



(10) **DE 10 2011 122 212 B4** 2022.04.21

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 122 212.3**
(22) Anmeldetag: **27.12.2011**
(43) Offenlegungstag: **05.07.2012**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **21.04.2022**

(51) Int Cl.: **B25B 23/147** (2006.01)
B25B 21/00 (2006.01)

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

(66) Innere Priorität
10 2010 056 525.3 **29.12.2010**

(73) Patentinhaber:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

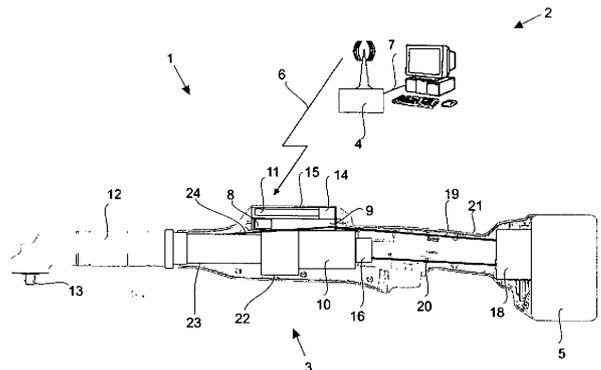
(72) Erfinder:
Eckert, Martin, 74632 Neuenstein, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	102 61 510	A1
US	2008 / 0 196 912	A1
WO	2007/ 043 127	A1
WO	2011/ 115 121	A1
JP	2008- 213 069	A

(54) Bezeichnung: **Akkubetriebenes Schraubsystem mit reduzierter funkübertragener Datenmenge**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verwendung eines akkubetriebenen Schraubsystems 1, welches dafür geeignet ist, Schraubverbindungen mittels einer motorgetriebenen Arbeitsspindel einzurichten, wobei das akkubetriebene Schraubsystem 1 Kommunikationseinrichtungen 4, 8 für eine drahtlose Datenübertragung von Daten zur Definition von einen Schraubvorgang beschreibenden Schraubkurven 40 zwischen einem Schraubspindelmodul 3 und einem Auswertemodul 2 aufweist, wobei wenigstens zwei für die Schraubkurve 40 charakteristische Größen der Kommunikationseinrichtungen 4, 8 drahtlos übertragen werden und aus den übertragenen Daten auf Seite des Auswertemoduls 2 mindestens eine weitere für die Schraubkurve 40 relevante Größe berechnet wird. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Akkubetriebenes Schraubsystem 1, welches dafür geeignet ist, Schraubverbindungen mittels einer motorgetriebenen Arbeitsspindel einzurichten, wobei das akkubetriebene Schraubsystem 1 Kommunikationseinrichtungen 4, 8 für eine drahtlose Datenübertragung von Daten zur Definition von einen Schraubvorgang beschreibenden Schraubkurven 40 zwischen einem Schraubspindelmodul 3 und einem Auswertemodul 2 aufweist, wobei die Kommunikationseinrichtungen 4, 8 Mittel zur drahtlosen Übertragung von wenigstens zwei für die Schraubkurve 40 charakteristischen Größen aufweisen und das Auswertemodul 2 eine Einrichtung 9 zur Berechnung von mindestens einer weiteren für die Schraubkurve 40 relevanten Größe aus den übertragenen Daten aufweist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verwendung eines akkubetriebenen Schraubsystems, welches dafür geeignet ist, Schraubverbindungen mittels einer motorgetriebenen Arbeitsspindel einzurichten, wobei das akkubetriebene Schraubsystem Kommunikationseinrichtungen für eine drahtlose Datenübertragung von Daten, insbesondere Ergebnisdaten, zur Definition von einen Schraubvorgang beschreibenden Schraubkurven zwischen einem Schraubspindelmodul und einem Auswertemodul aufweist, sowie ein akkubetriebenes Schraubsystem, welches dafür geeignet ist, Schraubverbindungen mittels einer motorgetriebenen Arbeitsspindel einzurichten, wobei das akkubetriebene Schraubsystem Kommunikationseinrichtungen für eine drahtlose Datenübertragung von Daten zur Definition und somit auch einer Dokumentation von einen Schraubvorgang beschreibenden Schraubkurven zwischen einem Schraubspindelmodul und einem Auswertemodul aufweist.

[0002] Schraubverbindungen stellen seit langem eine in vielen Bereichen genutzte Möglichkeit dar, Werkstücke miteinander zu verbinden. Vorteile von Schraubverbindungen sind insbesondere die Lösbarkeit und die Einstellbarkeit der Kraft, mit der das Schraubelement (z.B. eine Schraube, ein Bolzen oder andere) in das Werkstück oder in ein ein kompletäres Innengewinde aufweisendes Gegenstück (z.B. eine Mutter) eingedreht wird. Diese Vorteile machen Schraubverbindungen auch in modernen Produktionsprozessen zu einer sehr oft genutzten Verbindungsvariante. Auch bei der Produktion von komplexen Produkten z.B. aus dem Automobil- oder Maschinenbau werden während der Produktion in entsprechenden Fertigungsstraßen viele verschiedene Schraubverbindungen zwischen unterschiedlichen Einzelteilen erstellt. Diese Einzelteile können unterschiedliche Materialeigenschaften aufweisen, welche beispielsweise aus unterschiedlicher Materialzusammensetzung, Materialstärke, Materialbehandlung, Oberflächenbeschichtung und anderen resultieren. Auch die auf die jeweilige Schraubverbindung wirkenden Kräfte unterscheiden sich innerhalb eines Produktes oft sehr. Dementsprechend ist es notwendig, dass entlang einer Fertigungsstraße Schraubverbindungen unterschiedlichster Verbindungsstärke eingerichtet werden.

[0003] Dies kann beispielsweise durch das beaufschlagen des Schraubelements, im Folgenden vereinfacht als Schraube bezeichnet, mit einem vorgegebenen Mindestdrehmoment gewährleistet werden. So ist es möglich, zu gewährleisten, dass die Verbindung die notwendige Stärke aufweist. Dabei ist jedoch zu beachten, dass das Drehmoment einen Höchstwert nicht übersteigt, da dadurch die Schraubverbindung beschädigt werden kann, was

wiederum zu einer Reduzierung der Verbindungsstärke führen würde. Daher ist die Überwachung des auf eine Schraubverbindung aufgebracht Drehmoments für die Bewertung deren Güte und Funktionalität in vielen Anwendungsbereichen essenziell.

[0004] Bei komplexen Produkten, deren Einzelteile durch eine Vielzahl von Schraubverbindungen miteinander verbunden sind, ist es sehr aufwendig, das zur Herstellung der Schraubverbindung vorgesehene Drehmoment jeweils genau einzuhalten. Beispielsweise wäre es notwendig, entlang einer Fertigungsstraße für jede Schraubverbindung, die das Anziehen mit einem bestimmten Drehmoment erfordert, einen genau für diese Schraubverbindung vorgesehenen Drehmomentschlüssel zu verwenden. Da sich dies in der Praxis nicht effizient umsetzen lässt, wurden bereits einige Schraubsysteme entwickelt, die es ermöglichen, das Drehmoment auf die jeweiligen Anforderungen einzustellen.

[0005] Als besonders geeignet haben sich akkubetriebene Schraubsysteme gezeigt, welche Schraubverbindungen mittels einer motorgetriebenen Arbeitsspindel einrichten. Diese akkubetriebenen Schraubsysteme weisen zumeist einen Akkumulator (Akku) oder eine Batterie auf, welche einen Elektromotor mit elektrischer Energie versorgt, damit dieser die entsprechend zur Ausführung einer Arbeit verwendeten Bauteile bewegen bzw. antreiben kann. Das Drehmoment für die jeweilige Schraubverbindung kann dabei in Abhängigkeit der speziellen Erfordernisse angepasst werden. Üblicherweise wird das für den jeweiligen Prozess vorgesehene Drehmoment oder ein Satz an Drehmomenten in dem Schraubsystem z.B. mit Hilfe einer Parametrierschnittstelle (Bedienprogramm) eingespeichert. Eine Änderung dieser Werte ist nur selten erforderlich, weshalb für diesen Vorgang die damit verbundene Datenmenge normalerweise nicht besonders ins Gewicht fällt. Die Eingabe neuer Drehmomentvorgaben kann ggf. auch direkt am Schraubsystem erfolgen.

[0006] Um den Anforderungen moderner Prozesskontrolle und Qualitätssicherung gerecht zu werden, umfassen Weiterentwicklungen dieser Schraubsysteme Kommunikationseinrichtungen für eine drahtlose Übertragung von Daten, die beispielsweise das Erreichen des vorgegebenen Drehmomentwertes im jeweiligen Verschraubungsvorgang und evtl. sogar den Verlauf der Schraubkurve abbildet, welche zu dem jeweiligen Verschraubungsergebnis geführt hat. Diese Daten werden üblicherweise von einem Schraubspindelmodul bereitgestellt und an das Auswertemodul übertragen. Dabei ist es auch möglich, dass nicht nur ein vorgegebenes Drehmoment übertragen wird, sondern komplexe Schraubkurven, welche unterschiedliche Drehmomente und Winkelge-

schwindigkeiten der Arbeitsspindel über den gesamten Schraubvorgang beschreiben.

[0007] Die DE 102 61 510 A1 betrifft ein mehrere Werkzeuge umfassendes System, wobei für mehrere Werkzeuge die Übermittlung der den Arbeitsfortschritt charakterisierenden Daten und eine entfernte Empfangseinrichtung vorgesehen ist.

[0008] Die Druckschrift WO 2007/043 127 A1 offenbart ein Überwachungssystem für eine Vielzahl Schraubenanzieheinrichtungen.

[0009] Die Druckschrift JP 2008- 213 069 A beschreibt ein Werkzeug mit einer drahtlosen Kommunikationsfunktion zur drahtlosen Übermittlung von Arbeitsinformationen an eine entfernte Empfangseinrichtung.

[0010] Aus der Druckschrift WO 2011/ 115 121 A1 ist ein drahtloses Kommunikationssystem bekannt, welches sich insbesondere durch einen schnellen Abschluss des Datenempfangs zwischen einem Empfänger und einer Vielzahl von Elektrowerkzeugen auszeichnet.

[0011] In der Druckschrift US 2008/ 0 196 912 A1 ist eine einzelne elektrisch betriebene Handbohrmaschine/Schrauber beschrieben, welche sich dadurch besonders auszeichnet, dass sie einen Abstandsensor zur Messung eines Abstands vom Tiefensensor zu einem Werkstück aufweist und es somit durch eine entsprechende Steuereinrichtung ermöglicht, die Leistung des Motors entsprechend des gemessenen Abstands anzupassen.

[0012] Mittlerweile sind Schraubssysteme auf dem Markt, die auch eine Serie unterschiedlicher Schraubvorgänge definieren und ausführen können. Insbesondere dabei ist es notwendig, dass der erfolgte Schraubvorgang dokumentiert ist und von dem Auswertemodul zur Qualitätskontrolle dokumentiert und für eventuelle spätere Reklamationen hinterlegt werden kann. Die Information über das erfolgte Ausführen des Schraubvorgangs an das Auswertemodul erfolgt für jeden der vielen mit diesem Schraubspindelmodul ausgeführten Schraubvorgänge, so dass in der Summe eine große Datenmenge übertragen wird. Jeder Schraubvorgang kann beispielsweise Informationen über den verwendeten Schraubkopf und die zu bestimmten Zeiten des Schraubvorgangs vorliegenden Drehmomente enthalten. Da sich die ermittelten Drehmomente über die Dauer eines Schraubvorgangs verändern können, ist in diesem Fall eine große Datenmenge zu übertragen.

[0013] Erfolgt diese Kommunikation drahtlos, entsteht durch die Übertragung der komplexen Informationen über die erfolgte Ausführung des Schraubvor-

gangs ein erhebliches Datenvolumen, das sowohl bei dessen Sendevorgang als auch bei dem Empfangsvorgang erhöhte Sendeleistung erfordert. Insbesondere schraubspindelmodulseitig stellt dies eine wesentliche Einschränkung der Leistungsfähigkeit des Schraubspindelmoduls dar, da das Schraubspindelmodul üblicherweise ein akkubetriebenes Geräte ist, dessen Einsatzzeit durch die benötigte Energie für die energieaufwändigen Sendevorgänge reduziert wird.

[0014] Es ist daher wünschenswert, die für die Sende- und Empfangsvorgänge aufzubringende Energie zu reduzieren und somit einen größeren Anteil der Akkukapazität für die Schraubvorgänge zur Verfügung zu stellen. Aufgabe der Erfindung ist es daher, den Energieaufwand für das Senden und das Empfangen von Daten über den ausgeführten Schraubvorgang zu reduzieren, um so mehr Schraubvorgänge pro Akkuladung durchführen zu können.

[0015] Diese Aufgabe wird durch die Gegenstände der unabhängigen Patentansprüche gelöst.

[0016] Ein wesentlicher Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren zur Verwendung eines akkubetriebenen Schraubsystems, welches dafür geeignet ist, Schraubverbindungen mittels einer motorgetriebenen Arbeitsspindel einzurichten, wobei das akkubetriebene Schraubsystem Kommunikationseinrichtungen für eine drahtlose Datenübertragung von Daten, insbesondere Ergebnisdaten, zur Definition von einen Schraubvorgang beschreibenden Schraubkurven zwischen einem Schraubspindelmodul und einem Auswertemodul aufweist, wobei wenigstens zwei für die Schraubkurve charakteristische Größen mittels der Kommunikationseinrichtungen drahtlos übertragen werden und die zu übertragenden Daten auf Seite des Schraubspindelmoduls durch eine Berechnung mindestens einer zur Charakterisierung der Schraubkurve relevanten Größe modifiziert werden. Die Berechnung der zur Charakterisierung der Schraubkurve relevanten Größen umfasst eine Komprimierung der Daten, wobei die Schraubkurve in einzelne Stufen aufgeteilt wird und für jede Stufe jeweils charakteristische Werte für Startwinkel und Startzeit oder Abtastrate übertragen werden und pro Datenpunkt ein einzelner weiterer Werte angegeben wird, um die Schraubkurve rekonstruieren zu können. Bevorzugt wird ein ganzer Datensatz bzw. eine Vielzahl von Wertepaaren berechnet.

[0017] Durch dieses Verfahren ist es möglich, die für die drahtlose Datenübertragung benötigte Zeit deutlich zu reduzieren. Die üblicherweise aus Moment/-Winkel- bzw. Moment/Zeit-Wertepaaren bestehenden Datensätze können im Auswertemodul aus den übertragenen Daten zurückberechnet werden. Die übertragenen Daten können dabei z.B. einen Start-

winkel, einen Zeitwert, eine Abtaste, eine Drehzahl oder andere umfassen. Aus den übertragenen Werten kann im Auswertemodul für jeden Zeitpunkt das Moment/Winkel- bzw. Moment/Zeit-Wertepaar zurückberechnet werden und so der gesamte Schraubvorgang detailliert nachvollzogen und dokumentiert werden.

[0018] Das Schraubspindelmodul ist bevorzugt ein Steuermodul, also vorzugsweise eine autarke Rechereinheit, mit Motor und Spindel, welches auf dem Schraubspindelmodul abgelegte, bzw. abgespeicherte Verschraubungsparameter (umfassend z.B. Einschraubdrehzahl, Abschaltmoment, Abschaltwinkel, Überwachungsgrenze, u.a.), auch Schraubprogramme genannt ausführt. Ausführen heißt in diesem Zusammenhang, dass der Spindelmotor auf die gewünschte Drehzahl geregelt wird und Moment-Winkel-Gradient-Zeit- Werte erfasst werden, welche mit den Zielparametern verglichen und in einer Schraubkurve abgespeichert werden. Die ermittelte Schraubkurve wird nach der Verschraubung an ein übergeordnetes Steuermodul (z.B. einen Leitreechner in der Fertigungslinie) übertragen.

[0019] Erfindungsgemäß wird die Schraubkurve in einzelne Stufen aufgeteilt und vorteilhaft für jede Stufe jeweils charakteristische Werte für Startwinkel und Startzeit oder Abtaste übertragen. Dadurch ist es möglich, die Moment/Winkel- bzw. Moment/Zeit-Wertepaare jedes beispielsweise linear verlaufenden Abschnitts (jeder Stufe) der Schraubkurve zu berechnen. Es ist folglich insbesondere bei einfacheren Schraubkurven nur die Übertragung weniger Daten notwendig. Aber auch bei sehr komplexen Schraubkurven kann die zu übertragende Datenmenge deutlich reduziert werden. Dabei ist es möglich, auch nichtlineare Schraubkurven bzw. Stufen einer Schraubkurve zu berechnen. Beispielsweise kann auch eine genau definierte Beschleunigungskurve über deren Startwerte berechnet werden. Voraussetzung ist, dass der Kurvenverlauf innerhalb jeder der einzelnen Stufen stetig ist.

[0020] Bevorzugt wird nach erfolgter Übertragung der Daten in einem ersten Schritt auf Seiten des Schraubspindelmoduls aus der Schraubkurve ein zu übertragener Datensatz berechnet und in einem darauf folgenden zweiten Schritt erfolgt eine Übertragung dieser die Schraubkurve charakterisierende Daten an das Auswertemodul. Es ist auch möglich, dass die Übertragenen oder berechneten Daten innerhalb des Schraubspindelmoduls, evtl. temporär, abgespeichert werden, um eine spätere (evtl. erneute) Übertragung des Datensatzes zu ermöglichen. Auf Seiten des Schraubspindelmoduls ist eine Speicherung der Ergebnisdaten der Verschraubungen vorgesehen. Ergebnisdaten sind u.a. Moment/Winkel- Paare in einer definierten Winkelauflösung bzw. Moment/Zeit- Paare in einer definierten Zeitauf-

lösung. Die Übertragung erfolgt bei vorhandener Funkinfrastruktur und bei entsprechender Konfiguration bevorzugt an ein übergeordnetes Steuermodul (oder ein Auswertemodul), das bevorzugt mit dem Firmennetz verbunden ist.

[0021] Um das Verfahren möglichst energiesparend zu gestalten und somit die mit einer Akkuladung zur Verfügung stehende Arbeitszeit möglichst lang zu gestalten wird in einer bevorzugten Variante des Verfahrens die drahtlose Übertragung der Daten zwischen den Kommunikationseinrichtungen nach einer erfolgten Übertragung der Daten zur Definition einer Schraubkurve unterbrochen, wodurch ein Energieverbrauch der Kommunikationseinrichtungen zur Übertragung der zur Definition einer Schraubkurve notwendigen Daten reduziert wird.

[0022] In einer weiteren bevorzugten Variante des Verfahrens werden die Moment/Winkel- und/oder Moment/Zeit-Wertepaare einer Schraubkurve innerhalb einer Stufe mit gleichbleibender Drehzahl und Abtaste aus drahtlos übertragenen Daten für Startwinkel und Startzeit errechnet. Das Ergebnisdatenvolumen kann durch die vordefinierten Winkel- und Zeitaufösungen reduziert werden, wenn z.B. Start und Endwert bekannt sind. Dadurch reduziert sich nicht nur die zu übertragende Datenmenge, sondern auch der Speicherbedarf auf dem Schraubspindelmodul.

[0023] In einer bevorzugten Variante des Verfahrens ist die Zeit zur Übertragung der Daten, welche in dem Auswertemodul zur Berechnung der die Schraubkurve charakterisierenden Moment/Winkel- und/oder Moment/Zeit-Wertepaare benötigt wird, gegenüber der Übertragung der Moment/Winkel- und/oder Moment/Zeit-Wertepaare bei gleicher Bandbreite reduziert.

[0024] Ein weiterer wesentlicher Aspekt der Erfindung ist ein akkubetriebenes Schraubsystem, welches dafür geeignet ist, Schraubverbindungen mittels einer motorgetriebenen Arbeitsspindel einzurichten, wobei das akkubetriebene Schraubsystem Kommunikationseinrichtungen für eine drahtlose Datenübertragung von Daten zur Definition und somit evtl. auch einer Dokumentation von einem Schraubvorgang beschreibenden Schraubkurven zwischen einem Schraubspindelmodul und einem Auswertemodul aufweist, wobei die Kommunikationseinrichtungen Mittel zur drahtlosen Übertragung von wenigstens zwei für die Schraubkurve charakteristischen Größen aufweisen und das Schraubspindelmodul eine Einrichtung zur Berechnung von mindestens einer weiteren für die Schraubkurve relevanten Größe aus den Daten aufweist. Das Schraubsystem weist eine einen Mikrokontroller umfassende Einrichtung auf, welche dazu geeignet sind, eine vorgegebene Schraubkurve in einzelne Stufen aufzuteilen,

welche jeweils durch Startwinkel und Startzeit oder Abtastrate definierbar und pro Datenpunkt ein einzelner weiterer Werte angebbare ist, aus welchen die Schraubkurve rekonstruierbar ist.

[0025] Ein derartiges akkubetriebenes Schraubsystem ermöglicht die besonders energieeffiziente Übertragung von Daten zur Beschreibung einer Schraubkurve an das Auswertemodul. Die Berechnung der Daten im Schraubspindelmodul ist energetisch günstiger als die Übertragung des kompletten Datensatzes. Dadurch ergibt sich im Schraubspindelmodul ein geringerer Energieverbrauch, so dass eine Akkuladung länger hält bzw. für mehr Schraubvorgänge genutzt werden kann.

[0026] In einer bevorzugten Ausführungsform des akkubetriebenen Schraubsystems ist die drahtlose Datenübertragung zwischen den Kommunikationseinrichtungen bidirektional. Dadurch lassen sich auch Informationen über einen erfolgten Schraubvorgang und/oder den verwendeten Schrauberaufsatz zurück zum Schraubspindelmodul oder einer anderen Kommunikationseinrichtung übertragen, wo diese dann zur Evaluierung und Qualitätskontrolle genutzt werden können.

[0027] Erfindungsgemäß weist das akkubetriebene Schraubsystem eine einen Mikrokontroller umfassende Einrichtung auf, welche dazu geeignet sind, eine vorgegebene Schraubkurve in einzelne Stufen aufzuteilen, welche jeweils durch Startwinkel und Startzeit oder Abtastrate definierbar sind. Diese Einrichtung befindet sich vorzugsweise in dem Schraubspindelmodul oder in der schraubspindelmodulseitigen Kommunikationseinrichtung. In dieser Einrichtung wird eine vorgegebene Schraubkurve derart aufgeteilt dass einzelne Stufen gebildet werden, welche jeweils einen stetigen Verlauf aufweisen. Dieser Verlauf ist mittels weniger Daten beschreibbar, so dass die Übertragung dieser wenigen Daten bereits ausreicht, um auf der Auswertemoduleseite des drahtlosen Kommunikationskanals den exakten Verlauf jeder Stufe zu berechnen. Auswertemoduleseitig werden diese einzelnen berechneten Stufen zu der ursprünglichen Schraubkurve zusammengesetzt, so dass bei erheblich reduziertem Datenvolumen alle Informationen einer Schraubkurve für jeden Datenpunkt rekonstruierbar sind.

[0028] In einer bevorzugten Variante des akkubetriebenen Schraubsystems weist das Auswertemodul eine Einrichtung auf, mittels welcher aus Startwinkel und Startzeit oder Abtastrate einzelne Stufen einer Schraubkurve und/oder die vorgegebene Schraubkurve berechenbar sind. Wie bereits oben beschrieben, kann das drahtlos zu übertragende Datenvolumen deutlich reduziert werden, wenn für jede der steuerungemoduleseitig berechneten Stufen einer Schraubkurve lediglich die für diese jeweilige Stufe

relevanten Daten übertragen werden. Diese Daten bestehen aus einer Komponente, welche das Drehmoment bzw. die Änderung des Drehmoments pro Zeiteinheit beschreibt. Diese Komponente wird durch den Startwinkel beschrieben. Weiterhin werden Angaben über die Zeit benötigt, die die jeweilige Stufe ausgeführt wird. Dafür können beispielsweise Zeitwerte übertragen werden oder die Zeitwerte aus beispielsweise der Abtastrate berechnet werden. Daher wird bevorzugt neben dem Startwinkel eine Startzeit oder Abtastrate übertragen.

[0029] Aus diesen übertragenen Daten kann mittels einer Einrichtung auf Seiten des Auswertemoduls die jeweilige Stufe der Schraubkurve berechnet werden. Dabei kann das Auswertemodul, die auswertemoduleseitige Kommunikationseinrichtung oder eine andere Komponente diese Einrichtungen zur Berechnung aufweisen und die Berechnung durchführen.

[0030] In einer bevorzugten Ausführungsform des akkubetriebenen Schraubsystems umfassen die von dem Schraubspindelmodul für die drahtlose Datenübertragung bereitstellbaren und für einzelne Stufen einer Schraubkurve konstanten und charakteristischen Daten einen Startwinkelwert, einen Drehzahlwert und einen Abtastratenwert. Wie bereits oben beschrieben eignen sich diese Daten besonders, um die einzelnen Stufen einer Schraubkurve in hinreichender Genauigkeit zu beschreiben. Das Datenvolumen wird bei der Reduzierung auf diese Daten deutlich reduziert, ohne dass ein zur Definition einer Schraubkurve und somit des Schraubvorgangs relevanter Informationsverlust auftritt.

[0031] Weitere Vorteile, Ziele und Eigenschaften vorliegender Erfindung werden anhand nachfolgender Beschreibung anliegender Figuren erläutert, in welcher beispielhaft ein erfindungsgemäßes akkubetriebenes Schraubsystem dargestellt ist, welches dafür geeignet ist, Schraubverbindungen mittels einer motorgetriebenen Arbeitsspindel einzurichten, wobei das akkubetriebene Schraubsystem Kommunikationseinrichtungen für eine drahtlose Datenübertragung von Daten zur Definition von einen Schraubvorgang beschreibenden Schraubkurven zwischen einem Schraubspindelmodul und einem Auswertemodul aufweist. Bauteile des akkubetriebenen Schraubsystems welche in den Figuren wenigstens im Wesentlichen hinsichtlich ihrer Funktion übereinstimmen, können hierbei mit gleichen Bezugsziffern gekennzeichnet sein, wobei diese Bauteile nicht in allen Figuren beziffert und erläutert sein müssen.

[0032] Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipskizze einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Werkzeuges; und

Fig. 2: eine beispielhafte Schraubkurve.

Fig. 3: einen schematischen Ablauf der Berechnung von Daten, deren Übertragung und der Rückberechnung.

[0033] Fig. 1 zeigt eine Prinzipskizze einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schraubsystems 1. Es umfasst ein Schraubspindelmodul 3 und ein Auswertemodul 2 welche über Kommunikationseinrichtungen 4,8 drahtlos miteinander kommunizieren können. Um die Mobilität des Schraubspindelmodul 3 gewährleisten zu können, wird dieses über einen Akku 5 mit Energie versorgt. Im Schraubspindelmodul 3 werden die zu übertragenden Schraubkurven aufgearbeitet und für die Übertragung über den Kommunikationskanal 6 vorbereitet. Dazu wird die zu übertragende Schraubkurve in einzelne Segmente aufgeteilt, die jeweils anhand ihres Kurvenverlaufs eindeutig charakterisierbar sind und eine besonders günstige Reduzierung der zu übertragenden Daten erlauben.

[0034] Die so aufbereiteten Daten werden an das Funkmodul 8 übertragen und von diesem über den drahtlosen Kommunikationskanal 6 an das Auswertemodul 2 gesendet. Die Übermittlung der Bearbeitungsdaten und der entsprechenden Bearbeitungsparameter erfolgt vorzugsweise über eine kabellose Funkverbindung 6, wie beispielsweise Bluetooth oder WLAN und an die Kommunikationseinrichtung 4 von wo aus die Daten einer zentralen Auswertemodul 2, welches vorzugsweise über eine kabelgebundene Leitung 7, wie z.B. eine LAN-Leitung mit der Kommunikationseinrichtung 4 (Accesspoint) verbunden ist.

[0035] Mittels dieser Kommunikationseinrichtung 4 stellt das Funkmodul 8 des Schraubspindelmoduls 3 eine Funkverbindung 6 her, um Daten zum Beschreiben einer Stufe einer Schraubkurve von dem Schraubspindelmodul 3 an das Auswertemodul 2 zu senden. Im Auswertemodul 2 wird das von dem Funkmodul 8 gesendete Signal an eine (nicht gezeigte) Verarbeitungs- und Speichereinrichtung weitergeleitet. Diese umfasst bevorzugt einen ausreichend leistungsfähigen (nicht gezeigten) Mikroprozessor, welcher aus den übertragenen Daten die Schraubkurve zurückberechnen kann.

[0036] Vorzugsweise ist die Funkverbindung 6 bidirektional ausgelegt, so dass das Funkmodul 8 über diese Funkverbindung 6 eine Rückmeldung über eine erfolgreiche Übertragung erhalten kann.

[0037] Die Berechnung der weiteren Daten aus der Schraubkurve erfolgt schraubspindelmodulseitig. In dem Schraubspindelmodul 3 wird von einer Steuereinrichtung 9 der Elektromotor 10 entsprechend der vorgegebenen (gespeicherten, jedoch evtl. änderbaren) Werte angesteuert. Wie auch die schraubspindelmodulseitige Kommunikationseinrichtung 8 und

die Verarbeitungs- bzw. Steuereinrichtung 9 wird dieser aus einem Akkumulator 5 mit Energie versorgt. Je weniger Energie daher für andere Prozesse verbraucht wird, desto mehr steht für den Elektromotor zur Verfügung.

[0038] Die erfolgte Übertragung sowie Einzelheiten über die gesendete Schraubkurve können auf einer Anzeigeeinheit 11, wie beispielsweise einem Bildschirm 11 angezeigt werden. Bei dem Bildschirm 11 handelt es sich bevorzugt um ein energieeffizientes Display, welches auch zur Anzeige weiterer für den Schraubvorgang wichtiger Daten genutzt werden kann. Über diese Anzeigeeinrichtung 11 können beispielsweise gemessene Bearbeitungsparameter, wie die Drehzahl des Elektromotors 10, welche sich unmittelbar auf die Drehzahl des in dem Winkelkopf 12 befindlichen Arbeitskopfes 13 bzw. Bearbeitungsbauteiles 13 auswirkt, welches durch den Elektromotor 10 angetrieben wird, visualisiert werden. Beispielsweise kann auch die verbleibende Kapazität des Akkumulators 5, der verwendete Schraubaufsatz, das aktuelle Drehmoment und andere Daten angezeigt werden.

[0039] Oft verwendete Parameter für einen Schraubvorgang sind schraubspindelmodulseitig in einem Speicher abgelegt werden. Dieser Speicher ist Bestandteil einer Speichereinrichtung 14, in welcher Datensätze abgelegt und aus welchem die zuvor abgelegten Datensätze wieder abgerufen werden können.

[0040] Mittels der Eingabeeinrichtung 15 können Programmdateien bzw. Bearbeitungsdaten eingegeben und an die Steuereinrichtung 9 übertragen werden. Auch Modifikationen von bereits gespeicherten Verschraubungsparametern sind (evtl. je nach Berechtigung des Benutzers) möglich. Die Auswahl der Zielparametersätze erfolgt manuell über Display, per Scanner durch Scannen der ID des Zielparametersatzes oder über eine übergeordnete Steuerung. Die Eingabe der Daten bzw. die eingegebenen Daten werden über die Anzeigeeinrichtung 11 dem Werker bzw. dem Anwender oder Benutzer dargestellt. Ein kompletter Schraubverlauf definiert durch Moment/Winkel- bzw. Moment/Zeitpaare als Zielparametersatz ist vorzugsweise nicht vorgesehen. Die Überprüfung Einhaltung der Zielparameter ist sehr aufwändig, technisch schwer realisierbar und benötigt zusätzliche Akkuleistung.

[0041] Zur Bestimmung der aktuellen Position des Rotors ist beispielsweise eine erste Messeinrichtung 16, wie z.B. ein Winkelgeber bzw. Drehgeber 16 derart an dem Elektromotor 10 angeordnet bzw. mit diesem verbunden, dass vorzugsweise über geeignete Sensoren der Drehwinkel des Rotors und/oder der Drehwinkel der durch den Rotor betriebenen Welle des Elektromotors 10 erfasst bzw. gesteuert oder

dessen Änderung relativ zu einem feststehenden Teil ermittelt bzw. gesteuert werden kann. Dieser Wert kann beispielsweise als Ausgangswert für die Berechnung der Schraubkurve verwendet werden.

[0042] Zwischen dem Elektromotor 10 und einer zweiten Messeinrichtung 23 ist ein Getriebe 22 zwischengeschaltet, mittels welchem die Bewegungen bzw. das Drehmoment, welches auf die Welle wirkt, geändert werden kann, so dass das in **Fig. 1** dargestellte Schraubspindelmodul 3 beispielsweise eine Schraube in ein Werkstück einschrauben und auch aus diesem herausdrehen kann.

[0043] Eine Antriebselektronik 18, welche derart an den Akkumulator 5 angeordnet ist, um von diesem mit elektrischer Energie versorgt zu werden, steuert und regelt den Antrieb des Elektromotors 10, um den Arbeitskopf 13 in Abhängigkeit von den von der Steuereinrichtung 9 vorgegebenen Parametern zu bewegen. Wird beispielsweise von der Steuereinrichtung 9 für eine bestimmte Stufe ein bestimmtes Drehmoment vorgegeben, wird die Energieversorgung des Elektromotors mittels der Antriebselektronik 18 entsprechend den Vorgaben geregelt.

[0044] Die Übertragung der Steuerdaten erfolgt vorzugsweise kabelgebunden über eine zweiteilige Leitung 19 bzw. Zuleitung 19 zwischen der Steuereinrichtung 9 und der Antriebselektronik 18 bzw. dem Akkumulator 5. Vorzugsweise ist diese Leitung auch dazu geeignet, der Steuereinrichtung 9 elektrische Energie von dem Akkumulator 5 zur Verfügung zu stellen. Demnach weist die erste zweiteilige Leitung 19 eine Datenleitung zur Übertragung der Daten und/oder der Signale von der Steuereinrichtung 9 an die Antriebselektronik 18 und eine Stromleitung zur Übertragung von elektrischer Energie von dem Akkumulator 5 an die Steuereinrichtung 9 auf.

[0045] Eine weitere vorzugsweise kabelgebundene zweite bevorzugt zweiteilige Leitung 20 bzw. Zuleitung 20 besteht zwischen der Antriebselektronik 18 bzw. dem Akkumulator 5 und dem Elektromotor 10 bzw. dem Winkelgeber 16, um den Elektromotor 10 entsprechend der in der Steuereinrichtung 9 vorliegenden Bearbeitungsdaten zu steuern bzw. zu regeln und diesem sowie dem Winkelgeber 16 elektrische Energie von dem Akkumulator 5 zuzuführen.

[0046] Zwischen einer zweiten Messeinrichtung 23 und der Steuereinrichtung 9 besteht vorzugsweise ebenfalls eine vorzugsweise kabelgebundene Verbindung 24 bzw. eine Daten-Leitung 24, mittels welcher Daten und/oder Signale zwischen diesen Bauteilen ausgetauscht werden können. Dadurch kann die zweite Messeinrichtung 23 im Wesentlichen kontinuierlich die von ihr ermittelten Messdaten bzw. ermittelten IST-Bearbeitungsparameter an die Steuereinrichtung 9 senden, welche diese vorzugs-

weise mittels einer integrierten Vergleichseinrichtung (hier nicht gezeigt) mit den in der vorzugsweise integrierten Speichereinrichtung (hier nicht gezeigt) gespeicherten Soll-Bearbeitungsparametern abgleicht, um ggf. die Bewegungen des Arbeitskopfes 13 durch beispielsweise ein erneutes Einstellen der Drehzahl nachzuregeln.

[0047] Die einzelnen Einrichtungen, wie z.B. die Steuereinrichtung 9, die Anzeigeeinrichtung 11, die Eingabeeinrichtung 15, die Funkeinrichtung 8 bzw. das Funkmodul 8, die erste 16 und zweite Messeinrichtung 23, die Antriebselektronik 18, der Elektromotor 10 und/oder das Getriebe 22 werden mit elektrischer Energie bzw. Strom aus dem Akkumulator 5 gespeist, um ihre Funktionen zu erfüllen bzw. ihre Arbeit zu verrichten. Dafür sind die einzelnen oben aufgezählten Einrichtungen über elektrische Stromleitungen (hier nicht gezeigt) mit dem Akkumulator 5 verbunden.

[0048] Umgeben wird die gesamte Steuerung und die gesteuerten Antriebe durch ein Gehäuse 21, welches diese vor Verschmutzung und Zerstörung bzw. Beschädigung schützt.

[0049] In **Fig. 2** ist eine beispielhafte Schraubkurve 40 in einem Koordinatensystem gezeigt. Dabei ist das Drehmoment auf der Ordinatenachse abgebildet. Die Einheit in der das Drehmoment angegeben wird ist vorzugsweise eine allgemein gebräuchliche wie z.B. Nm. Auf der Abszisse ist in diesem Beispiel eine zeitabhängige Komponente aufgetragen. Dies kann beispielsweise die Zeit nach Start des Schraubvorgangs sein. Es sind aber auch z.B. Winkelwerte, eine Abtastrate oder andere möglich. Weiterhin ist beispielhaft dargestellt, wie die gezeigte Schraubkurve 40 in einzelne Stufen aufgeteilt werden kann. Mögliche Trennungen sind an den durch senkrechte gestrichelte Linien gekennzeichneten Positionen möglich. Weiterhin ist es möglich, die einzelnen Stufen durch Einfügung weiterer Trennlinien 41 in kleinere Segmente zu unterteilen. Dies kann beispielsweise dann vorteilhaft sein, wenn eine Stufe sehr lang ist und der Mikroprozessor im Auswertemodul 2 für die Berechnung aller Wertepaare dieser Stufe sehr lange brauchen würde. Diese Stufen lassen sich durch einfache mathematische Formeln beschreiben, so dass lediglich durch die Übertragung weniger Parameter die gesamten Wertepaare der jeweiligen Stufe rückberechnet werden können. Dabei sind nicht nur lineare Stufenverläufe möglich, sondern auch (nicht gezeigte) gekrümmte Kurvenverläufe. Voraussetzung ist jedoch, dass jede Stufe in sich stetig ist, so dass sie durch eine einzige mathematische Formel beschrieben werden kann. Für lineare Stufen ist beispielsweise die Übertragung der Daten, die die Steigung und die Dauer beschreiben, ausreichend.

[0050] Fig. 3 zeigt einen schematischen Ablauf der Berechnung von Daten, deren Übertragung und der Rückberechnung. Die ermittelten Daten, die die Schraubkurve charakterisieren werden im Schraubspindelmodul 3 ungerechnet und für die Übermittlung an das Auswertemodul 2 vorbereitet. In dem gezeigten Beispiel besteht die Schraubkurve aus einer Anzahl von n Punkten, welche als Sample₀ - Sample_{n-1} gekennzeichnet sind. Jeder dieser Punkte der Schraubkurve ist durch ein Moment M_n und eine Zeit t_n charakterisiert. Jedes dieser Moment-Zeit-Paare weist eine gewisse Größe auf. Beispielsweise könnte jedes dieser Paare eine Größe von 8 Byte aufweisen. Zur Übertragung dieser Datenmenge wird eine bestimmte Bandbreite benötigt und es muss auch eine entsprechende Energie zur Übermittlung aufgewendet werden.

[0051] Zur Reduzierung der zu übermittelnden Datenmenge ist es vorteilhaft, bereits im Schraubspindelmodul 3 eine Komprimierung der Daten vorzunehmen. Diese Komprimierung besteht im gezeigten Beispiel darin, dass zur Übermittlung der Schraubkurve eine Startzeit ($t_{start} t_0$) und eine Abtastrate (Sample Rate t_s) sowie die Anzahl der Wertepaare (Anzahl Samples n) ermittelt werden. Jedes dieser Datenpakete weist wiederum eine Größe auf, die jedoch geringer ist als die Größe der Datenmenge der Moment-Zeit-Paare. Beispielsweise kann ein Datenpaket für Startzeit, Abtastrate und Anzahl der Wertepaare z.B. jeweils 4 Byte umfassen.

[0052] Das Datenvolumen der zu übertragenden Daten und/oder der berechneten Kurve kann durch Komprimierung mit einem Komprimierungstool z.B. Zip noch einmal verringert werden

[0053] Zusätzlich zu diesen drei für die gesamte Schraubkurve konstanten Werten werden pro Datenpunkt weitere Werte angegeben, um die Schraubkurve rekonstruieren zu können. Dazu ist jedoch ein einzelner Wert pro Datenpunkt ausreichend. Dieser als für jeden Datenpunkt (Sample_n) berechnete Wert (M_n) weist wiederum eine Größe auf, die ebenfalls geringer ist als die Größe der Datenmenge der Moment-Zeit-Paare. Auch die Größe dieser Datenpakete könnte z.B. 4 Byte betragen. Demnach ist - abgesehen von der Datenmenge, die für die Startzeit, Abtastrate und Anzahl der Wertepaare benötigt wird - eine Reduzierung der Datenmenge für jeden Punkt der Schraubkurve möglich. Im genannten Beispiel kann die Datenmenge pro Punkt der Schraubkurve z.B. halbiert werden. Daraus ergibt sich, dass (bei gleicher Datenmenge für Startzeit, Abtastrate und Anzahl der Wertepaare und jeden einzelnen berechneten Wert pro Schraubkurvenpunkt (M_n)) von z.B. 4 Byte bereits bei einer aus vier Wertepaaren ($4 \times 2 \times 4 = 32$ Byte) bestehenden Schraubkurve einer Reduzierung der Daten-

menge (auf $3 \times 4 + 4 \times 4 = 28$ Byte) erreicht werden kann.

[0054] Nach der Berechnung dieser komprimierten Daten werden diese von dem Schraubspindelmodul 3 an das Auswertemodul 2 übermittelt. Durch die Reduzierung der Datenmenge kann die Dauer und somit der Energieaufwand für die Übermittlung bei gleicher Bandbreite reduziert werden.

[0055] Im Auswertemodul 2 erfolgt nach Empfang der Daten die Rückberechnung der Schraubkurve bzw. der Wertepaare, die diese Schraubkurve charakterisieren. Da t_0 und die Abtastrate bekannt (und über die gesamte Schraubkurve konstant) sind, kann jedem der übermittelten Datenpunkte M_n der entsprechende t_n -Wert zugeordnet werden. Es ist somit durch dieses Verfahren im Auswertemodul 2 eine vollständige Rekonstruktion (Rückberechnung der Schraubkurve aus den komprimierten Daten möglich.

[0056] Die Anmelderin behält sich vor, sämtliche in den Anmeldungsunterlagen offenbarten Merkmale als erfindungswesentlich zu beanspruchen, sofern sie einzeln oder in Kombination gegenüber dem Stand der Technik neu sind.

Bezugszeichenliste

1	Schraubsystem
2	Steuerungsmodul
3	Schraubspindelmodul
4	Kommunikationseinrichtungen 4
5	Akkumulator
6	Kommunikationskanal
7	kabelgebundene Leitung
8	Funkmodul
9	Verarbeitungs- bzw. Steuereinrichtung
10	Elektromotor
11	Anzeigeeinheit
12	Winkelkopf
13	Arbeitskopfes
14	Speichereinrichtung
15	Eingabeeinrichtung
16	Messeinrichtung z.B. Winkelgeber
18	Antriebselektronik
19	zweitteilige Leitung
20	Leitung
21	Gehäuse

22	Getriebe
23	Zweite Messeinrichtung
24	kabelgebundene Verbindung bzw. Daten-Leitung
40	Schraubkurve
41	Trennlinien

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verwendung eines akkubetriebenen Schraubsystems (1), welches dafür geeignet ist, Schraubverbindungen mittels einer motorgetriebenen Arbeitsspindel einzurichten, wobei das akkubetriebene Schraubsystem (1) Kommunikationseinrichtungen (4, 8) für eine drahtlose Datenübertragung von Daten zur Definition von einen Schraubvorgang beschreibenden Schraubkurven (40) zwischen einem Schraubspindelmodul (3) und einem Auswertemodul (2) aufweist, wobei wenigstens zwei für die Schraubkurve (40) charakteristische Größen mittels der Kommunikationseinrichtungen (4, 8) drahtlos übertragen werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zu übertragenden Daten auf Seite des Schraubspindelmoduls (3) durch eine Berechnung von zur Charakterisierung der Schraubkurve (40) relevanten Größen modifiziert werden, wobei die Berechnung der zur Charakterisierung der Schraubkurve (40) relevanten Größen eine Komprimierung der Daten umfasst, wobei die Schraubkurve (40) in einzelne Stufen aufgeteilt wird und für jede Stufe jeweils charakteristische Werte für Startwinkel und Startzeit oder Abtastrate übertragen werden und pro Datenpunkt ein einzelner weiterer Wert angegeben wird, um die Schraubkurve rekonstruieren zu können.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem ersten Schritt auf Seiten des Schraubspindelmoduls (3) aus der Schraubkurve (40) ein zu übertragener Datensatz berechnet wird und in einem darauf folgenden zweiten Schritt eine Übertragung dieser die Schraubkurve charakterisierende Daten an das Auswertemodul (2) erfolgt.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die drahtlose Übertragung der Daten zwischen den Kommunikationseinrichtungen (4, 8) nach einer erfolgten Übertragung der Daten zur Definition einer Schraubkurve (40) unterbrochen wird, wodurch ein Energieverbrauch der Kommunikationseinrichtungen zur Übertragung der zur Definition einer Schraubkurve (40) notwendigen Daten reduziert wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass

Moment/Winkel- und/oder Moment/Zeit-Wertepaare einer Schraubkurve (40) innerhalb einer Stufe mit gleichbleibender Drehzahl und Abtastrate aus drahtlos übertragenen Daten für Startwinkel und Startzeit errechnet werden.

5. Verfahren nach einem der nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zeit zur Übertragung der Daten, welche in dem Auswertemodul (2) zur Berechnung der die Schraubkurve (40) charakterisierenden Moment/Winkel- und/oder Moment/Zeit-Wertepaare benötigt wird, gegenüber der Übertragung der Moment/Winkel- und/oder Moment/Zeit-Wertepaare bei gleicher Bandbreite reduziert ist.

6. Akkubetriebenes Schraubsystem (1), welches dafür geeignet ist, Schraubverbindungen mittels einer motorgetriebenen Arbeitsspindel einzurichten, wobei das akkubetriebene Schraubsystem (1) Kommunikationseinrichtungen (4, 8) für eine drahtlose Datenübertragung von Daten zur Definition von einen Schraubvorgang beschreibenden Schraubkurven (40) zwischen einem Schraubspindelmodul (3) und einem Auswertemodul (2) aufweist, wobei die Kommunikationseinrichtungen (4, 8) Mittel zur drahtlosen Übertragung von für die Schraubkurve (40) charakteristischen Größen aufweisen und das Auswertemodul (2) eine Einrichtung (9) zur Berechnung von mindestens einer weiteren für die Schraubkurve (40) relevanten Größe aus den Daten aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schraubsystem eine einen Mikrokontroller umfassende Einrichtung aufweist, welche dazu geeignet sind, eine vorgegebene Schraubkurve (40) in einzelne Stufen aufzuteilen, welche jeweils durch Startwinkel und Startzeit oder Abtastrate definierbar und pro Datenpunkt ein einzelner weiterer Werte angebbbar ist, aus welchen die Schraubkurve rekonstruierbar ist.

7. Akkubetriebenes Schraubsystem nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die drahtlose Datenübertragung zwischen den Kommunikationseinrichtungen (4, 8) bidirektional ist.

8. Akkubetriebenes Schraubsystem nach einem der Ansprüche 6-7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Auswertemodul (2) eine Einrichtung (9) aufweist, mittels welcher aus Startwinkel und Startzeit oder Abtastrate einzelne Stufen einer Schraubkurve und/oder die vorgegebene Schraubkurve berechenbar ist.

9. Akkubetriebenes Schraubsystem nach einem der Ansprüche 6-8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die von dem Schraubspindelmodul (2) für die drahtlose Datenübertragung bereitstellbaren und für einzelne Stufen einer Schraubkurve (40) konstanten und charakteristischen Daten einen Startwinkelwert,

einen Drehzahlwert und einen Abtastratenwert
umfassen.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

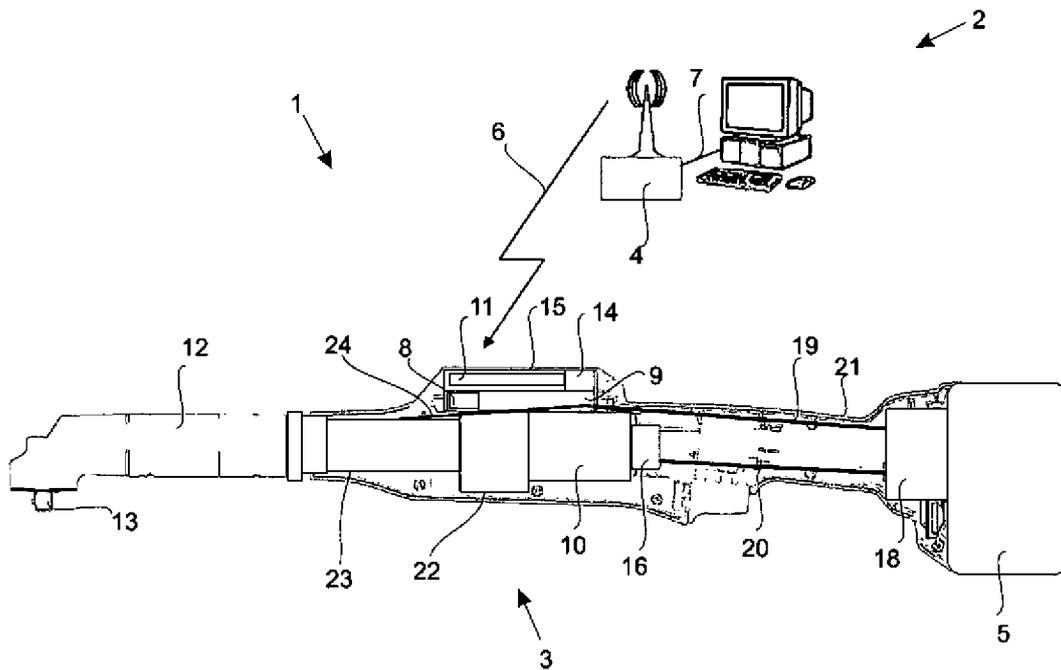


Fig.1

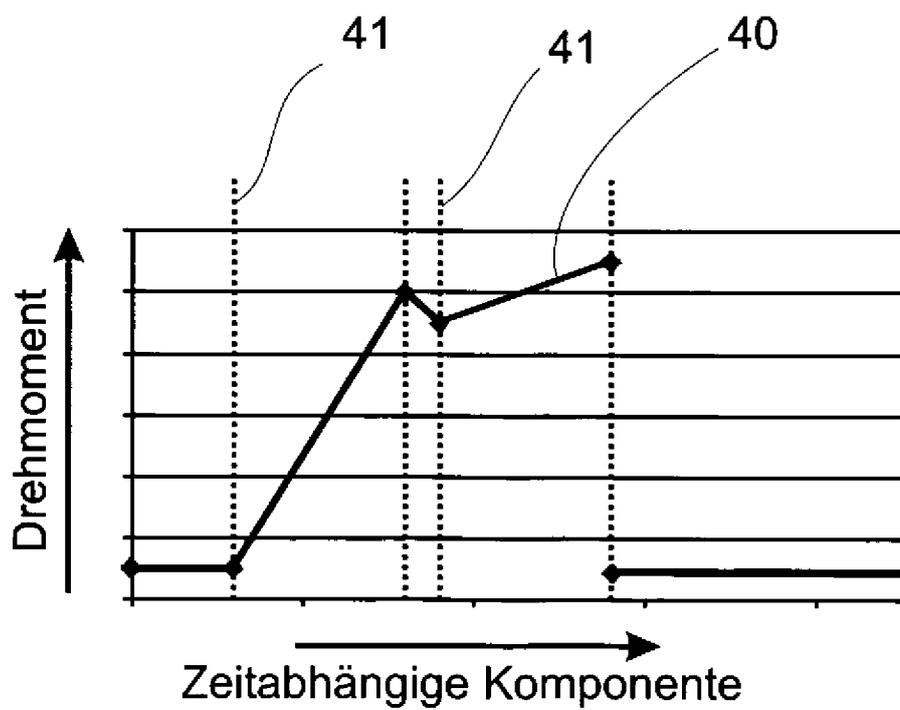


Fig.2

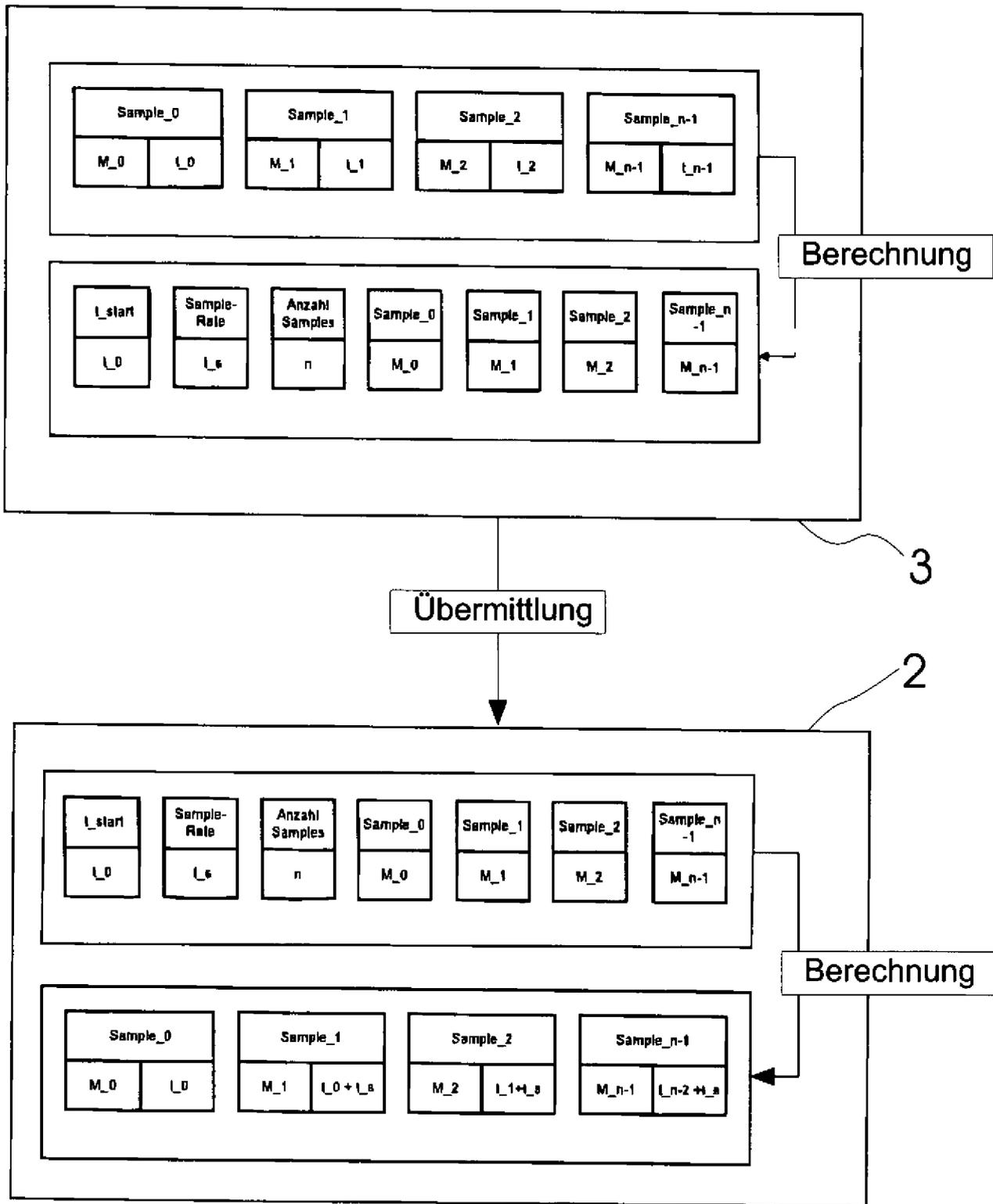


Fig. 3