



(11) **EP 4 574 337 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**25.06.2025 Patentblatt 2025/26**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**B25B 23/147<sup>(2006.01)</sup> B25B 23/142<sup>(2006.01)</sup>**  
**B25B 23/145<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **24210535.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**B25B 23/1425; B25B 23/1456; B25B 23/147**

(22) Anmeldetag: **04.11.2024**

(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 ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**GE KH MA MD TN**

(72) Erfinder:  
• **BRUNS, Johannes**  
**68163 Mannheim (DE)**  
• **TRUNK, Tobias**  
**68163 Mannheim (DE)**  
• **FÖHLISCH, Florian**  
**68163 Mannheim (DE)**  
• **NIEBEL, Timo**  
**68163 Mannheim (DE)**

(30) Priorität: **20.12.2023 DE 102023136021**

(71) Anmelder: **Deere & Company**  
**Moline, IL 61265 (US)**

(74) Vertreter: **Holst, Sönke**  
**John Deere GmbH & Co. KG**  
**Mannheim Regional Center**  
**Global Intellectual Property Services**  
**John-Deere-Strasse 70**  
**68163 Mannheim (DE)**

(54) **VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUM ANZIEHEN EINER SCHRAUBVERBINDUNG**

(57) Ein Verfahren und eine Anordnung zum Anziehen einer Schraubverbindung (10) zwischen einem ersten Bauteil (12) und einem zweiten Bauteil (14), die mit zusammenwirkenden Gewinden (20, 40) ausgestattet sind, umfassen folgende Schritte oder Mittel zu deren Durchführung:  
Drehen eines der Gewinde (20, 40) im Sinne eines Anziehens der Schraubverbindung (10), sukzessives Erfassen des Drehwinkels mittels eines Winkelsensors (50) und des Drehmoments mittels eines Drehmomentsensors (52) beim Anziehen der Schraubverbindung (10), und Auswerten der Signale des Winkelsensors (50) und des Drehmomentsensors (52) durch eine elektronische Verarbeitungseinrichtung (56) zur Bestimmung von einem oder mehreren charakteristischen Merkmalen der Signale und Vergleich des oder der Merkmale mit einem oder mehreren Sollwerten, wobei die elektronische Verarbeitungseinrichtung (56) anhand des Vergleichs erkennt, ob ein Zwischenelement zwischen dem ersten und zweiten Bauteil (12, 14) eingefügt ist, das beim Anziehen der Schraubverbindung bestimmungsgemäß zwischen dem ersten und zweiten Bauteil (12, 14) eingeklemmt wird, und falls sich anhand des Vergleichs ergibt, dass das Zwischenelement fehlt oder nicht korrekt eingesetzt ist, eine Fehlermeldung abzugeben.

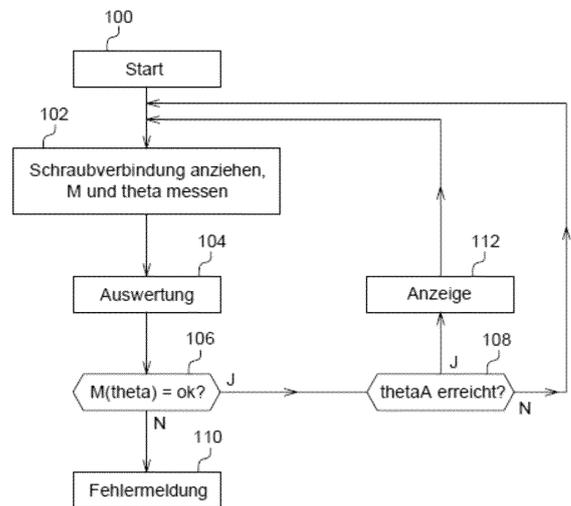


FIG. 6

**EP 4 574 337 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zum Anziehen einer Schraubverbindung zwischen einem ersten Bauteil und einem zweiten Bauteil, die mit zusammenwirkenden Gewinden ausgestattet sind.

### Stand der Technik

**[0002]** Bei der Herstellung oder Reparatur von Bauteilen, Zusammenbauten und ganzen Maschinen oder Fahrzeugen sind üblicherweise Schraubverbindungen vorgesehen, um zwei Elemente insbesondere lösbar untereinander zu verbinden. Die Schraubverbindung umfasst ein erstes Bauelement (Mutter, Muffe o.ä.) mit einem Innengewinde und ein zweites Bauelement (Schraube, Bolzen o.ä.) mit einem zum Innengewinde komplementären Außengewinde. In den meisten Fällen sind in axialer Richtung Zwischenelemente zwischen dem ersten und zweiten Bauelement vorgesehen, die beim Anziehen des Gewindes dazu dienen, eine definierte Anlagefläche für die Bauelemente bereitzustellen (z.B. Unterlegscheiben) und/oder die Verbindung abzudichten (Dichtringe). Im angezogenen Zustand der Schraubverbindung liegt das Zwischenelement demnach sowohl am ersten wie auch am zweiten Bauelement an und wird in axialer Richtung (d.h. der Richtung, in der sich das erste oder zweite Bauelement gegenüber dem jeweils anderen Bauelement beim Andrehen der Verschraubung linear bewegt) zwischen den Bauelementen eingeklemmt, und zwar mit einer vom Andrehmoment abhängigen Kraft.

**[0003]** Zum Festziehen der Schraubverbindung werden, um definierte und reproduzierbare Andrehmomente zu gewährleisten, so genannte Drehmomentschlüssel verwendet. Diese umfassen im einfachsten Fall ein mechanisches Element (Überlastkupplung), das beim Erreichen eines einstellbaren Drehmoments den Kraftschluss zwischen einem Antrieb und dem mit dem gedrehten Bauelement lösbar gekoppelten Abtrieb trennt. Der Antrieb kann ein manuell gehandhabter Hebel oder fremdkraftbetätigt (Motor) sein, und der Abtrieb als Schnittstelle zum gedrehten Bauelement einen Innen- oder Außen-Sechskant- oder einen Maulschlüssel umfassen. Bei fortgeschrittenen Drehmomentschlüsseln wird ein Sensor zur Erfassung des Drehmoments verwendet, der z.B. die vom Drehmoment abhängige Verformung eines mechanischen, in den Kraftschluss zwischen Antrieb und Abtrieb geschalteten Elements erfasst. Eine Auswertungelektronik gibt ein Signal ab, das den Bediener darauf hinweist, wenn ein vorgegbares Soll-Drehmoment erreicht ist.

**[0004]** Bei noch weiter fortgeschrittenen Drehmomentschlüsseln wird nicht nur das übertragene Drehmoment erfasst, sondern auch der zugehörige Drehwinkel. Hierzu kann ein Trägheitssensor verwendet werden, oder es erfolgt eine Winkelmessung zwischen An- und Abtrieb.

**[0005]** Hierzu sei beispielsweise auf den Stand der Technik nach JP S 591172 A verwiesen. Dort wird vorgeschlagen, die Verschraubung zunächst anzuziehen, bis ein erstes Drehmoment erreicht ist, bei dem die Bauelemente schon in Anlage geraten, und anschließend um einen definierten Winkel weiterzudrehen, indem ein entsprechendes Warnsignal an einen Bediener abgegeben wird, damit dieser das Anziehen beendet, um die definierte Verschraubung sicherzustellen.

**[0006]** Weiterhin schlägt die US 2022/0214240 A1 vor, einen mit Winkel- und Drehmomentsensor und elektronischer Auswertungs- und Anzeigeeinheit ausgestatteten Drehmomentschlüssel mit einer drahtlosen Datenübertragungseinrichtung auszustatten, um mittels eines separaten Ein- und Ausgabegeräts das maximale Drehmoment und den Drehwinkel entsprechend der jeweils anzuziehenden Verschraubung vorgeben zu können. Wenn demnach das vorgegebene Drehmoment bzw. der vorgegebene Winkel erreicht wurde, erhält der Bediener ein entsprechendes Signal von der Anzeigeeinheit des Drehmomentschlüssels. Diese Werte werden auch an das separate Ein- und Ausgabegerät zurückgemeldet und dort aufgezeichnet und optional zur Anzeige gebracht oder verwendet, um zu prüfen, ob das richtige Drehmomentprofil verwendet wurde.

**[0007]** Eine optische Erkennung, ob ein Dichtring sich innerhalb eines Montageprozesses an der gewünschten Position befindet, wird in der DE 11 2017 005 961 T5 beschrieben.

### Aufgabe

**[0008]** Wie eingangs erwähnt, werden in den meisten Fällen Zwischenelemente (Unterlegscheiben, Dichtringe, etc.) zwischen den Bauelementen verwendet. Es sind, insbesondere in Fertigungsprozessen (Fließband) oder bei Reparaturarbeiten, Fälle denkbar, in denen das Zwischenelement fehlt (z.B. vergessen wurde oder heruntergefallen ist) oder nicht korrekt positioniert wurde, sodass es nicht an der gewünschten Stelle beispielsweise in einer Nut liegt, sodass es beim Anziehen der Schraubverbindung zerquetscht wird. In diesen Fällen würden die bekannten Drehmomentschlüssel das Problem nicht erkennen, sondern die Verbindung dennoch mit dem vorgegebenen Drehmoment und Winkel anziehen. Das Problem wird erst später bemerkt, wenn beispielsweise Flüssigkeiten austreten oder eine gewünschte Festigkeit der Fixierung nicht erreicht wird. Der Stand der Technik nennt als Lösung für dieses Problem die optische Detektion des Zwischenelements.

**[0009]** Die der Erfindung zu Grunde liegende Aufgabe wird darin gesehen, zumindest einige der erwähnten Nachteile zu vermeiden.

### Lösung

**[0010]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Lehre der Patentansprüche 1 und 7 gelöst, wobei

in den weiteren Patentansprüchen Merkmale aufgeführt sind, die die Lösung in vorteilhafter Weise weiterentwickeln.

**[0011]** Ein Verfahren und eine Anordnung zum Anziehen einer Schraubverbindung zwischen einem ersten Bauteil und einem zweiten Bauteil, die mit zusammenwirkenden Gewinden ausgestattet sind, umfassen folgende Schritte oder Mittel zu deren Durchführung:

Drehen eines der Gewinde im Sinne eines Anziehens der Schraubverbindung, sukzessives Erfassen des Drehwinkels mittels eines Winkelsensors und des Drehmoments mittels eines Drehmomentsensors während des Anziehens der Schraubverbindung, und Auswerten der Signale des Winkelsensors und des Drehmomentsensors durch eine elektronische Verarbeitungseinrichtung zur Bestimmung von einem oder mehreren charakteristischen Merkmalen der Signale und Vergleich des oder der Merkmale mit einem oder mehreren Sollwerten, wobei die elektronische Verarbeitungseinrichtung anhand des Vergleichs erkennt, ob ein Zwischenelement zwischen dem ersten und zweiten Bauteil eingefügt ist, das beim Anziehen der Schraubverbindung bestimmungsgemäß zwischen dem ersten und zweiten Bauteil eingeklemmt wird, und falls sich anhand des Vergleichs ergibt, dass das Zwischenelement fehlt oder nicht korrekt eingesetzt ist, eine Fehlermeldung abgibt.

**[0012]** Mit anderen Worten wird vorgeschlagen, beim Fest- bzw. Anziehen der Schraubverbindung den Winkel und das Drehmoment über die Zeit zu erfassen, d.h. in bestimmten zeitlichen Abständen werden die Messwerte für Winkel und Drehmoment aufgezeichnet. Anhand der gemessenen Werte werden ein oder mehrere charakteristische Merkmale der Signale berechnet, wie Kurvenform (Verlauf) und/oder Kurvenhöhe und/oder Kurvensteigung des als Funktion des Winkels aufgetragenen Drehmoments, und mittels eines Vergleichs des oder der Merkmale mit einem oder mehreren Sollwerten, die beispielsweise richtig oder falsch oder nicht eingebaute Zwischenelemente repräsentieren können, kann durch eine elektronische Verarbeitungseinrichtung erkannt werden, ob das Zwischenelement vorhanden ist oder fehlt. Es kann optional auch erkannt werden, wenn das Zwischenelement nicht korrekt eingebaut ist, d.h. beispielsweise verkantet ist oder sich nicht in einer Nut befinden sollte. Falls das Zwischenelement fehlt oder nicht korrekt angeordnet ist, gibt die Verarbeitungseinrichtung ein Fehlersignal ab. Letzteres kann einem Bediener angezeigt oder von einer selbsttätigen Anordnung genutzt werden, um den Fehler zu korrigieren.

**[0013]** Für die Bereitstellung der Sollwerte sind unterschiedliche Vorgehensweisen denkbar. Einerseits kann eine Messung des Drehmoments in Abhängigkeit des Winkels an einer oder mehreren vergleichbaren bzw.

gleichartigen Schraubverbindungen erfolgen, die nicht fehlerhaft ist. Man erhält auf diese Weise eine Sollkurve, aus der charakteristische Merkmale abgeleitet werden können, die anschließend mit den charakteristischen Merkmalen der angezogenen, zu untersuchenden Schraubverbindung verglichen wird. Andererseits besteht auch die Möglichkeit, die Sollkurve und/oder Sollwerte anhand von theoretischen Überlegungen, Simulationen oder Rechnungen zu bestimmen. Es kann beispielsweise durch finite-Elemente-Rechnungen eine Sollkurve für zu erwartende Drehmomente als Funktion des Winkels berechnet werden, basierend auf Daten der Schraubverbindung, wie Gewindeabmessungen, -steigungen, Flankenwinkeln, Materialien, Reibungs- und Elastizitätskoeffizienten etc.

#### Ausführungsbeispiel

**[0014]** Anhand der Abbildungen wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Querschnittszeichnung einer Schraubverbindung,

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Drehmomentschlüssels,

Fig. 3 ein Diagramm zu aufgenommenen Drehmomenten in Abhängigkeit vom Drehwinkel beim Anziehen von Schraubverbindungen,

Fig. 4 ein Schema zur Winkelabhängigkeit des Drehmoments beim Festziehen der Schraubverbindung,

Fig. 5 ein Histogramm für Steigungen des Drehmoments in unterschiedlichen Situationen, und

Fig. 6 ein Flussdiagramm zur Vorgehensweise beim Anziehen der Schraubverbindung.

**[0015]** Die Figur 1 zeigt ein Beispiel für eine Schraubverbindung 10 zwischen einem ersten Bauteil 12 und einem zweiten Bauteil 14 in einem nicht-montierten Zustand. Das erste Bauteil 12 umfasst ein Rohr 16, durch das eine Flüssigkeit oder ein Gas geleitet werden kann, und ein fest am Rohr 16 angebrachtes, erstes Hohlteil 18 mit einem Außengewinde 20. Das erste Hohlteil 18 ist an seiner äußeren Stirnfläche 22 mit einer Nut 24 versehen. Das zweite Bauteil 14 umfasst ebenfalls ein Rohr 26, an dem ein zweites Hohlteil 28 befestigt ist. Das zweite Hohlteil 28 umfasst an seiner äußeren Stirnfläche 30 ebenfalls eine Nut 32. Eine Überwurfmutter 36 mit einem hinteren Kragen 38, der an der (von der Stirnfläche 30 beabstandeten Rückfläche 42 des zweiten Hohlteils 28 anliegt) ist mit einem Innengewinde 40 ausgestattet.

**[0016]** Die Figur 1 zeigt die Schraubverbindung 10 im demontierten Zustand. Es ist erkennbar, dass zwischen

den Stirnflächen 22, 30 der Hohlteile 20, 28 ein Dichtring 34 innerhalb der Nuten 24, 30 positionierbar ist, der im angezogenen Zustand der Überwurfmutter 36 eine Abdichtung bereitstellt. Auch die Hohlteile 20, 28 sind mit den Rohren 16 bzw. 26 derart gekoppelt (z.B. verschweißt, verklebt oder gequetscht), dass dort keine Flüssigkeit oder Gas austreten kann. Die Gewinde 20 und 40 wirken derart zusammen, dass beim Anziehen der Überwurfmutter 36 der Dichtring 34 mit einer bestimmten, definierbaren axialen (in Figur 1 in horizontaler Richtung wirkenden) Kraft zusammengedrückt wird.

**[0017]** Die Figur 2 zeigt einen Drehmomentschlüssel 44 in schematischer Darstellung. Er umfasst eine Schnittstelle 46 zum Herstellen einer drehmomentschlüssigen Verbindung mit der Überwurfmutter 36, einen Hebelarm 48 mit einem Handgriff 51 sowie einen Winkelsensor 50, einen Drehmomentsensor 52 und eine Elektronikeinheit 54 mit einer elektronischen Verarbeitungseinrichtung 56 und einer Anzeigeeinrichtung 58. Zwischen der Schnittstelle 46 und dem Hebelarm 48 kann eine verstellbare Verbindung 60 angeordnet sein, die u.a. aus ergonomischen Gründen ein Schwenken des Hebels 48 gegenüber der Schnittstelle 46 in der Zeichenebene der Figur 2 und/oder ein Rückstellen des Hebels 48 (z.B. mittels einer Ratsche) gegenüber der Schnittstelle 46 ermöglicht, nachdem die Schraubverbindung mittels der Überwurfmutter 36 um einen bestimmten Winkel gedreht wurde. Der Winkelsensor 50 und der Drehmomentsensor 52 sind signalübertragend (per Kabel oder drahtlos) mit der Verarbeitungseinrichtung 56 und der Anzeigeeinrichtung 58 verbunden. Die Verarbeitungseinrichtung 56 und ggf. die Anzeigeeinrichtung 58 könnte auch im Abstand vom Drehmomentschlüssel 44 angeordnet sein. Zum grundsätzlichen mechanischen und elektronischen Aufbau des Drehmomentschlüssels 44 sei auch auf den Stand der Technik nach JP S 591172 A und US 2022/0214240 A1 verwiesen, deren Offenbarungen durch Verweis mit in die vorliegenden Unterlagen aufgenommen werden.

**[0018]** Die Figur 3 zeigt Beispiele für in der Praxis aufgenommene Drehmomente  $M$  (Y-Achse) abhängig vom Winkel  $\theta$  (X-Achse). Es lassen sich im Wesentlichen zwei Gruppen von Kurven unterscheiden, nämlich jene im linken Bereich (unterhalb der vertikalen Linie 68) und jene im rechten Bereich jenseits der Linie 68. Die nur im linken Bereich zu sehenden Kurven weisen eine relativ große Steigung auf. Sie verlaufen im Wesentlichen zunächst parabelförmig oder exponentiell und später mehr oder weniger linear. Jene Kurven, die sich auch jenseits der Linie 68 finden, sind zunächst relativ flach verlaufend (hier wird der Dichtring 34 zusammengedrückt) und umfassen eine Stelle, an der die Steigung stark ansteigt. Diese Stelle lässt sich als Fügepunkt 66 identifizieren, an dem zwei Metallflächen (im Beispiel der Figur 1: die Stirnflächen 22, 30) aneinander zum Anliegen kommen. Die Steigung jenseits des Fügepunkts 66 entspricht etwa auch der Steigung der im linken Bereich zu sehenden Kurven, bei denen der Dichtring 34

fehlt.

**[0019]** In der Figur 4 ist schematisch dargestellt, welche Drehmomente  $M$  (Y-Achse) abhängig vom Winkel  $\theta$  (X-Achse) zu erwarten sind, wenn die Schraubverbindung angezogen wird. Ausgehend vom Winkel und Drehmoment null ergibt sich (wenn der Dichtring 34 korrekt montiert ist) zunächst eine relativ kleine Steigung  $m$  des durch eine Gerade angenäherten Drehmoments, die durch die Reibung der Gewinde 20, 40 und die Elastizität des Dichtrings 34 bedingt wird, bis bei einem Punkt 66 das Fügemoment  $M_F$  erreicht wird, an dem die äußeren Stirnflächen 22, 30 direkt mechanisch aneinander in Anlage geraten. Ab dort steigt das Drehmoment  $M$  etwa linear mit dem Winkel  $\theta$  an, mit einer etwa konstanten Steigung  $m_{lin}$ . Beim Winkel  $\theta_A$  (A steht für den Anzugswinkel, bei dem das Anziehen beendet wird) wird der Anziehvorgang beendet, da dann die Verschraubung hinreichend fest angezogen ist. Wenn hingegen der Dichtring 34 fehlt oder nicht korrekt montiert ist, ergibt sich die links eingezeichnete Kurve 70 mit wesentlich höheren Steigungen im Anfangsbereich (der Bereich flacher Steigung, der bei der rechts in Figur 4 eingezeichneten Kurve durch die Verformung des Dichtrings 34 entstanden ist, fehlt) und später etwa gleicher Steigung wie bei der rechten Kurve jenseits des Punktes 66, bei dem das Fügemoment erreicht ist (diese Steigungen ergeben sich primär aufgrund der durch die Spannung der Gewinde 20, 40 aufgebauten Rückstellkräfte), jedoch größeren Absolutwerten.

**[0020]** Die Figur 5 zeigt ein Histogramm, in dem auf der X-Achse die Steigung  $m$ , d.h. das vom Drehmomentsensor 52 gemessene, durch den vom Winkelsensor 50 erfassten Winkel geteilte Drehmoment vor dem Erreichen des Fügemoments  $M_F$ , dargestellt wird, während auf der Y-Achse die zugehörige Häufigkeit gezeigt wird. Falls der Dichtring 34 korrekt eingebaut wurde, ist die Steigung  $m$  relativ klein, was daran liegt, dass der aus elastomerem Material bestehende Dichtring 34 in den Nuten 24, 32 liegt und nach und nach zusammengedrückt wird. Die zugehörige Verteilung kann durch eine erste (Glocken-) Kurve 62 angenähert werden. Es treten jedoch auch Fälle auf, in denen der Dichtring 34 nicht korrekt eingebaut wurde und beim Anziehen der Verschraubung zerquetscht wird, oder in denen er komplett fehlt. In diesen Fällen ist die Steigung  $m$  wesentlich größer, da die Stirnflächen 22, 32 eher als bei korrekt eingebautem Dichtring 34 oder direkt in Kontakt miteinander treten. Die zugehörige Verteilung kann durch eine zweite Kurve 64 angenähert werden, deren Maximum bei wesentlich höheren Steigungen  $m$  liegt als bei der ersten Kurve 62.

**[0021]** Es wird nach alledem vorgeschlagen, dass die Verarbeitungseinrichtung 56 des Drehmomentschlüssels 44 der Figur 2 nach dem Flussdiagramm der Figur 6 arbeitet.

**[0022]** Der Vorgang beginnt mit einer Initialisierung im Schritt 100, bei der durch die Verarbeitungseinrichtung 56 beispielsweise Informationen zur herzustellenden

Schraubverbindung aus einer Datenbank entnommen werden, die in der Verarbeitungseinrichtung 56 abgespeichert ist und anhand einer automatisch, z.B. von einem computergestützten (Fertigungs-) Prozessleitsystem mittels einer Datenfernübertragung wie Bluetooth oder WLAN, oder eines RFID-Chips der Schraubverbindung oder mittels einer Kamera erkannt, oder von Hand eingegebenen Identifizierung abgerufen werden kann.

**[0023]** Im nachfolgenden Schritt 102 wird nun die Schraubverbindung angezogen, wie oben beschrieben, und das Drehmoment  $M$  und der Winkel  $\theta$  werden mittels der Sensoren 50, 52 über die Zeit erfasst und der Verarbeitungseinrichtung 56 zugeführt.

**[0024]** Im folgenden Schritt 104 erfolgt eine Auswertung. Dabei können eine oder mehrere der im Schritt 102 erfassten Daten ausgewertet werden. Zunächst erfolgt eine Vorverarbeitung, bei der nicht plausible Daten verworfen werden und nur Daten weiterverwendet werden, die oberhalb eines bestimmten Mindestdrehmoments liegen. Zudem können an sich bekannte Vorgehensweisen verwendet werden, um Ausreißer und Rauschen zu entfernen und z.B. durch lineare Regression Mittelwerte beispielsweise für Steigungen zu bestimmen.

**[0025]** Die vorverarbeiteten, über die Zeit aufgenommenen Messwerte für den Winkel und das Drehmoment werden ausgewertet, um charakteristische Merkmale der Kurven für die Winkelabhängigkeit des Drehmoments zu bestimmen. Diese Merkmale werden anschließend mit Sollwerten verglichen, um zu erkennen, ob der Anziehvorgang der Schraubverbindung korrekt erfolgt oder nicht.

**[0026]** In einem einfachen Fall kann ein Vergleich zwischen der Steigung  $m$  bis zum Erreichen des Fügемомents  $M_F$  (d.h. vor dem Erreichen des Punktes 66 der Figuren 3 und 4) mit abgespeicherten, aus der Datenbank entnommenen Sollwerten erfolgen. Alternativ oder zusätzlich kann das Erreichen des Fügемомents  $M_F$  (d.h. das Erreichen des Punktes 66 der Figur 3 und 4) anhand der sich dort ändernden Steigung erkannt und mit abgespeicherten, aus der Datenbank entnommenen Sollwerten für das Fügемомent  $M_F$  verglichen werden. Alternativ oder zusätzlich kann die Steigung  $m_{lin}$  jenseits des Erreichens des Fügемомents  $M_F$  (d.h. nach dem Erreichen des Punktes 66 der Figur 3 oder 4) erfasst und mit abgespeicherten, aus der Datenbank entnommenen Sollwerten verglichen werden.

**[0027]** Anhand von charakteristischen Merkmalen des Verlaufes des gemessenen Drehmoments und Winkels ist durch die Verarbeitungseinrichtung 56 demnach erkennbar, ob das Anziehen der Schraubverbindung korrekt verläuft oder nicht. Hierbei könnte auch auf gelerntes Wissen einer künstlichen Intelligenz, die mit hinreichend vielen Vergleichsdaten gefüttert wird oder bei der Arbeit zunächst zu Lernzwecken nur Daten erfasst und nach einer Lernphase in der Lage ist, ein korrektes Anziehen der Schraubverbindung zu erkennen, zurückgegriffen werden. Alternativ kann auf Messreihen oder theoretische

Berechnungen zur Berechnung der Sollwerte der charakteristischen Merkmale zurückgegriffen werden.

**[0028]** Wenn sich im dem Schritt 104 folgenden Schritt 106 ergibt, dass der Drehmomentverlauf einem korrekt eingebauten Dichtring 34 entspricht, folgt der Schritt 108, in dem geprüft wird, ob der einzustellende Winkel  $\theta_A$  erreicht ist, und falls das nicht der Fall ist, wieder der Schritt 102 folgt. Das Drehmoment und der Winkel sowie die daraus abgeleiteten charakteristischen Merkmale (hier: insbesondere die Steigung  $m$ ) werden demnach quasi kontinuierlich (bzw. in regelmäßigen zeitlichen Abständen) erfasst und mit Sollwerten verglichen.

**[0029]** Falls sich im Schritt 108 ergibt, dass der einzustellende Winkel  $\theta_A$  erreicht ist, folgt der Schritt 112, in welchem mittels der Anzeigeeinrichtung 58 (und/oder akustisch) ein Hinweis gegeben wird, dass der Bediener den Vorgang beenden kann, worauf wieder der Schritt 102 folgt, in dem eine weitere Schraubverbindung angezogen wird.

**[0030]** Ergibt sich im Schritt 106 hingegen, dass der Drehmomentverlauf nicht wie für einen korrekt eingebauten Dichtring 34 erwartet verläuft, wird im Schritt 110 mittels der Anzeigeeinrichtung 58 (und/oder akustisch) ein Hinweis gegeben, dass der Schraubvorgang nicht korrekt verläuft und der Dichtring fehlt oder nicht richtig eingelegt wurde. Der Bediener kann demnach die Schraubverbindung demontieren und den Dichtring 34 einfügen oder ersetzen.

**[0031]** In der beschriebenen Ausführungsform erfolgt die Prüfung des Schraubvorgangs kontinuierlich über den gesamten Schraubvorgang. Alternativ können die Schritte 104 und 106 aus Figur 6 auch nach Erreichen von  $\theta_A$  (Schritt 108) auf Basis der vollständig vorliegenden Messdaten des Schraubfalls erfolgen.

**[0032]** Es sei noch angemerkt, dass die Schraubverbindung nach Figur 1 nur ein Beispiel darstellt. Die Schraubverbindung 10 könnte auch als normale Schraube ausgeführt sein, die sich durch Öffnungen in zwei zu fixierenden Bauteile 12, 14 hindurch erstreckt und mittels einer Unterlegscheibe und einer daran anliegenden Mutter fixiert wird. In diesem Fall wäre die Verarbeitungseinrichtung 56 in der Lage, eine fehlende oder nicht richtig eingebaute Unterlegscheibe zu erkennen. Beliebige andere Ausführungsformen der Schraubverbindung sind denkbar.

**[0033]** Zudem ist der Drehmomentschlüssel 44 nur ein Beispiel für eine Anordnung zum Anziehen einer Schraubverbindung mit einem definierten Drehmoment. Anstelle des Hebels 48 und Griffs 50 könnte demnach ein fremdkraftbetätigter Antrieb treten, der die Schnittstelle 46 mit einem durch Sensoren 50, 52 messbaren Drehmoment und Winkel rotiert. Dieser Antrieb könnte vom Arm eines Bedieners oder Roboters gehalten werden. Die Verarbeitungseinrichtung 56 wäre in diesem Fall in der Lage, im Schritt 110 den Antrieb selbsttätig anzuhalten oder dessen Drehrichtung umzukehren.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Anziehen einer Schraubverbindung (10) zwischen einem ersten Bauteil (12) und einem zweiten Bauteil (14), die mit zusammenwirkenden Gewinden (20, 40) ausgestattet sind, mit folgenden Schritten:

Drehen eines der Gewinde (20, 40) im Sinne eines Anziehens der Schraubverbindung (10), sukzessives Erfassen des Drehwinkels mittels eines Winkelsensors (50) und des Drehmoments mittels eines Drehmomentsensors (52) beim Anziehen der Schraubverbindung (10), und

Auswerten der Signale des Winkelsensors (50) und des Drehmomentsensors (52) durch eine elektronische Verarbeitungseinrichtung (56) zur Bestimmung von einem oder mehreren charakteristischen Merkmalen der Signale und Vergleich des oder der Merkmale mit einem oder mehreren Sollwerten,

**dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Verarbeitungseinrichtung (56) anhand des Vergleichs erkennt, ob ein Zwischenelement zwischen dem ersten und zweiten Bauteil (12, 14) eingefügt ist, das beim Anziehen der Schraubverbindung bestimmungsgemäß zwischen dem ersten und zweiten Bauteil (12, 14) eingeklemmt wird, und falls sich anhand des Vergleichs ergibt, dass das Zwischenelement fehlt oder nicht korrekt eingesetzt ist, eine Fehlermeldung abzugeben.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Zwischenelement ein Dichtring (34) oder eine Unterlegscheibe ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Fehlermeldung auf einer Anzeigeeinrichtung (58) angezeigt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Verarbeitungseinrichtung (56) das fehlende oder nicht korrekt eingesetzte Zwischenelement anhand einer oder mehrerer oder aller folgender, anhand der Signale des Winkelsensors (50) und des Drehmomentsensors (52) berechneter charakteristischer Merkmale im Vergleich mit einem oder mehreren zugehörigen Sollwerten erkennt:

Steigung ( $m$ ) des Drehmoments abhängig vom Winkel bis zum Erreichen eines Fügемoments, bei dem sich die Steigung ( $m$ ) aufgrund einer sich ergebenden, direkten mechanischen Berührung zwischen beiden Bauteilen (12, 14) ändert

Steigung ( $m_{lin}$ ) des Drehmoments abhängig

vom Winkel nach dem Erreichen des Fügемoments, und/oder Wert des Fügемoments.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Winkelsensor (50), der Drehmomentsensor (52) und die Verarbeitungseinrichtung (56) in einen Drehmomentschlüssel (44) eingebaut sind.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Verarbeitungseinrichtung (56) Informationen hinsichtlich der Schraubverbindung (10) zuführbar sind und die Verarbeitungseinrichtung (56) anhand der Informationen für den Vergleich benötigte Sollwerte aus einer Datenbank entnimmt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die von der Verarbeitungseinrichtung verwendeten Sollwerte auf Messungen und/oder Rechnungen beruhen.
8. Anordnung zum Anziehen einer Schraubverbindung (10) zwischen einem ersten Bauteil (12) und einem zweiten Bauteil (14), die mit zusammenwirkenden Gewinden (20, 40) ausgestattet sind, mit:

Mitteln zum Drehen eines der Gewinde (20, 40) im Sinne eines Anziehens der Schraubverbindung (10),

einem Winkelsensor (50) und einem Drehmomentsensor (52) zum sukzessiven Erfassen des Drehwinkels und des Drehmoments beim Anziehen der Schraubverbindung (10), und einer elektronischen Verarbeitungseinrichtung (56) zum Auswerten der zeitabhängigen Signale des Winkelsensors (50) und des Drehmomentsensors (52) zur Bestimmung von einem oder mehreren charakteristischen Merkmalen der Signale und Vergleich des oder der Merkmale mit einem oder mehreren Sollwerten,

**dadurch gekennzeichnet, dass** die elektronische Verarbeitungseinrichtung (56) konfiguriert ist, anhand des Vergleichs zu erkennen, ob ein Zwischenelement zwischen dem ersten und zweiten Bauteil (12, 14) eingefügt ist, das beim Anziehen der Schraubverbindung bestimmungsgemäß zwischen dem ersten und zweiten Bauteil (12, 14) eingeklemmt wird, und falls sich anhand des Vergleichs ergibt, dass das Zwischenelement fehlt oder nicht korrekt eingesetzt ist, eine Fehlermeldung abzugeben.

9. Anordnung nach Anspruch 8, wobei der Winkelsensor (50), der Drehmomentsensor (52) und die Verarbeitungseinrichtung (56) in einen Drehmomentschlüssel (44) eingebaut sind.

FIG. 1

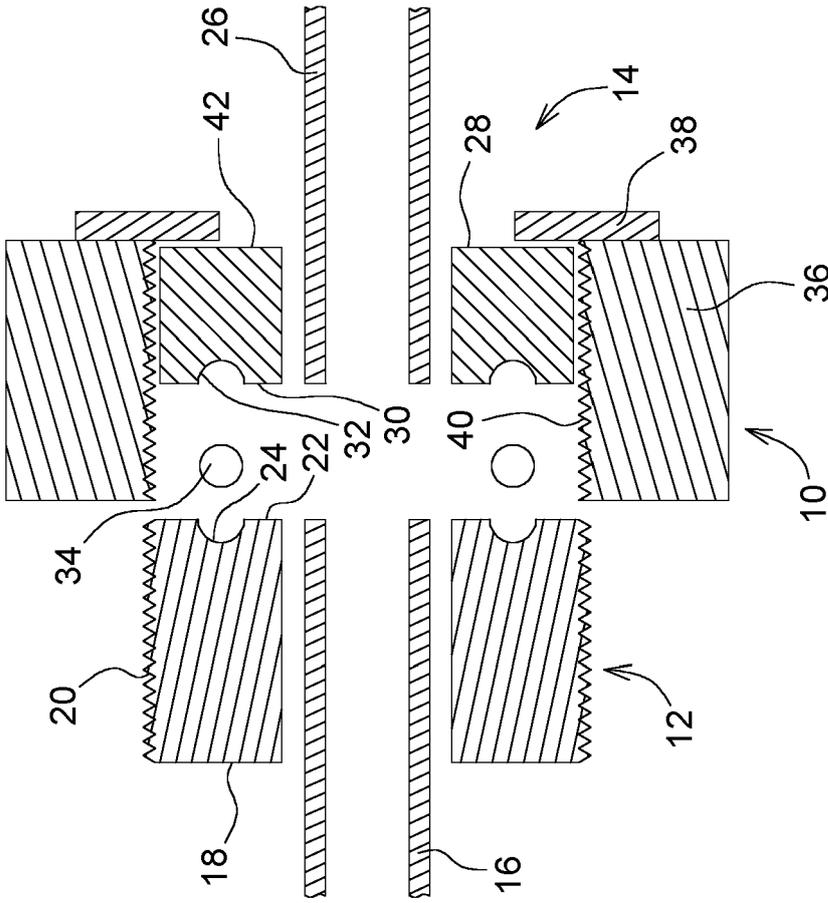
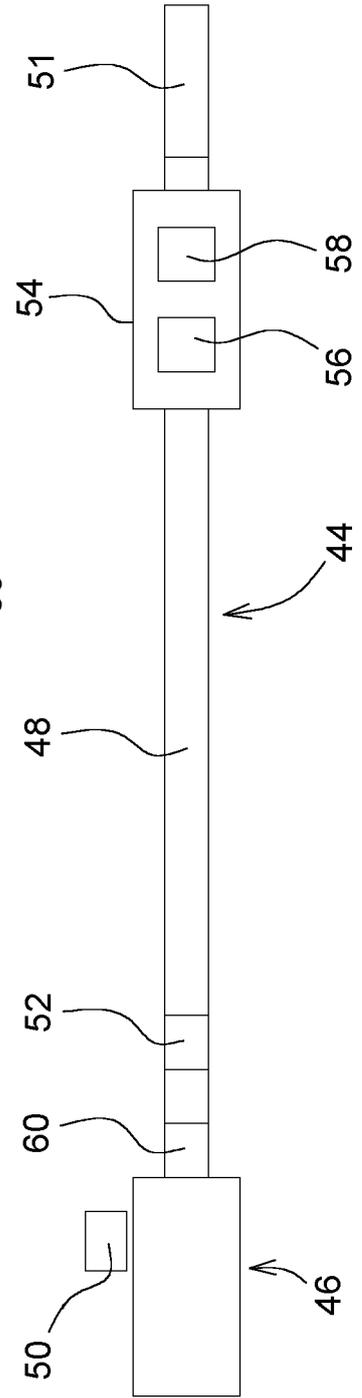


FIG. 2



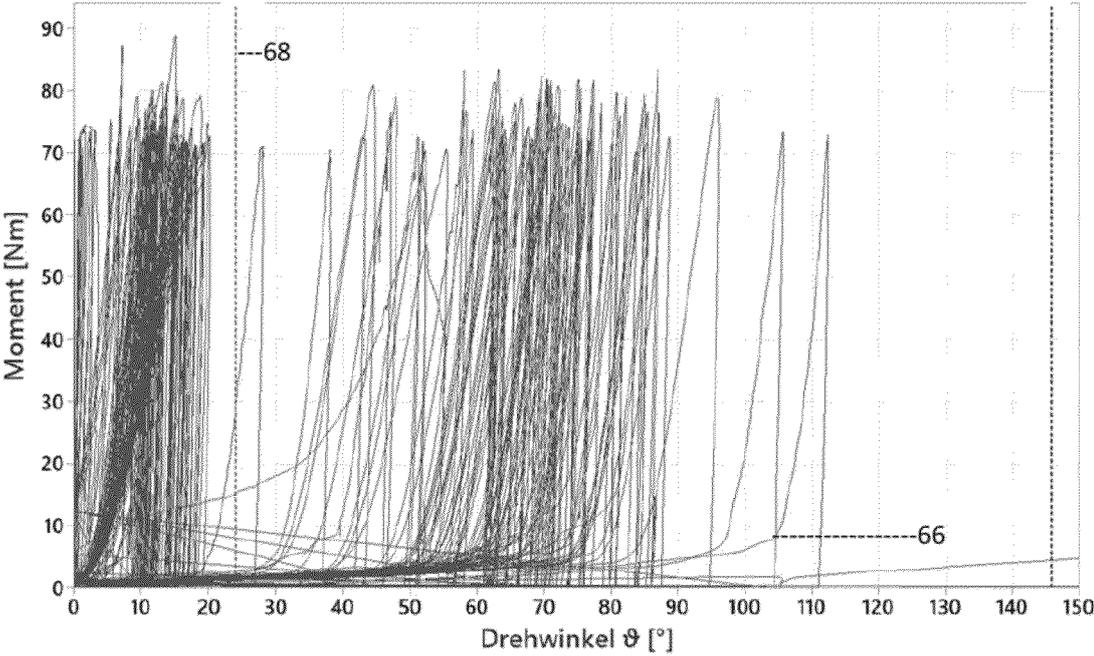


Fig. 3

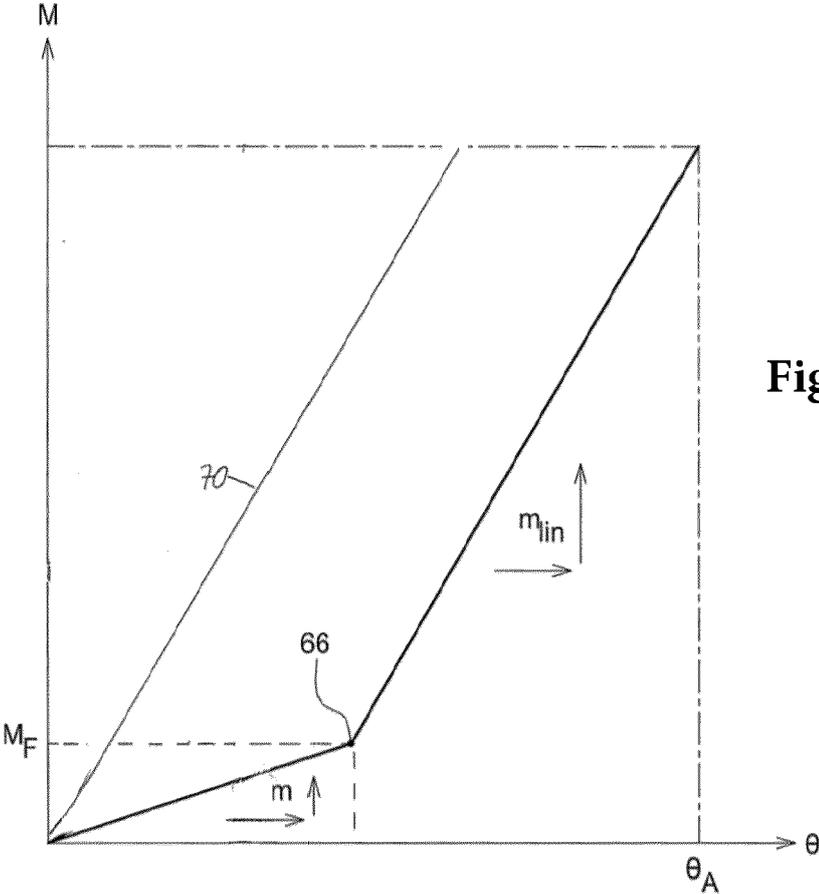


Fig. 4

FIG. 5

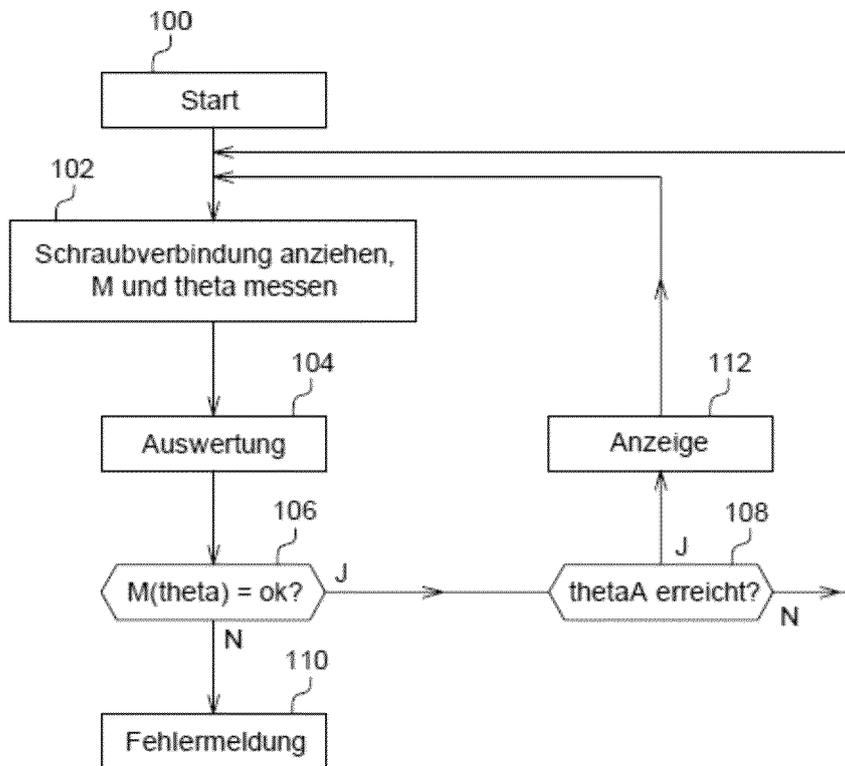
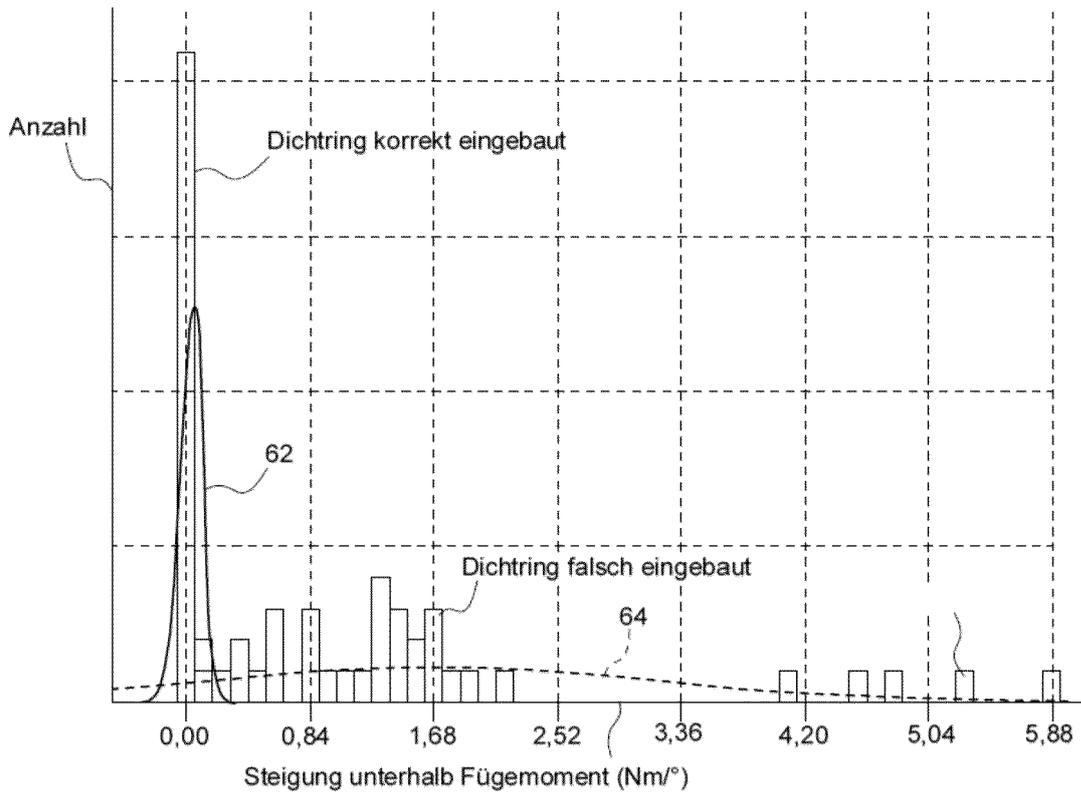


FIG. 6



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 24 21 0535

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2017/075129 A1 (ULTRA CLEAN TECH [US]) 4. Mai 2017 (2017-05-04) * Absatz [0022] - Absatz [0042]; Abbildungen 1-11 *	1-9	INV. B25B23/147 B25B23/142 B25B23/145
X	EP 3 627 125 B1 (FISCHER G ROHRLEITUNGSSYSTEME AG [CH]) 2. November 2022 (2022-11-02) * das ganze Dokument *	1-9	
A	US 6 318 766 B1 (SWAGELOK CO [US]) 20. November 2001 (2001-11-20) * Spalte 2, Zeile 59 - Spalte 5, Zeile 32; Abbildungen 1-7B *	1,8	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F16L G01L B25B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>Den Haag</b>		Abschlussdatum der Recherche <b>14. März 2025</b>	Prüfer <b>Pothmann, Johannes</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 24 21 0535

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

14-03-2025

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2017075129 A1	04-05-2017	TW 201718190 A	01-06-2017
		US 2017120429 A1	04-05-2017
		WO 2017075129 A1	04-05-2017
-----			
EP 3627125 B1	02-11-2022	CN 110919577 A	27-03-2020
		EP 3627125 A1	25-03-2020
		ES 2933117 T3	02-02-2023
		FI 3627125 T3	31-01-2023
		HU E060794 T2	28-04-2023
		JP 7504569 B2	24-06-2024
		JP 2020097095 A	25-06-2020
		KR 20200033748 A	30-03-2020
		PL 3627125 T3	20-03-2023
		PT 3627125 T	09-12-2022
US 2020086464 A1	19-03-2020		
-----			
US 6318766 B1	20-11-2001	EP 1015803 A1	05-07-2000
		JP 2001516862 A	02-10-2001
		KR 20010023976 A	26-03-2001
		US 2001040378 A1	15-11-2001
		WO 9914525 A1	25-03-1999
-----			

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**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**

- JP S591172 A [0005] [0017]
- US 20220214240 A1 [0006] [0017]
- DE 112017005961 T5 [0007]