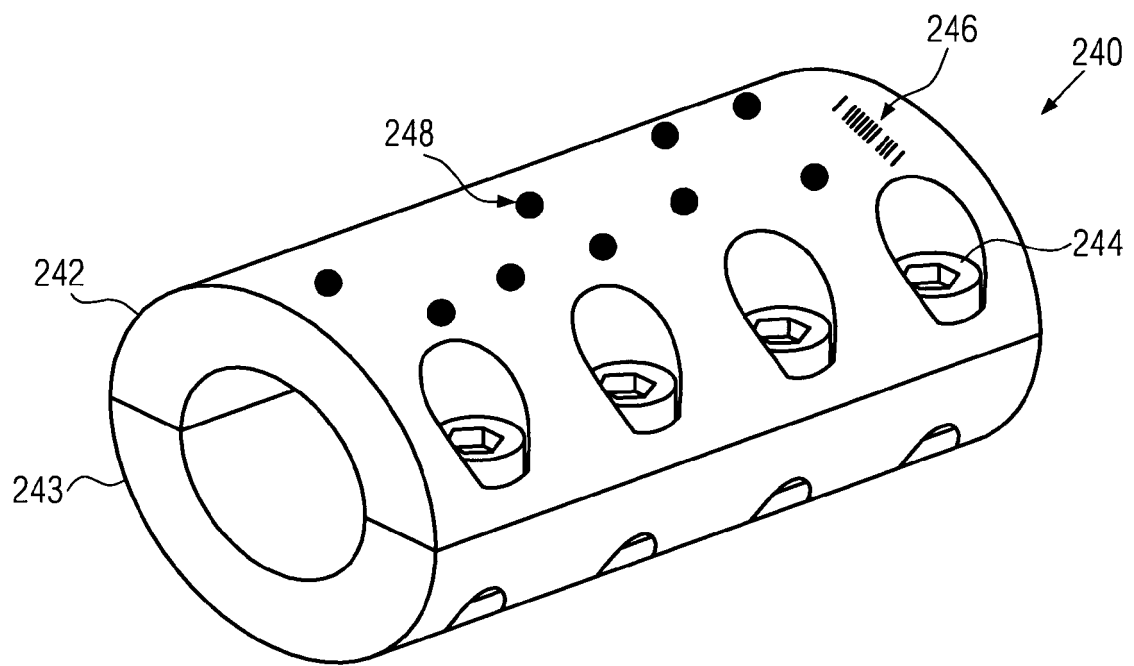


FIG. 3

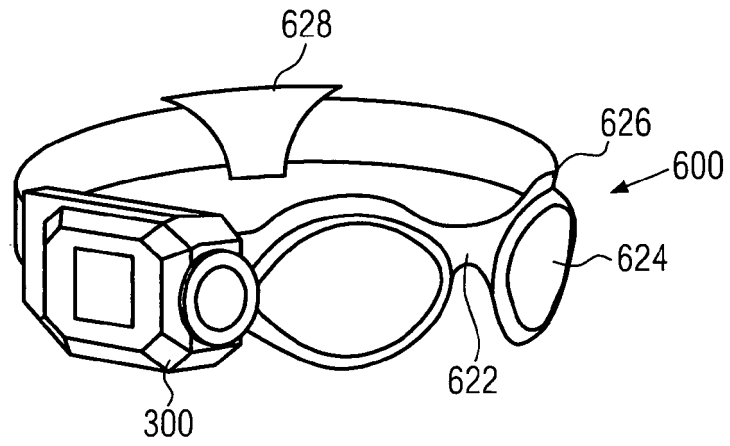


FIG. 4

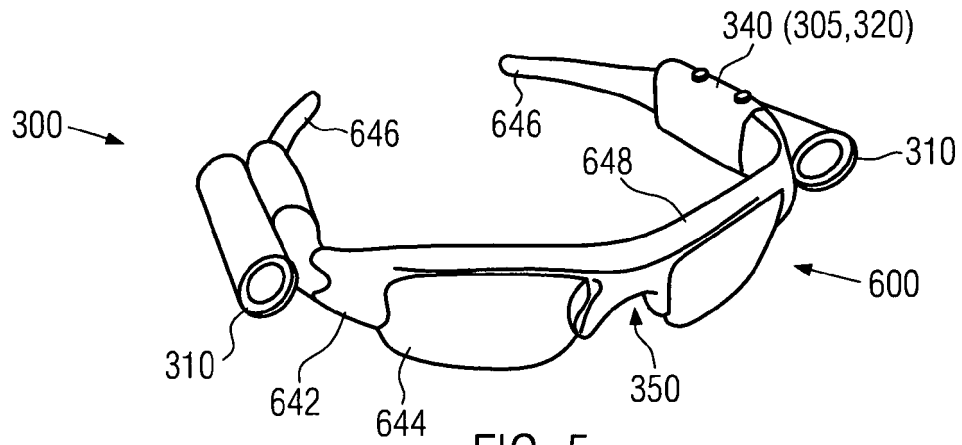


FIG. 5

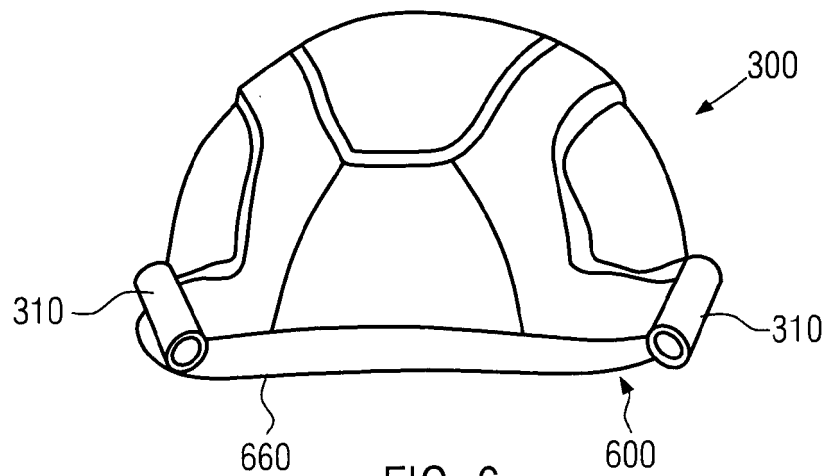


FIG. 6

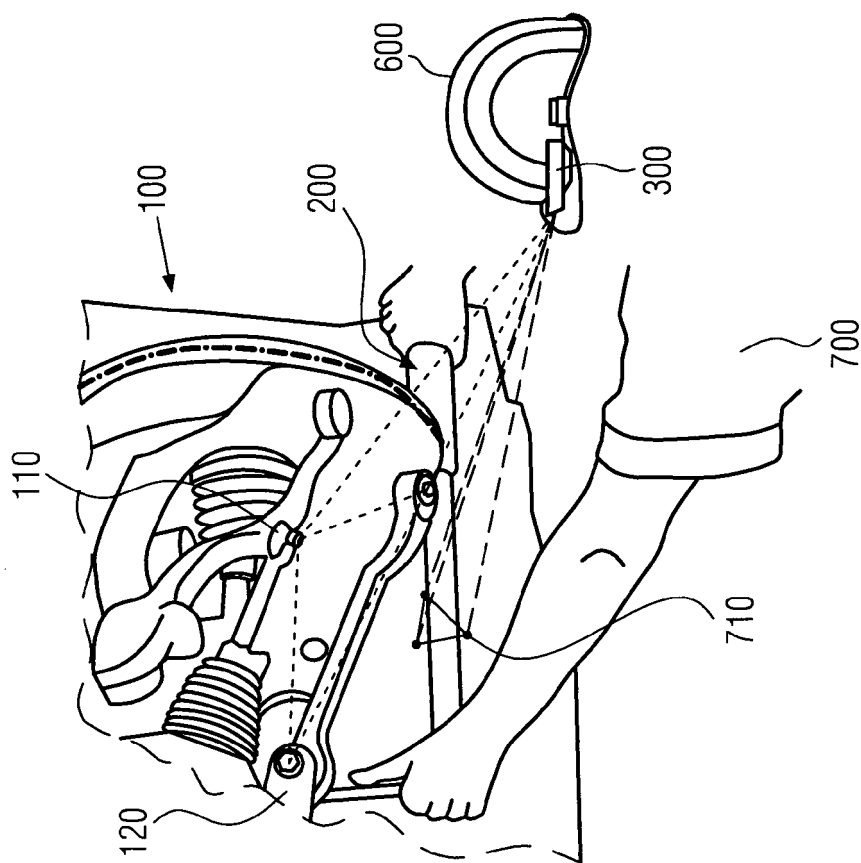


FIG. 7

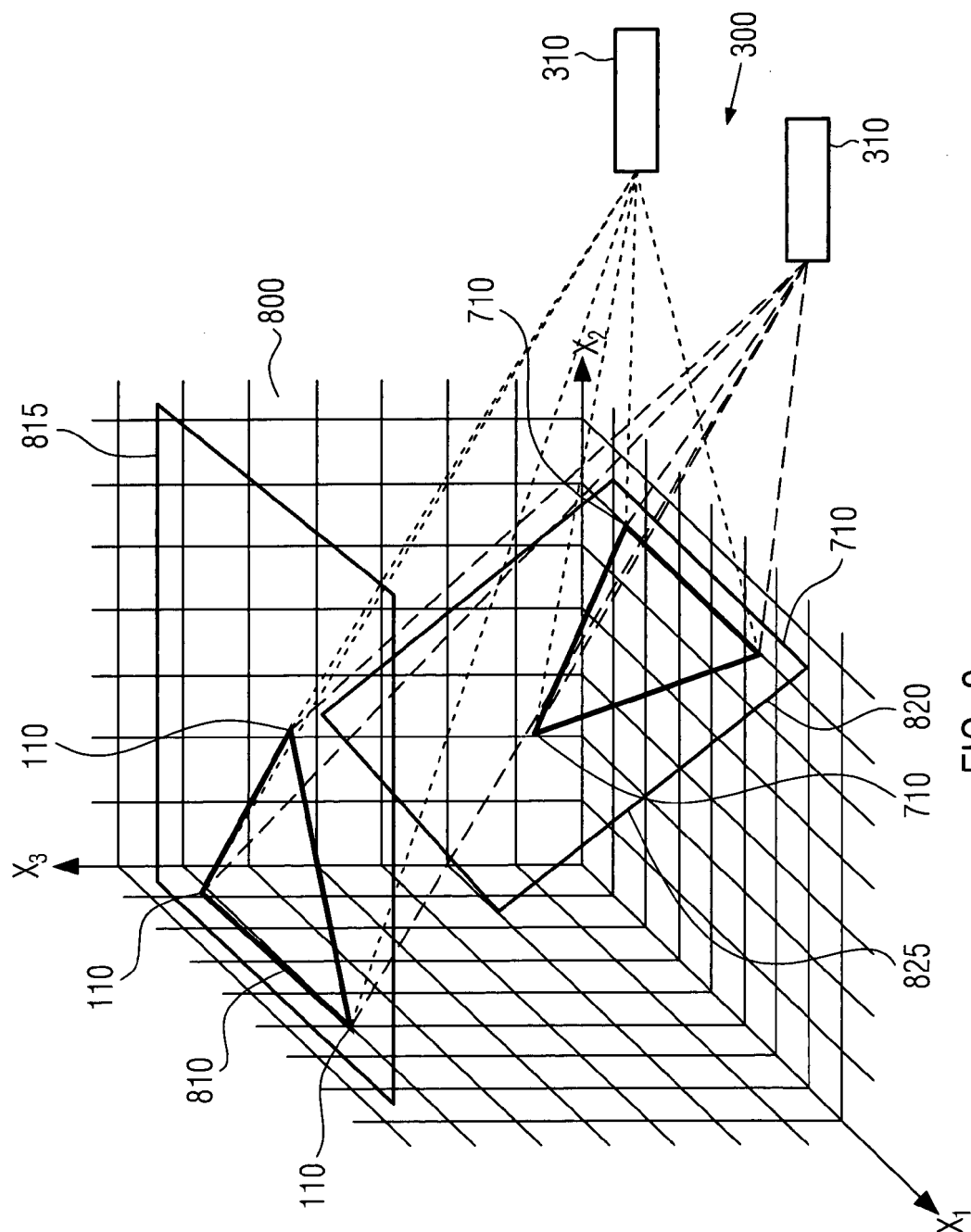


FIG. 8

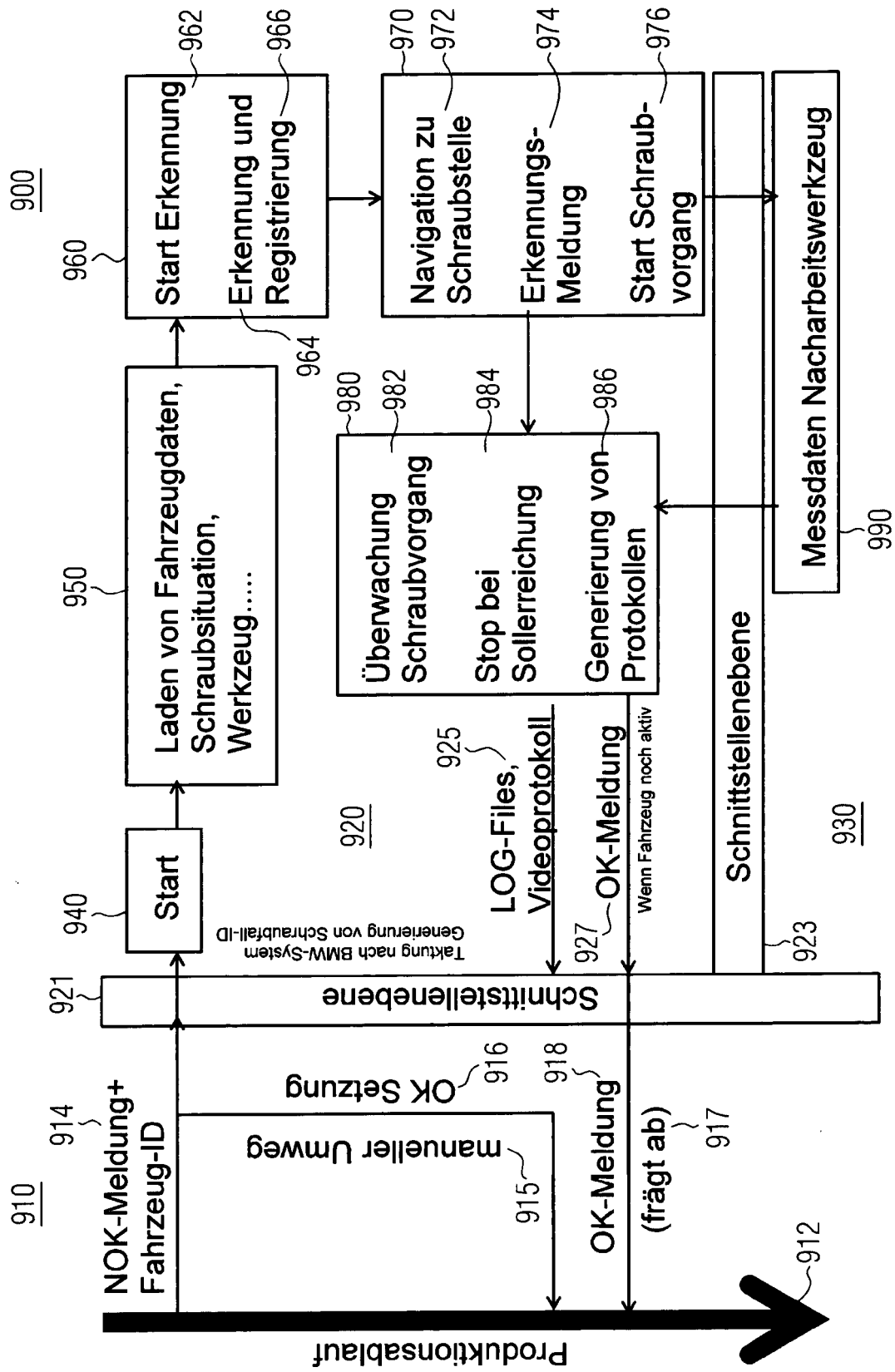


FIG. 9

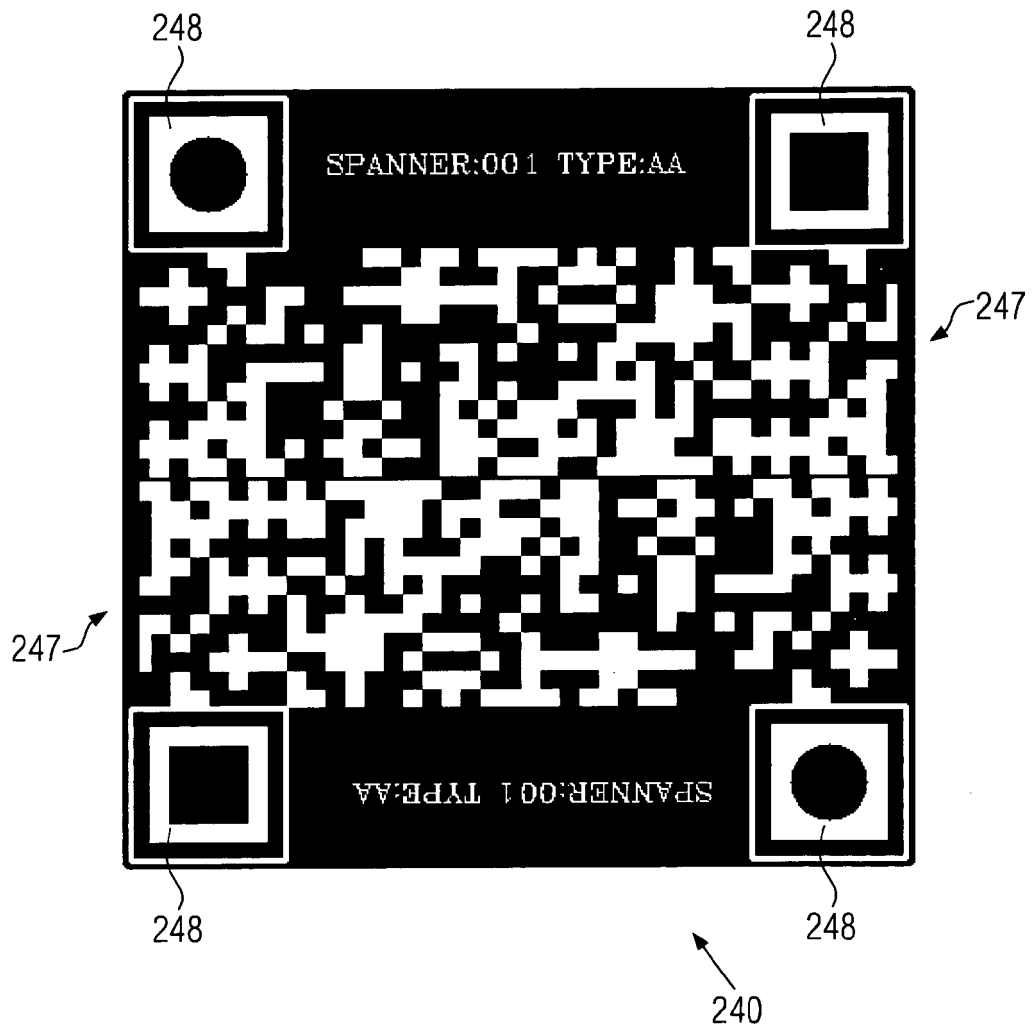


FIG. 10

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102010032553 A1 **[0005]**
- DE 102012003809 A1 **[0006]**
- EP 1963786 B1 **[0007]**
- US 20080115589 A1 **[0008]**
- US 20080061145 A1 **[0009]**
- US 20140137669 A1 **[0010]**
- DE 102013017007 A1 **[0011]**
- WO 2013111387 A **[0011]**