



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**21.10.2009 Patentblatt 2009/43**

(51) Int Cl.:  
**B25B 21/00 (2006.01) B25B 23/145 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **09157357.6**

(22) Anmeldetag: **06.04.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE ES FR**

(30) Priorität: **18.04.2008 DE 102008019765**

(71) Anmelder:  
• **Hohmann, Jörg**  
**59872 Meschede (DE)**  
• **Hohmann, Frank**  
**59581 Warstein (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Hohmann, Jörg**  
**59872 Meschede (DE)**  
• **Hohmann, Frank**  
**59581 Warstein (DE)**

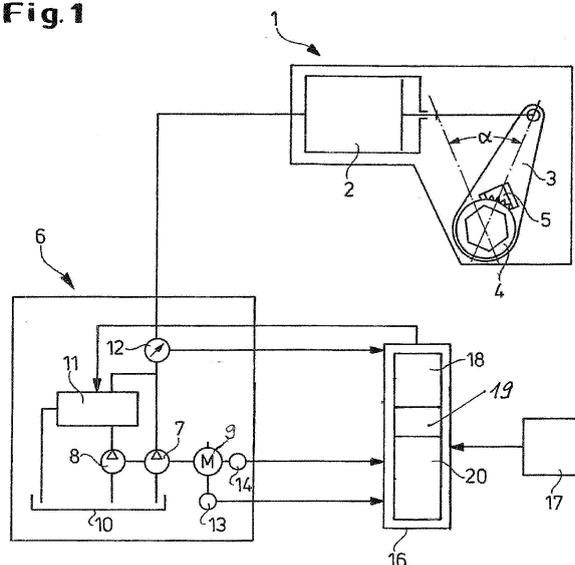
(74) Vertreter: **Christophersen & Partner**  
**Patentanwälte**  
**Feldstrasse 73**  
**40479 Düsseldorf (DE)**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Steuern eines hydraulisch betriebenen Kraftschraubers**

(57) Verfahren und Vorrichtung zum Steuern eines hydraulisch betriebenen Kraftschraubers (1) mit einem durch eine Kolben-Zylinder-Einheit (2) schwenkbaren Hebel (3) mit einer Ratschenanordnung (5) zum schrittweisen Drehen einer Ratschenbüchse (4) durch Vorhübe und Rückhübe und einer Antriebseinheit (6) mit einer motorisch angetriebenen Pumpe beim Anziehen einer Schraubverbindung, bei denen ein Soll-Drehmoment oder eine Soll-Vorspannkraft oder die Schraubengröße, die Materialgüte, die Gewindesteigung und die Klemmlänge in eine Eingabeelektronik (17) eingegeben werden, ein durch die Pumpe (7, 8) zu erzeugender Soll-Druck durch eine Auswerteelektronik (18) ermittelt wird, der Vorhub durch Druckbeaufschlagung der Kolben-Zy-

linder-Einheit bis Erreichen des Soll-Drucks und sofortiges Umsteuern auf Rückhub bei Erreichen des Soll-Drucks durch Druckentlastung und Federdruck oder durch Ansteuern einer Druckbeaufschlagung der Kolben-Zylinder-Einheit (2) auf Rückhub durchgeführt werden, die Zeit vom Beginn der Druckbeaufschlagung bis zum Erreichen des Soll-Drucks oder bis Erreichen des Anfangsdrucks nach einer Druckentlastung gemessen wird, die Druckbeaufschlagung und Druckentlastung und das Messen der Zeit bis zum Erreichen des Soll-Drucks oder des Anfangsdrucks wiederholt werden, die gemessenen Zeitintervalle verglichen und die Druckbeaufschlagungszyklen abgeschaltet werden, wenn wenigstens das letzte gemessene Zeitintervall kürzer als mindestens das vorletzte gemessene Zeitintervall ist.

**Fig. 1**



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern eines hydraulisch betriebenen Kraftschraubers mit einem durch eine Kolben-Zylinder-Einheit schwenkbaren Hebel mit einer Ratschenanordnung zum schrittweisen Drehen einer Ratschenbüchse durch Vorhübe und Rückhübe und einer Antriebseinheit mit einer motorisch angetriebenen Pumpe.

**[0002]** In der DE 102 22 159 A1 sind ein derartiges Verfahren und eine Vorrichtung beschrieben, bei denen die Änderung des hydraulischen Drucks in Zeitintervallen gemessen wird und der Arbeitsvorgang dann beendet wird, wenn der Anstieg des hydraulischen Drucks bei einem Lasthub innerhalb einer vorgegebenen Zeit kleiner ist als ein vorgegebener Grenzwert, wobei die Druckbeaufschlagungszyklen zu abwechselnden Lasthüben und Rückhüben führen und beim Lasthub die zeitliche Änderung des hydraulischen Drucks in Zeitintervallen gemessen wird und eine Umschaltung auf den Rückhub erfolgt, wenn in mindestens einem der Zeitintervalle der Druckanstieg größer ist als in mindestens einem der vorhergehenden Intervalle des Arbeitsvorganges.

**[0003]** Um in der beschriebenen Weise zu verfahren, wird vom Anwender zunächst ein Soll-Druck eingestellt, bei dem es sich um denjenigen Druck handelt, der das Anzugsmoment der zu drehenden Schraube bestimmt und bei dem der Arbeitsvorgang beendet werden soll. Die charakteristische Druck-Zeit-Kurve des jeweiligen Druckaggregats wird in einem Kalibrierbetrieb vorab bestimmt und gespeichert. Die Steigung der Druckanstiegskurve wird dadurch bestimmt, dass der Druck in Zeitintervallen von 10ms gemessen wird. Da die Zeitintervalle sämtlich die gleiche Länge haben, wird zur Bestimmung des Differentialquotienten  $y=dP/dt$  die Druckdifferenz  $dP$ , die innerhalb eines Zeitintervalls auftritt, ausgewertet und in digitaler Form gespeichert. Wenn der Enddruck erreicht ist, bleibt der Druck konstant und der Differentialquotient  $dP/dt$  wird = 0.

**[0004]** Bei diesem Verfahren ist es nicht nur notwendig, vor dem eigentlichen Arbeitsvorgang eine Kalibrierung durchzuführen, sondern es müssen laufend Druckmessungen in Zeitintervallen von 10 ms durchgeführt werden, um den Druckanstieg zu bestimmen, der als Kriterium für das Umschalten von Vorhub auf Rückhub und das Abschalten beim Erreichen des Soll-Drucks ohne Weiterdrehen der Mutter oder Schraube dient.

**[0005]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern eines hydraulisch betriebenen Kraftschraubers zu schaffen, das mit geringerem Aufwand erlaubt, die Steuerung des Kraftschraubers bis zum Erreichen des Soll-Drehmoments durchzuführen.

**[0006]** Ausgehend von dieser Aufgabenstellung wird ein Verfahren zum Steuern eines hydraulisch betriebenen Kraftschraubers mit einem durch eine Kolben-Zylinder-Einheit schwenkbaren Hebel mit einer Ratschenanordnung zum schrittweisen Drehen einer Ratschenbüch-

se durch Vorhübe und Rückhübe und eine Antriebseinheit mit einer motorisch angetriebenen Pumpe beim Anziehen einer Schraubverbindung vorgeschlagen, das erfindungsgemäß aus folgenden Schritten besteht:

- 5 - Eingeben eines Soll-Drehmoments oder einer Soll-Vorspannkraft oder der Schraubengröße, der Materialgüte, der Gewindesteigung und der Klemmlänge in eine Eingabeelektronik,
- 10 - Ermitteln eines durch die Pumpe zu erzeugenden, dem Soll-Drehmoment oder der Soll-Vorspannkraft oder der Schraubengröße, der Materialgüte, der Gewindesteigung und der Klemmlänge entsprechenden Soll-Drucks durch eine Auswerteelektronik,
- 15 - Druckbeaufschlagung der Kolben-Zylinder-Einheit zum Durchführen des Vorhubs bis zum Erreichen des Soll-Drucks und sofortiges Umsteuern auf Rückhub bei Erreichen des Soll-Drucks durch Druckentlastung und Federdruck oder durch Ansteuern einer Druckbeaufschlagung der Kolben-Zylinder-Einheit auf Rückhub,
- 20 - Messen der Zeit vom Beginn der Druckbeaufschlagung bis zum Erreichen des Soll-Drucks oder bis zum Erreichen des Anfangsdrucks nach einer Druckentlastung,
- 25 - Wiederholen der Druckbeaufschlagung und Druckentlastung und Messen der Zeit bis zum Erreichen des Soll-Drucks oder des Anfangsdrucks,
- 30 - Wiederholen der Druckbeaufschlagung und Druckentlastung und Messen der Zeit bis zum Erreichen des Soll-Drucks oder des Anfangsdrucks,
- 35 - Vergleichen der gemessenen Zeitintervalle und Abschalten der Druckbeaufschlagungszyklen wenn wenigstens das letzte gemessene Zeitintervall kürzer als wenigstens das vorletzte gemessene Zeitintervall ist. Erfindungsgemäß werden somit stets die gesamten Zeitintervalle eines Vorhubs oder eines Vorhubs und eines Rückhubs gemessen, und es ist nicht nötig, diese Zeitintervalle in noch kürzere Zeitintervalle für eine Druckmessung zu unterteilen. Eine Druckmessung ist nicht erforderlich, da es genügt, den Soll-Druck entsprechend den Erfordernissen einzustellen, da jeder Druckbeaufschlagungszyklus bis zu diesem Soll-Druck abläuft und dann sofort der Rückhub durchgeführt wird.

**[0007]** Die Erfindung beruht auf der Überlegung, dass alle Druckbeaufschlagungszyklen, die mit einer Mutter- oder Schraubendrehung verbunden sind, über ein längeres Zeitintervall ablaufen als die Druckbeaufschlagungszyklen, die ohne Mutter- oder Schraubendrehung stattfinden, wenn diese auf das eingegebene Soll-Drehmoment angezogen sind, da sich die Elemente des Kraftschraubers nicht mehr bewegen und der Druckanstieg und Druckabfall nur über einen Zeitraum abläuft, der den Elastizitäten in den Elementen des Kraftschraubers und

ggf. der Hydraulikleitungen entspricht. Diese letzten Zeitintervalle sind deutlich kürzer als die vorhergehenden Zeitintervalle, so dass sich der Vergleich der Zeitdauer dieser letzten Zeitintervalle mit den vorhergehenden, längeren Zeitintervallen direkt als Abschaltkriterium heranziehen lässt, ohne dass eine Kalibrierung und das Messen von Absolutwerten erforderlich sind.

**[0008]** Zum Ausgleich von kleineren Schwankungen in den gemessenen Zeitintervallen kann so verfahren werden, dass nach Feststellen eines ersten kurzen Zeitintervalls zwei weitere Druckbeaufschlagungen erfolgen, aus diesen drei kurzen Zeitintervallen und aus drei längeren, davor gemessenen Zeitintervallen jeweils ein Mittelwert oder die Summe gebildet wird und die wiederholten Druckbeaufschlagungszyklen abgeschaltet werden, wenn der Mittelwert oder die Summe der kurzen Zeitintervalle kleiner als der Mittelwert oder die Summe der längeren Zeitintervalle ist.

**[0009]** Da die Zeitintervalle beim Aufschrauben der losen Mutter oder Schraube bis zum Setzen kürzer als die darauf folgenden Zeitintervalle beim Anziehen der Mutter oder Schraube sind und bis zum Beginn des Anziehens der Mutter oder Schraube nicht mehr als fünf Druckbeaufschlagungszyklen erforderlich sind, lässt sich überprüfen, ob ein Anziehen der Mutter oder Schraube nach dem Setzen stattgefunden hat oder nicht, bzw. ob es sich um eine bereits angezogene Mutter oder Schraube handelt, indem die Zeitdauer der z. B. ersten sechs Druckbeaufschlagungszyklen gemessen wird, und die Druckbeaufschlagungszyklen abgeschaltet werden, wenn die Zeitdauer dieser sechs Zeitintervalle kürzer als ein vorgegebenes, einem Schraubvorgang entsprechendes Zeitintervall ist.

**[0010]** Diese Feststellung ist ein Hinweis darauf, dass die Mutter oder Schraube ohne bis zum Soll-Drehmoment angezogen zu werden blockiert ist, oder dass es sich um eine bereits auf das Soll-Drehmoment angezogene Mutter oder Schraube handelt, so dass es möglich ist, eine Fehlermeldung durch die Auswerteelektronik zu generieren, wenn die Druckbeaufschlagungszyklen unmittelbar beim Aufschrauben der losen Mutter oder Schraube abgeschaltet werden.

**[0011]** Laufen die Druckbeaufschlagungszyklen normal ab, ist dies dadurch erkennbar, dass beim Messen der Zeitintervalle beim Aufschrauben der losen Mutter oder Schraube bis zum Setzen, der Zeitintervalle beim Anziehen der Mutter oder Schraube bis zum Erreichen des dem Soll-Drehmoment entsprechenden Soll-Drucks und die Zeitintervalle nach Erreichen des dem Soll-Drehmoments entsprechenden Soll-Drucks ohne Weiterdrehen der Mutter oder Schraube festgestellt wird, dass die Zeitintervalle beim Aufschrauben der losen Mutter und die Zeitintervalle nach Erreichen dem Soll-Drehmoment entsprechenden Soll-Drucks ohne Weiterdrehen der Mutter oder Schraube kürzer als die Zeitintervalle beim Anziehen der Mutter sind, so dass dann die wiederholten Druckbeaufschlagungszyklen abgeschaltet werden können, wenn wenigstens das letzte Zeitintervall kürzer als

die vorhergehenden ist.

**[0012]** Die eingangs erwähnte Aufgabe wird auch durch einen hydraulisch betriebenen Kraftschrauber zur Durchführung des vorstehend definierten Verfahrens mit einem durch eine Kolben-Zylinder-Einheit schwenkbaren Hebel mit einer Ratschenanordnung zum schrittweisen Drehen einer Ratschenbüchse, eine Antriebseinheit mit einer motorisch angetriebenen Pumpe, einer Eingabeelektronik zum Eingeben eines Soll-Drehmoments oder einer Soll-Vorspannkraft oder der Schraubengröße, der Materialgüte, der Gewindesteigung und der Klemmlänge, einer Auswerteelektronik zum Ermitteln eines Soll-Drucks aus den eingegebenen Werten, einem zwischen der Kolben-Zylinder-Einheit und der Pumpe angeordneten, einstellbaren Druckventil, das auf den Soll-Druck einstellbar ist, einem Ist-Druckaufnehmer, einer Zeitmesseinrichtung zum Messen des Zeitintervalls einer jeden Druckbeaufschlagung vom Anfangsdruck bis zum Soll-Druck oder vom Beginn der Druckbeaufschlagung bis zum Soll-Druck und anschließender Druckentlastung bis Erreichen des Anfangsdrucks, wobei die Auswerteelektronik erfindungsgemäß dazu eingerichtet ist, die Druckbeaufschlagungszyklen unter Berücksichtigung der gemessenen Zeitintervalle so zu steuern, dass die Druckbeaufschlagungszyklen abgeschaltet werden, wenn wenigstens das letzte gemessene Zeitintervall kürzer als wenigstens das vorletzte Zeitintervall ist.

**[0013]** Zusätzlich kann die Auswerteelektronik dazu eingerichtet sein, jeweils aus drei kurzen Zeitintervallen und drei längeren, unmittelbar davor gemessenen Zeitintervallen Mittelwerte oder die Summe zu bilden und die Druckbeaufschlagungszyklen abzuschalten, wenn der Mittelwert oder die Summe der kurzen Zeitintervalle kürzer als der Mittelwert oder die Summe der längeren Zeitintervalle ist.

**[0014]** Es ist ferner auch möglich, die Auswerteelektronik so einzurichten, dass sie die Zeitdauer der ersten z. B. sechs Zeitintervalle der Druckbeaufschlagungszyklen misst und die Druckbeaufschlagungszyklen abschaltet, wenn die Zeitdauer dieser sechs Zeitintervalle kürzer als ein vorgegebenes, einem Schraubvorgang entsprechenden Zeitintervall ist. In diesem Fall kann durch die Auswerteelektronik eine Fehlermeldung generiert werden, wenn die Druckbeaufschlagungszyklen unmittelbar nach dem Aufschrauben der Mutter oder Schraube abgeschaltet werden.

**[0015]** Schließlich kann die Auswerteelektronik auch dazu eingerichtet sein, die Zeitintervalle beim Aufschrauben der losen Mutter oder Schraube bis zum Setzen, die Zeitintervalle beim Anziehen der Mutter oder Schraube bis zum Erreichen des dem Soll-Drehmoment entsprechenden Soll-Drucks und wenigstens ein Zeitintervall nach Erreichen des dem Soll-Drehmoment entsprechenden Soll-Drucks ohne Weiterdrehen der Mutter oder Schraube zu messen und die wiederholten Druckbeaufschlagungszyklen abzuschalten, wenn wenigstens das letzte gemessene Zeitintervall kürzer als die vorhergehenden ist.

**[0016]** Die Erfindung wird nachstehend anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels des näheren erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Kraftschraubers mit Antriebseinheit und elektronischer Steuereinheit und

Fig. 2 eine schematische Darstellung des Druckverlaufs beim Schraubenspannen.

**[0017]** Ein hydraulisch betriebener Kraftschrauber 1 umfasst eine Kolben-Zylinder-Einheit 2, einen durch die Kolben-Zylinder-Einheit 2 beaufschlagbaren, schwenkbaren Hebel 3 mit einer Ratschenanordnung 5 zum schrittweisen Drehen einer Ratschenbüchse 4. Zwischen Anschlägen in der Kolben-Zylinder-Einheit 2 ergibt sich ein Schwenkwinkel  $\alpha$  des Hebels 3. Dies entspricht dem vollen Hubweg der Kolben-Zylinder-Einheit. Dementsprechend besteht zwischen dem Hubweg H und dem Schwenkwinkel  $\alpha$  eine feststehende, geometrische Beziehung.

**[0018]** Das Schwenken des Schwenkhebels 3 zum Spannen einer nicht dargestellten Schraube oder Mutter erfolgt durch Beaufschlagung der Kolben-Zylinder-Einheit 2 mit Drucköl von einer Antriebseinheit 6, während der Rückhub des Hebels 3 durch eine nicht dargestellte Rückholfeder bewirkt wird. Der Rückhub erfolgt als Leerhub, da die Ratschenanordnung beim Rückhub die Drehverbindung zwischen dem Hebel 3 und der Ratschenbüchse 4 freigibt. Statt durch eine Rückholfeder kann der Rückhub des Hebels 3 auch durch umgekehrte Beaufschlagung der Kolben-Zylinder-Einheit 2 mit Drucköl erfolgen.

**[0019]** Im dargestellten Ausführungsbeispiel weist die Antriebseinheit 6 zwei parallel geschaltete Pumpen 7, 8 auf, die als Kolbenpumpen mit unterschiedlichem Fördervolumen ausgebildet sind. Der Antrieb der Pumpen 7, 8 erfolgt durch einen gemeinsamen Antriebsmotor 9, der im dargestellten Ausführungsbeispiel als Elektromotor ausgebildet ist. Mit der Druckseite der Pumpen 7, 8 ist ein kombiniertes Umschalt- und Drucksteuerventil 11 verbunden. Des Weiteren ist in der Druckleitung zum Kraftschrauber 1 ein Druckaufnehmer 12 angeordnet. Anstelle eines in der Druckleitung angeordneten Druckaufnehmers 12 kann die Messung des Drucks in der Druckleitung auch durch ein mit dem Antriebsmotor 9 verbundenes Stromaufnahmegerät 13 oder durch ein mit dem Antriebsmotor 9 verbundenes Phasenwinkelmessgerät 14 erfolgen.

**[0020]** Eine die Antriebseinheit 6 steuernde elektronische Steuereinheit 16 ist mit einer Eingabeelektronik 17, vorzugsweise einer Eingabetastatur, verbunden und weist Eingänge für den Druckaufnehmer 12 und / oder das Stromaufnahmegerät 13 und / oder das Phasenwinkelmessgerät 14 auf. Ein Ausgang der elektronischen Steuereinheit 16 ist mit dem Umschalt- und Drucksteuerventil 11 verbunden. Die elektronische Steuerein-

heit 16 umfasst eine Auswerteelektronik 18 zum Ermitteln eines Soll-Drucks aus den in die Eingabeelektronik 17 eingegebenen Schraubenwerten, nämlich einen Soll-Drehmoment oder einer Soll-Vorspannkraft oder der Schraubengröße, der Gewindesteigung und der Klemmlänge. Des Weiteren umfasst die elektronische Steuereinheit 16 eine Zeitmessenrichtung 19 sowie eine Steuer- und Abschalteneinrichtung 20 zum Abschalten der Bewegung der Kolben-Zylinder-Einheit 2 bei Erreichen des Soll-Drehmoments.

**[0021]** Das Spannen einer Schraubverbindung erfolgt unter Bezugnahme auf Fig. 2 in folgender Weise:

Zunächst werden in die Eingabeelektronik 17 das Soll-Drehmoment oder die Sollvorspannkraft oder die Schraubengröße, die Materialgüte, die Gewindesteigung und die Klemmlänge eingegeben und von dort an die Auswerteelektronik 18 in der elektronischen Steuereinheit 16 geleitet. Die Auswerteelektronik 18 ermittelt aus diesen eingegebenen Verschraubungsdaten einen Soll-Druck, da der Soll-Druck in einem direkt proportionalen Verhältnis zum Soll-Drehmoment und zur Soll-Vorspannkraft steht.

**[0022]** Die Soll-Vorspannkraft bzw. der Soll-Drehmoment ist durch den Elastizitätsmodul des Schraubenmaterials, die zulässige Zugspannung, d. h. die Materialgüte, den Schaftquerschnitt und die Schraubenlänge vorgegeben und kann beispielsweise auf der Schraube selbst oder in einer Tabelle angegeben sein. Die Auswerteelektronik 18 kann jedoch auch die Soll-Vorspannkraft, daraus das Soll-Drehmoment und daraus wiederum den Soll-Druck ermitteln, wenn das Schraubenmaterial, die Schraubengüte, die Schraubengröße, die Gewindesteigung und die Klemmlänge eingegeben werden.

**[0023]** Wenn der Soll-Druck ermittelt ist, der ggf. zusammen mit den eingegebenen Schraubendaten auf einem nicht dargestellten Bildschirm angezeigt sein kann, wird der Motor 9 zum Antreiben der Pumpen 7, 8 in Betrieb gesetzt oder wird bei ständig laufendem Antriebsmotor 9 ein Druckentlastungsventil im Umschalt- und Drucksteuerventil 11 geschlossen, so dass sich in der Druckleitung zum Kraftschrauber 1 der Pumpendruck aufbaut. Dieser Druck steigt anfänglich beim Aufschrauben der losen Mutter oder Schraube bis zum Setzen bis zum Soll-Druck an, den er zum Zeitpunkt  $t_1$  erreicht. Während dieser Zeit wird die Ratschenbüchse 4 ohne auf großen Widerstand zu stoßen, über den vollen Vorhub gedreht. Sofort bei Erreichen des Soll-Drucks vom Zeitpunkt  $t_1$  wird das Umschalt- und Drucksteuerventil 11 auf Druckentlastung umgeschaltet, eine nicht dargestellte Feder bewirkt den Leerhub der Kolben-Zylinder-Einheit 2 und das darin enthaltene Hydrauliköl wird über das Umschalt- und Drucksteuerventil 11 in einen Hydraulikölbehälter 10 zurückbefördert, von wo es von den Pumpen 7, 8 angesaugt wird. Während des Rückhubes sinkt der Druck vom Zeitpunkt  $t_1$  bis zum Zeitpunkt  $t_2$  auf den

Anfangsdruck und das gesamte Zeitintervall  $\Delta t_1$  aus Vorhub und Rückhub wird gemessen.

**[0024]** Alternativ ist es möglich, nur das Zeitintervall bis zum Zeitpunkt  $t_1$  zu messen, da diese Zeitdauer allein schon ausreicht, um als nachstehend erläutertes Beurteilungskriterium für das Abschalten der Druckbeaufschlagungszyklen zu dienen.

**[0025]** Nachdem die lose Mutter oder Schraube während mehrerer, im dargestellten Beispiel drei, Druckbeaufschlagungszyklen bis zum Setzen angezogen ist, erfolgt das weitere Anziehen der Mutter oder Schraube schrittweise, wobei wiederum die Zeitintervalle  $\Delta t_4$ ,  $\Delta t_5$ ,  $\Delta t_6$  gemessen werden. Das schrittweise Anziehen der Mutter oder Schraube bis Erreichen des Soll-Drucks erfolgt, wie dargestellt, in Zeitintervallen, die länger als die vorhergehenden sind, da das Anziehen der Mutter oder Schraube eine erhebliche Kraft erfordert und der Druckaufbau bis zum Erreichen des Soll-Drucks daher langsamer ist.

**[0026]** Auch während dieser Druckbeaufschlagungszyklen kann entweder das gesamte Zeitintervall  $\Delta t_4$ ,  $\Delta t_5$ ,  $\Delta t_6$  jeweils zwischen den Zeitpunkten  $t_6$ ,  $t_8$ ,  $t_{10}$  und  $t_{12}$  gemessen werden, jedoch wird ein brauchbares Beurteilungskriterium auch erreicht, wenn nur die Zeitintervalle zwischen den Zeiträumen  $t_6$ ,  $t_7$ ;  $t_8$ ,  $t_9$ , und  $t_{10}$ ,  $t_{11}$  gemessen werden.

**[0027]** Nachdem die Mutter oder Schraube bis zum geforderten Soll-Drehmoment, d. h. bis zum Soll-Druck angezogen ist und sich nicht mehr weiterdreht, wenn eine weitere Druckbeaufschlagung ab dem Zeitpunkt  $t_{12}$  erfolgt, erfolgen der Druckanstieg vom Anfangsdruck auf den Soll-Druck und der Druckabfall zurück auf den Anfangsdruck wiederum sehr schnell, da sich die Elemente des Kraftschraubers 1 nur noch äußerst geringfügig aufgrund der Elastizitäten der Bauelemente und Schlauchverbindungen bewegen, so dass die gemessenen Zeitintervalle  $\Delta t_7$ ,  $\Delta t_8$ , und  $\Delta t_9$  stets kürzer als die vorhergehenden Zeitintervalle sind.

**[0028]** Da in Fig. 2 der Normalfall des einwandfreien Anziehens einer Schraubverbindung dargestellt ist, genügt es im Prinzip, nur die Zeitintervalle  $\Delta t_6$  und  $\Delta t_7$ , zu vergleichen und den Schraubvorgang zu beenden, wenn das Zeitintervall  $\Delta t_7$  kürzer als das Zeitintervall  $\Delta t_6$  ist.

**[0029]** Um jedoch die Messung zu verfeinern und Unregelmäßigkeiten beim Druckanstieg zu eliminieren, werden mit einer Weiterbildung der Erfindung aus den Zeitintervallen  $\Delta t_4$ ,  $\Delta t_5$  und  $\Delta t_6$  sowie den Zeitintervallen  $\Delta t_7$ ,  $\Delta t_8$ , und  $\Delta t_9$  die Mittelwerte gebildet, oder sie werden einfach nur aufsummiert und miteinander verglichen, so dass der Arbeitsvorgang abgebrochen wird, wenn die Mittelwerte aus den Zeitintervallen  $\Delta t_7$ ,  $\Delta t_8$ , und  $\Delta t_9$  sowie aus  $\Delta t_4$ ,  $\Delta t_5$  und  $\Delta t_6$  das Abschaltkriterium erfüllen. Auf die Mittelwertbildung lässt sich verzichten, wenn nur die Summen der genannten Zeitintervalle miteinander verglichen werden, um das Abschaltkriterium zu erfüllen.

**[0030]** Die Zeitmessung kann auch dazu dienen, einen Fehler beim Anziehen einer Schraubverbindung festzustellen. Wenn sich nämlich eine Mutter oder Schraube

von Anfang an nicht drehen lässt, weil sie bereits angezogen ist oder aus irgendwelchen Gründen blockiert ist, entfallen die längeren Zeitintervalle  $\Delta t_4$ ,  $\Delta t_5$  und  $\Delta t_6$ , und es werden nur die Zeitintervalle  $\Delta t_1$ ,  $\Delta t_2$ ,  $\Delta t_3$  sowie drei weitere, kurze Zeitintervalle  $\Delta t_i$  gemessen, so ist dies ein Zeichen für eine bereits angezogene Mutter oder Schraube oder für ein nicht ordnungsgemäßes Anziehen der Mutter oder Schraube. Die Auswerteelektronik 18 kann daraus ein Fehlersignal generieren, das auf einem nicht dargestellten Bildschirm angezeigt wird.

**[0031]** Es ergibt sich somit, dass das erfindungsgemäße Verfahren und die entsprechende Vorrichtung mit einer einfachen Zeitmessung auskommt, um den Kraftschrauber 1 zum Anziehen einer Schraubenverbindung bis zum Erreichen eines vorgegebenen Soll-Drehmoments zu steuern, ohne dass es eines Eingriffs der Bedienungsperson bedarf. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und der entsprechenden Vorrichtung ist es somit möglich, das Anziehen einer Schraubverbindung ferngesteuert zu bewirken und auch mehrere Schraubverbindungen gleichzeitig mittels eines elektronischen Steuergerätes 16 anzusteuern.

## 25 Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern eines hydraulisch betriebenen Kraftschraubers mit einem durch eine Kolben-Zylinder-Einheit schwenkbaren Hebel, mit einer Ratschenanordnung zum schrittweisen Drehen einer Ratschenbüchse durch Vorhübe und Rückhübe und einer Antriebseinheit mit einer motorisch angetriebenen Pumpe beim Anziehen einer Schraubverbindung mit den Schritten:

- Eingeben eines Soll-Drehmoments oder einer Soll-Vorspannkraft oder der Schraubengröße, der Materialgüte, der Gewindesteigung und der Klemmlänge in eine Eingabeelektronik,
- Ermitteln eines durch die Pumpe zu erzeugenden, dem Soll-Drehmoment oder der Soll-Vorspannkraft oder der Schraubengröße, der Materialgüte, der Gewindesteigung und der Klemmlänge entsprechenden Soll-Drucks durch eine Auswerteelektronik,
- Druckbeaufschlagung der Kolben-Zylinder-Einheit zum Durchführen des Vorhubs bis Erreichen des Soll-Drucks und sofortiges Umsteuern auf Rückhub bei Erreichen des Soll-Drucks durch Druckentlastung und Federdruck oder durch Ansteuern einer Druckbeaufschlagung der Kolben-Zylinder-Einheit auf Rückhub,
- Messen der Zeit vom Beginn der Druckbeaufschlagung bis zum Erreichen des Soll-Drucks oder bis Erreichen des Anfangsdrucks nach einer Druckentlastung,
- Wiederholen der Druckbeaufschlagung und Druckentlastung und Messen der Zeit bis zum

- Erreichen des Soll-Drucks oder des Anfangsdrucks,  
 - Vergleichen der gemessenen Zeitintervalle und Abschalten der Druckbeaufschlagungszyklen, wenn wenigstens das letzte gemessene Zeitintervall kürzer als wenigstens das vorletzte gemessene Zeitintervall ist. 5
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem nach Feststellen eines ersten kurzen Zeitintervalls zwei weitere Druckbeaufschlagungen erfolgen, aus diesen drei kurzen Zeitintervallen und aus drei längeren, davor gemessenen Zeitintervallen jeweils ein Mittelwert gebildet wird oder diese aufsummiert werden und die wiederholten Druckbeaufschlagungszyklen abgeschaltet werden, wenn der Mittelwert der kurzen Zeitintervalle oder deren Summe kleiner als der Mittelwert oder die Summe der längeren Zeitintervalle ist. 10
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Zeitdauer der ersten vorzugsweise sechs Druckbeaufschlagungszyklen gemessen wird und die Druckbeaufschlagungszyklen abgeschaltet werden, wenn die Zeitdauer dieser sechs Zeitintervalle kürzer als ein vorgegebenes, einem Schraubvorgang entsprechendes Zeitintervall ist. 15
4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem eine Fehlermeldung durch die Auswerteelektronik generiert wird, wenn die Druckbeaufschlagungszyklen unmittelbar beim Aufschrauben der losen Mutter oder Schraube abgeschaltet werden. 20
5. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem die Zeitintervalle beim Aufschrauben der losen Mutter oder Schraube bis zum Setzen, die Zeitintervalle beim Anziehen der Mutter oder Schraube bis zum Erreichen des dem Soll-Drehmoment entsprechenden Soll-Drucks und wenigstens ein Zeitintervall nach Erreichen des dem Soll-Drehmoments entsprechenden Soll-Drucks ohne Weiterdrehen der Mutter oder Schraube gemessen werden und die wiederholten Druckbeaufschlagungszyklen abgeschaltet werden, wenn wenigstens das letzte Zeitintervall kürzer als die vorhergehenden ist. 25
6. Hydraulisch betriebener Kraftschrauber (1) zur Durchführung des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 - 5, mit 30
- einem durch eine Kolben-Zylinder-Einheit (2) schwenkbaren Hebel (3) mit einer Ratschenanordnung (5) zum schrittweisen Drehen einer Ratschenbüchse (4),
  - einer Antriebseinheit (6) mit einer motorisch angetriebenen Pumpe (7, 8),
  - einer Eingabeelektronik (17) zum Eingeben ei-
- nes Soll-Drehmoments oder einer Soll-Vorspannkraft oder der Schraubengröße, der Gewindesteigung und der Klemmlänge,  
 - einer Auswerteelektronik (18) zum Ermitteln eines Soll-Drucks aus den eingegebenen Werten,  
 - einem zwischen der Kolben-Zylinder-Einheit (1) und der Pumpe (7, 8) angeordnet, einstellbaren Druckventil (11), das auf den Soll-Druck einstellbar ist,  
 - einem Ist-Druckaufnehmer(12, 13, 14,),  
 - einer Zeitmesseinrichtung (19) zum Messen des Zeitintervalls ( $\Delta t_i$ ) einer jeden Druckbeaufschlagung vom Anfangsdruck bis zum Soll-Druck oder vom Beginn der Druckbeaufschlagung bis zum Soll-Druck und anschließender Druckentlastung bis Erreichen des Anfangsdrucks,  
 - wobei die Auswerteelektronik (18) dazu eingerichtet ist, die Druckbeaufschlagungszyklen unter Berücksichtigung der gemessenen Zeitintervalle ( $\Delta t_i$ ) so zu steuern, dass die Druckbeaufschlagungszyklen abgeschaltet werden, wenn wenigstens das letzte gemessene Zeitintervall kürzer als wenigstens das vorletzte Zeitintervall ist. 35
7. Hydraulisch betriebener Kraftschrauber (1) nach Anspruch 6, bei dem die Auswerteelektronik (18) dazu eingerichtet ist, jeweils aus drei kurzen Zeitintervallen ( $\Delta t_7, \Delta t_8, \Delta t_9$ ) und drei längeren, unmittelbar davor gemessenen Zeitintervallen ( $\Delta t_4, \Delta t_5, \Delta t_6$ ) Mittelwerte zu bilden oder sie aufzusummieren und die Druckbeaufschlagungszyklen abzuschalten, wenn der Mittelwert oder die Summe der kurzen Zeitintervalle ( $\Delta t_7, \Delta t_8, \Delta t_9$ ) kürzer als der Mittelwert oder die Summe der längeren Zeitintervalle ( $\Delta t_4, \Delta t_5, \Delta t_6$ ) ist. 40
8. Hydraulisch betriebener Kraftschrauber (1) nach Anspruch 6 oder 7, bei dem die Auswerteelektronik (18) dazu eingerichtet ist, die Zeitdauer der ersten vorzugsweise sechs Druckbeaufschlagungszyklen zu messen und die Druckbeaufschlagungszyklen abzuschalten, wenn die Zeitdauer dieser sechs Zeitintervalle kürzer als ein vorgegebenes, einem Schraubvorgang entsprechenden Zeitintervall ist. 45
9. Hydraulisch betriebener Kraftschrauber (1), bei dem die Auswerteelektronik (18) dazu eingerichtet ist, eine Fehlermeldung zu generieren, wenn die Druckbeaufschlagungszyklen unmittelbar beim Aufschrauben der Mutter oder Schraube abgeschaltet werden. 50
10. Hydraulisch betriebener Kraftschrauber (1) nach Anspruch 8, beim dem die Auswerteelektronik (18) dazu eingerichtet ist, die Zeitintervalle ( $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3...$ ) beim Aufschrauben der losen Mutter oder Schraube bis zum Setzen, die Zeitintervalle ( $\Delta t_4, \Delta t_5, \Delta t_6...$ ) 55

beim Anziehen der Mutter oder Schraube bis zum Erreichen des dem Soll-Drehmoment entsprechenden Soll-Drucks und wenigstens ein Zeitintervall ( $\Delta t_7$ ) nach Erreichen des dem Soll-Drehmoment entsprechenden Soll-Druck ohne Weiterdrehen der Mutter oder der Schraube zu messen und die wiederholten Druckbeaufschlagungszyklen abzuschalten, wenn wenigstens das letzte gemessene Zeitintervall ( $\Delta t_7$ ) kürzer als die vorhergehenden Zeitintervalle ( $\Delta t_1 \dots \Delta t_6 \dots$ ) ist.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

7

**Fig. 1**

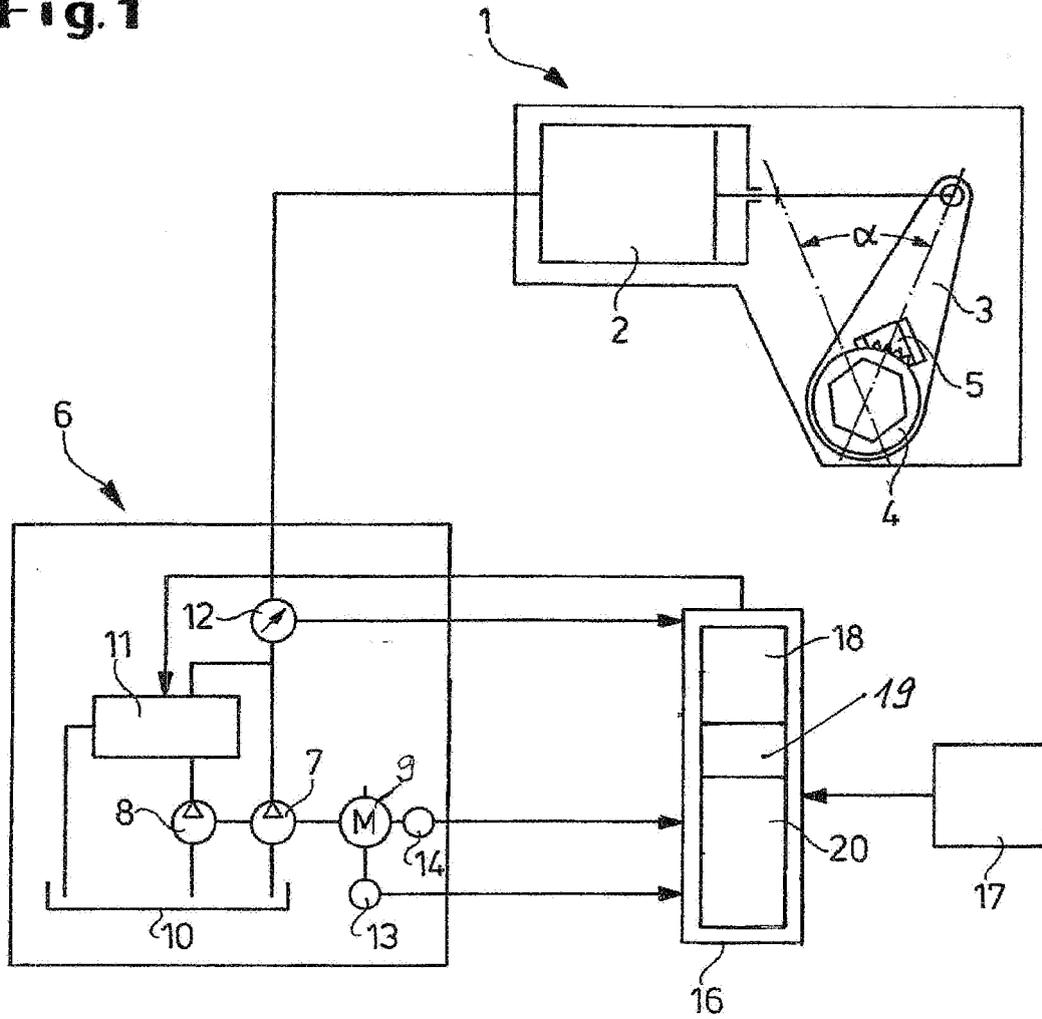
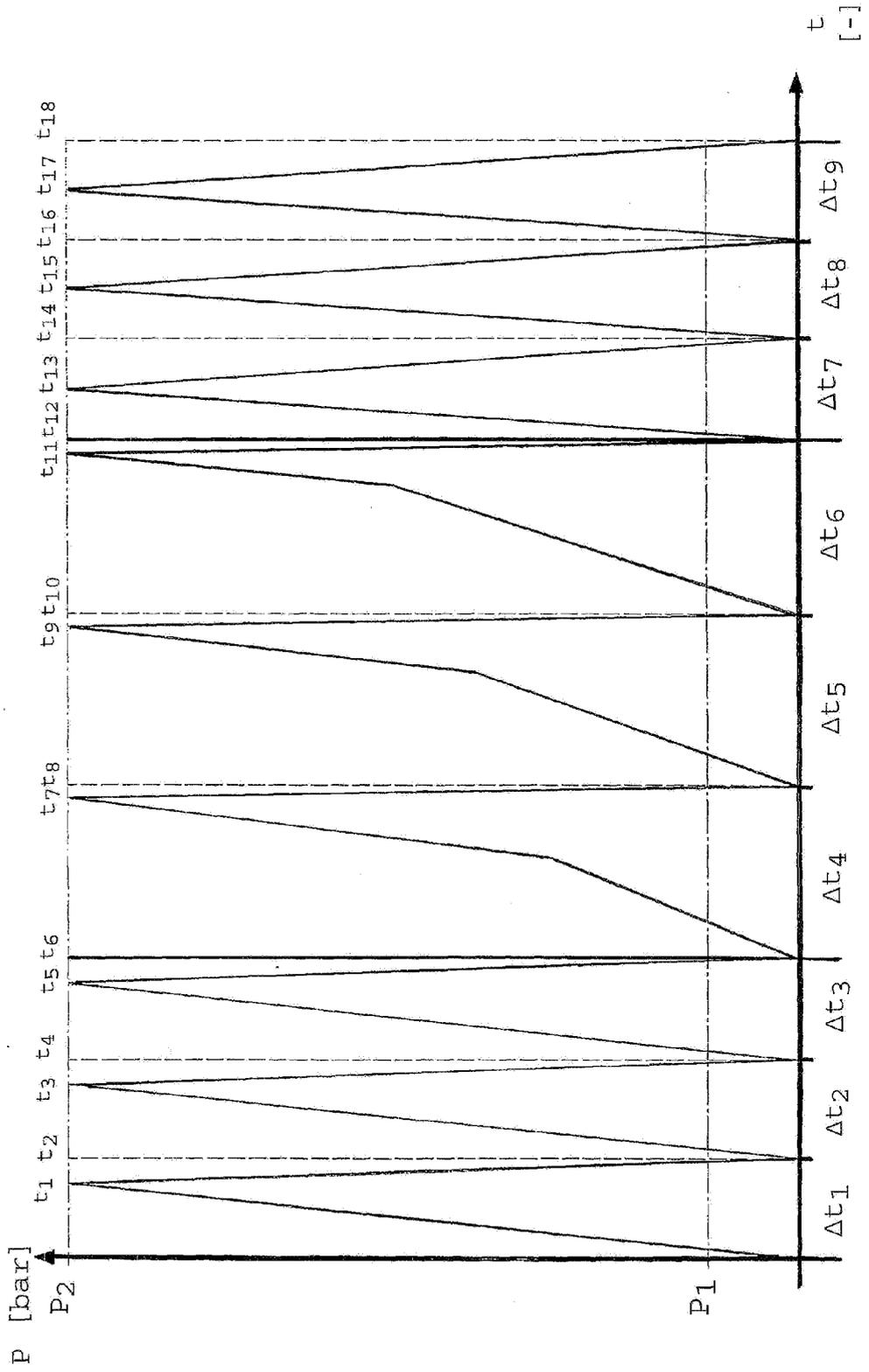


Fig. 2



**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 10222159 A1 [0002]