



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 104 792.1**

(22) Anmeldetag: **08.03.2017**

(43) Offenlegungstag: **14.09.2017**

(51) Int Cl.: **F15B 19/00 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:
62/305,315 **08.03.2016** **US**

(71) Anmelder:
HUSCO International, Inc., Waukesha, Wis., US

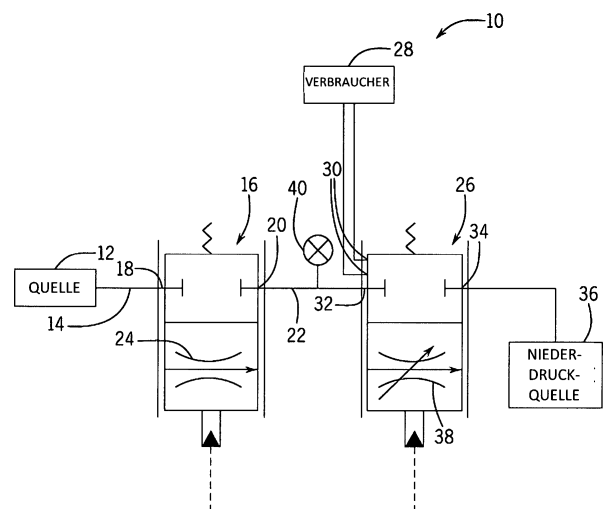
(74) Vertreter:
**advotec. Patent- und Rechtsanwälte, 80538
München, DE**

(72) Erfinder:
Dolan, Tim, Waukesha, Wis., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Systeme und Verfahren zur Kalibrierung elektrohydraulischer Ventile**

(57) Zusammenfassung: Es werden Systeme und Verfahren zur Kalibrierung elektrohydraulischer Ventile bereitgestellt. In einem Aspekt umfasst eine Kalibrierungsschaltung eine von einer Zuführleitung isoliert ausgebildete Kalibrierungsleitung, eine zum Bereitstellen einer Fluidverbindung zwischen der Kalibrierungsleitung und einer Flüssigkeitsquelle eingerichtete erste Kalibrierungsöffnung und eine in einer Reihe mit der ersten Kalibrierungsöffnung angeordnete zweite Kalibrierungsöffnung. Die zweite Kalibrierungsöffnung ist auf einer Spule eines elektrohydraulischen Steuerventils angeordnet und zum wahlweisen Bereitstellen einer Fluidverbindung zwischen der Kalibrierungsleitung und einer Niederdruckquelle eingerichtet. Die Kalibrierungsleitung umfasst des Weiteren einen zum Messen eines Drucks in der zwischen der ersten Kalibrierungsöffnung und der zweiten Kalibrierungsöffnung angeordneten Kalibrierungsleitung eingerichteten Drucksensor. Die zweite Kalibrierungsöffnung ist von dem mindestens einen Arbeitsport des elektrohydraulischen Steuerventils isoliert ausgebildet.



BeschreibungQUERBEZUG ZU
VERWANDTEN ANMELDUNGEN

[0001] Die vorliegende Erfindung basiert auf, beansprucht die Priorität von und umfasst in seiner Gesamtheit durch Bezugnahme die United States Provisional Patent Application No. 62/305,315, die am 8. März 2016 unter dem Namen „Valve Calibration Core for Spool Position vs. Command“ angemeldet wurde.

FESTSTELLUNG IN BEZUG AUF
ÖFFENTLICH GEFÖRDERTE FORSCHUNG

Nicht anwendbar.

HINTERGRUND

[0002] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich im Allgemeinen auf hydraulische Systeme zur Verwendung in mobilen Maschinen und, insbesondere, auf Systeme und Verfahren zur Kalibrierung von elektrohydraulischen Ventile.

[0003] Elektrohydraulische Ventile finden in hydraulischen Systemen in mobilen Maschinen zum Bereitstellen einer Vielzahl von Durchfluss-Steuerungsverbrauchern auf Basis eines elektrischen Eingangssignals von einer Steuerung Verwendung. Beispielsweise können elektrohydraulische Ventile verwendet werden, um unter Druck befindliche Flüssigkeit an einen Verbraucher der mobilen Maschine zu leiten, um eine Fluidverbindung zwischen einem Verbraucher der mobilen Maschine und einem Reservoir bereitzustellen und/oder um einen Flüssigkeitsdruck zu regulieren. In hydraulischen Systemen mit elektrohydraulischen Ventilen ist es gemeinhin üblich, eine Kalibrierung zu benötigen, um zu versuchen, die Auswirkung von Bauteiltoleranzen auf die Leistung des gesamten Systems zu unterbinden.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0004] Die vorliegende Offenbarung stellt Systeme und Verfahren zur Kalibrierung elektrohydraulischer Ventile bereit. In einem Aspekt stellt die vorliegende Offenbarung eine zum Kalibrieren eines elektrohydraulischen Steuerventils in einem hydraulischen System betreibbare Kalibrierungsschaltung bereit. Das hydraulische System umfasst eine zum Zuführen einer Flüssigkeit in eine Zuführleitung eingerichtete Pumpe und mindestens einen Verbraucher. Das elektrohydraulische Steuerventil umfasst mindestens einen in Fluidverbindung mit der mindestens einen Verbraucher stehenden Arbeitsport. Die Kalibrierungsschaltung umfasst eine von der Zuführleitung isoliert ausgebildete Kalibrierungsleitung, eine zum Bereitstellen einer Fluidverbindung zwischen der Kalibrierungsleitung und einer Flüssigkeitsquelle einge-

richtete erste Kalibrierungsöffnung und eine in einer Reihe mit der ersten Kalibrierungsöffnung angeordnete zweite Kalibrierungsöffnung. Die zweite Kalibrierungsöffnung ist auf einer Spule des elektrohydraulischen Steuerventils angeordnet und zum wahlweisen Bereitstellen einer Fluidverbindung zwischen der Kalibrierungsleitung und einer Niederdruckquelle eingerichtet. Die Kalibrierungsschaltung umfasst des Weiteren einen zum Messen eines Drucks in der Kalibrierungsleitung zwischen der ersten Kalibrierungsöffnung und der zweiten Kalibrierungsöffnung eingerichteten Drucksensor. Die zweite Kalibrierungsöffnung ist von dem mindestens einen Arbeitsport des elektrohydraulischen Steuerventils isoliert ausgebildet.

[0005] In einem Aspekt stellt die vorliegende Offenbarung ein zum Kalibrieren eines elektrohydraulischen Steuerventils betreibbares hydraulisches System bereit. Das hydraulische System umfasst eine zum Zuführen von Flüssigkeit in eine Zuführleitung eingerichtete Pumpe, mindestens einen Verbraucher, ein elektrohydraulisches Steuerventil mit mindestens einem Arbeitsport in Fluidverbindung mit dem mindestens einen Verbraucher, eine zum Empfangen eines Durchflusses von einer Kalibrierungsquelle eingerichtete Kalibrierungszuführleitung und eine Kalibrierungsleitung. Das hydraulische System umfasst des Weiteren eine zum wahlweisen Bereitstellen einer Fluidverbindung zwischen der Kalibrierungszuführleitung und der Kalibrierungsleitung eingerichtete erste Kalibrierungsöffnung und eine in einer Reihe mit der ersten Kalibrierungsöffnung angeordnete zweite Kalibrierungsöffnung. Die zweite Kalibrierungsöffnung ist auf einer Spule des elektrohydraulischen Steuerventils angeordnet und zum wahlweisen Bereitstellen einer Fluidverbindung zwischen der Kalibrierungsleitung und einer Niederdruckquelle eingerichtet. Das hydraulische System umfasst des Weiteren einen Drucksensor, der zum Messen eines Drucks in der stromaufwärts von der zweiten Kalibrierungsöffnung angeordneten Kalibrierungsleitung eingerichtet ist. Die Kalibrierungsleitung und die zweite Kalibrierungsöffnung sind von dem mindestens einen Verbraucher isoliert ausgebildet.

[0006] In einem Aspekt stellt die Offenbarung ein Verfahren zum Kalibrieren eines elektrohydraulischen Steuerventils in einem hydraulischen System bereit. Das hydraulische System umfasst eine zum Zuführen von Flüssigkeit in eine Zuführleitung eingerichtete Pumpe und mindestens einen Verbraucher. Das elektrohydraulische Steuerventil umfasst mindestens einen in Fluidverbindung mit dem mindestens einen Verbraucher stehenden Arbeitsport. Das Verfahren umfasst ein Bereitstellen eines Durchflusses durch eine erste Kalibrierungsöffnung in eine Kalibrierungsleitung. Die Kalibrierungsleitung ist von der Zuführleitung isoliert ausgebildet. Das Verfahren umfasst des Weiteren ein Steuern des elek-

trohydraulischen Steuerventils zum Bereitstellen einer Fluidverbindung durch eine zweite Kalibrierungsöffnung von der Kalibrierungsleitung an eine Niederdruckquelle. Die zweite Kalibrierungsöffnung ist auf einer Spule des elektrohydraulischen Steuerventils angeordnet und von dem mindestens einen Verbraucher isoliert ausgebildet. Das Verfahren umfasst des Weiteren ein Überwachen eines Drucks in der Kalibrierungsleitung, während das elektrohydraulische Steuerventil gesteuert wird, ein Bestimmen, wann der Druck in der Kalibrierungsleitung einen vorbestimmten Wert übersteigt, ein Erfassen des auf das elektrohydraulische Steuerventil angewandten Steuerbefehls, wenn der Druck in der Kalibrierungsleitung den vorbestimmten Druckwert übersteigt, ein Kalibrieren einer Position des elektrohydraulischen Steuerventils an den hierauf angewandten Steuerbefehl.

[0007] Die vorstehenden und anderen Aspekte und Vorteile der Erfindung können aus der nachstehenden Beschreibung entnommen werden. In der Beschreibung wird Bezug auf die beigelegten Zeichnungen genommen, die einen Teil des Dokuments darstellen und in denen eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung anhand von Figuren gezeigt sind. Solch eine Ausführungsform stellt jedoch nicht zwingend den vollständigen Umfang der Erfindung dar, weshalb auf die beigelegten Ansprüche zum Interpretieren des Umfangs der Erfindung verwiesen wird.

BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

[0008] Die Erfindung wird besser verstanden und andere als die obenstehend beschriebenen Eigenschaften, Aspekte und Vorteile werden unter Berücksichtigung der folgenden detaillierten Beschreibung der Erfindung eindeutig. Die detaillierte Beschreibung nimmt Bezug auf die folgende Zeichnung:

[0009] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Kalibrierungsschaltung, die zum Ausführen einer Kalibrierung eines elektrohydraulischen Ventils nach einem Aspekt der vorliegenden Offenbarung betreibbar ist.

[0010] Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung einer weiteren Kalibrierungsschaltung, die zum Ausführen einer Kalibrierung eines elektrohydraulischen Ventils nach einem Aspekt der vorliegenden Offenbarung betreibbar ist.

[0011] Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung eines hydraulischen Systems, das zum Ausführen einer Kalibrierung eines elektrohydraulischen Ventils nach einem Aspekt der vorliegenden Offenbarung betreibbar ist.

[0012] Fig. 4 zeigt ein Flussdiagramm, das die Schritte zum Ausführen einer Offset-Kalibrierung für

ein elektrohydraulisches Ventil nach einem der Aspekte der vorliegenden Offenbarung darstellt.

[0013] Fig. 5 zeigt ein Flussdiagramm, das die Schritte zum Ausführen verschiedener Kalibrierungen für ein elektrohydraulisches Ventil nach einem der Aspekte der vorliegenden Offenbarung darstellt.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0014] Die hierin verwendeten Begriffe „stromabwärts“ und „stromaufwärts“ sind Begriffe, die die Richtung bezogen auf den Durchfluss einer Flüssigkeit angeben. Der Begriff „stromabwärts“ bezieht sich auf die Richtung des Durchflusses, während sich der Begriff „stromaufwärts“ auf die entgegengesetzte Richtung des Durchflusses bzw. die Richtung entgegen des Durchflusses bezieht.

[0015] Fig. 1 zeigt ein den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkendes Beispiel einer Kalibrierungsschaltung **10**, das zum Ausführen einer Kalibrierung eines oder mehrerer elektrohydraulischer Steuerventile nach einem Aspekt der vorliegenden Offenbarung betreibbar ist. Die Kalibrierungsschaltung **10** kann eine Druckquelle **12** umfassen, die in Fluidverbindung mit einer Kalibrierungszuführleitung **14** steht und zum Zuführen der Kalibrierungszuführleitung **14** mit unter Druck befindlicher Flüssigkeit eingerichtet ist. Ein Ventil **16** kann stromabwärts der Flüssigkeitsquelle **12** auf der Kalibrierungszuführleitung **14** angeordnet sein und wahlweise zwischen mindestens zwei Positionen beweglich sein und mindestens zwei Ports **18** und **20** umfassen. In einer ersten Position des Ventils kann das Ventil **16** zum Hemmen einer Fluidverbindung zwischen den mindestens zwei Ports **18** und **20** eingerichtet sein. In einer zweiten Position des Ventils kann das Ventil **16** zum Bereitstellen einer Fluidverbindung zwischen den mindestens zwei Ports **18** und **20** eingerichtet sein, um die Kalibrierungszuführleitung **14** und eine Kalibrierungsleitung **22** durch eine erste Kalibrierungsöffnung **24** zu verbinden. In manchen, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispielen kann das Ventil **16** auf elektrohydraulische Weise zwischen der ersten und der zweiten Position des Ventils verstellt werden.

[0016] Ein Verbrauchersteuerventil **26** kann durch einen oder mehrere Arbeitsports **30** mit einem Verbraucher **28** (z. B. einem hydraulischen Aktuator oder Motorbelastung) verbunden sein. Das Verbrauchersteuerventil **26** kann zum wahlweisen Bereitstellen einer Fluidverbindung von der Flüssigkeitsquelle **12**, oder einer anderen von der Flüssigkeitsquelle **12** getrennten Flüssigkeitsquelle, an den Verbraucher **28** und von dem Verbraucher **28** an einen Flüssigkeitsbehälter (nicht dargestellt) eingerichtet sein. Zusätzlich zu dem einen oder den mehreren Arbeit-

sports **30** kann das Verbrauchersteuerventil **26** mindestens zwei zusätzliche Ports **32** und **34** umfassen, die von dem Verbraucher **28** isoliert ausgebildet sind (d. h., isoliert von dem einen oder den mehreren Arbeitsports **30**). Das Verbrauchersteuerventil **26** kann wahlweise zwischen mindestens zwei Positionen beweglich sein. In einer ersten Position des Verbraucherventils kann das Verbrauchersteuerventil **26** zum Hemmen einer Fluidverbindung zwischen den mindestens zwei zusätzlichen Ports **32** und **34** eingerichtet sein. In einer zweiten Position des Verbraucherventils kann das Verbrauchersteuerventil **26** zum Bereitstellen einer Fluidverbindung zwischen den mindestens zwei zusätzlichen Ports **32** und **34** eingerichtet sein, um die Kalibrierungsleitung **22** an eine Niederdruckquelle **36** durch eine zweite Kalibrierungsöffnung **38** zu verbinden. In manchen, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispielen kann das Verbrauchersteuerventil **26** auf elektrohydraulische Weise zwischen der ersten und der zweiten Position des Verbraucherventils aktiviert werden.

[0017] In manchen, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispielen kann die Niederdruckquelle **36** eine Linie, die mit einem Flüssigkeitsbehälter oder Reservoir verbunden ist, oder eine Linie, die mit einer Wanne verbunden ist, sein. In dem dargestellten, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispiel kann die erste Kalibrierungsöffnung **24** eine feste Öffnung und die zweite Kalibrierungsöffnung **38** eine variable Öffnung sein. In manchen, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispielen kann die erste Kalibrierungsöffnung **24** eine auf entweder der Kalibrierungszuführleitung **14** oder der Kalibrierungsleitung **22** und stromaufwärts von und in Reihe mit der zweiten Kalibrierungsöffnung **38** angeordnete dauerhafte Öffnung sein. In manchen, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispielen kann die erste Kalibrierungsöffnung **24** wesentlich kleiner als die zweite Kalibrierungsöffnung **38** ausgebildet sein. Das heißt, eine von der zweiten Kalibrierungsöffnung **38** definierte Mindesteinschränkung kann geringer als eine von der ersten Kalibrierungsöffnung **24** definierte Einschränkung sein. Dies kann gewährleisten, dass der Druck in der Kalibrierungszuführleitung **14** generell konstant bleibt, während die Kalibrierungsleitung **22** über die zweite Kalibrierungsöffnung **38** mit der Niederdruckquelle **36** verbunden ist. Ein Drucksensor **40** kann stromabwärts von der ersten Kalibrierungsöffnung **24** und stromaufwärts von der zweiten Kalibrierungsöffnung **38** auf der Kalibrierungsleitung **22** angeordnet sein.

[0018] Wie untenstehend beschrieben, ermöglicht die Kalibrierungsschaltung **10** verschiedene auszuführende Kalibrierungen des Verbrauchersteuerventils **26**. Zum Beispiel ermöglicht die Reihenanzordnung der ersten Kalibrierungsöffnung **24** und der zweiten Kalibrierungsöffnung **38** als auch die Verbindung der

Kalibrierungsleitung **22** zu der Niederdruckquelle **36**, dass der Drucksensor **40** einen Druckabfall in der Kalibrierungsleitung **22** erfasst, sobald die Verbindung zwischen der Kalibrierungsleitung **22** und der Niederdruckquelle **36** durch die zweite Kalibrierungsöffnung **38** besteht. Auf diese Weise kann eine Kalibrierung der Position des Verbrauchersteuerventils **26** als ein Verbraucher der Steuerbefehlseingabe an das Verbrauchersteuerventil **26** bereitgestellt sein.

[0019] Fig. 2 zeigt ein weiteres, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkendes Beispiel einer Kalibrierungsschaltung **50** nach einem Aspekt der vorliegenden Offenbarung. Die Kalibrierungsschaltung **50** aus Fig. 2 kann der Kalibrierungsschaltung **10** aus Fig. 1 ähnlich sein, bis auf die wie untenstehend beschriebenen oder anhand der Figuren ersichtlichen Merkmale. Ähnliche Bauteile sind mit ähnlichen Bezugszeichen versehen. Wie in Fig. 2 gezeigt, kann das Bypass-Steuerventil **16** gar nicht benötigt sein. Stattdessen kann die erste Kalibrierungsöffnung **24** eine zum Bereitstellen einer Fluidverbindung zwischen der Kalibrierungszuführleitung **14** und der Kalibrierungsleitung **22** angeordnete, feste Öffnung sein. Das elektrohydraulische Steuerventil **26** kann generell in eine erste Position **52** vorgespannt sein, in der das Verbrauchersteuerventil **26** zum Bereitstellen einer Fluidverbindung zwischen den mindestens zwei zusätzlichen Ports **32** und **34** eingerichtet sein kann, um die Kalibrierungsleitung **22** mit einer Niederdruckquelle **36** durch die zweite Kalibrierungsöffnung **38** zu verbinden. In einer zweiten Position **54** kann das Verbrauchersteuerventil **26** zum Hemmen einer Fluidverbindung zwischen den mindestens zwei zusätzlichen Ports **32** und **34** eingerichtet sein. Die Kalibrierungsschaltung **10** ermöglicht verschiedene auszuführende Kalibrierungen des Verbrauchersteuerventils **26**.

[0020] Fig. 3 zeigt ein den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkendes Beispiel der Kalibrierungsschaltung **10**, das in einem hydraulischen System **100** nach einem Aspekt der Offenbarung angewandt wird. Das hydraulische System **100** umfasst eine Pumpe **102**, ein Reservoir **104** und eine Steuerventilanordnung **106**. In dem gezeigten, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispiel kann die Pumpe **102** eine feste Verstellpumpe sein. In anderen, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispielen kann die Pumpe **102** eine variable Verstellpumpe sein.

[0021] Die Pumpe **102** kann zum Ansaugen einer Flüssigkeit, wie beispielsweise Öl, aus einem Reservoir **104** eingerichtet sein und die Flüssigkeit unter erhöhten Druck an einen Pumpenausgang **108** liefern. Der Pumpenausgang **108** kann in Fluidverbindung mit einer Zuführleitung **110** stehen, die sich in und durch die Steuerventilanordnung **106** erstreckt. Eine Rückführleitung **112** kann sich durch die Steu-

erventilanordnung **106** erstrecken und in Fluidverbindung mit dem Reservoir **104** stehen.

[0022] Die Steuerventilanordnung **106** kann ein Bypass-Steuerventil **114** und ein Verbrauchersteuerventil **116** umfassen. Das Verbrauchersteuerventil **116** kann zum Steuern eines Durchflusses zwischen einem Verbraucher **118** und der Pumpe **102** und dem Reservoir **104** eingerichtet sein. Es sollte angemerkt werden, dass die Anzahl an in dem Hydrauliksystem **100** dargestellten Verbrauchern und entsprechenden Verbrauchersteuerventilen den Schutzbereich der Erfindung in keiner Weise einschränkt und das Hydrauliksystem **100** in anderen den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkende Beispielen mehr als ein Verbraucher **18** und eine entsprechende Anzahl an Verbrauchersteuerventilen **116** umfassen kann. Die Steuerventilanordnung **106** kann einen einzelnen einstückigen Körper oder physisch separate Ventilbereiche, die nebeneinander verbunden sind, umfassen.

[0023] Das Bypass-Steuerventil **114** kann eine zwischen drei Positionen bewegliche Bypass-Spule **120** umfassen. In anderen, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkende Beispielen kann die Bypass-Spule **120** zwischen mehr als drei oder weniger als drei Positionen beweglich sein. Das Bypass-Steuerventil **114** kann einen Bypass-Eingangsport **122**, einen Bypass-Ausgangsport **124**, einen Bypass-Kalibrierungseingangsport **126** und einen Bypass-Kalibrierungsausgangsport **128** umfassen. Es sollte angemerkt werden, dass die Anzahl an Ports auf dem Bypass-Steuerventil **114** in keiner Weise als einschränkend betrachtet werden soll. In anderen, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkende Beispielen kann das Bypass-Steuerventil **114** so ausgebildet sein, dass es mehr als zwei oder weniger als zwei Ports zusätzlich zu dem Bypass-Kalibrierungseingangsport **126** und dem Bypass-Kalibrierungsausgangsport **128** umfasst.

[0024] Der Bypass-Eingangsport **122** kann in Fluidverbindung mit der Zuführleitung **110** stehen und der Bypass-Ausgangsport **124** kann in Fluidverbindung mit der Rückführleitung **112** stehen. Der Bypass-Kalibrierungseingangsport **126** kann in Fluidverbindung mit einer Kalibrierungszuführleitung **130** stehen. Die Kalibrierungszuführleitung **130** kann sich durch die Steuerventilanordnung **106** erstrecken und von der Zuführleitung **110** getrennt sein. Der Bypass-Kalibrierungsausgangsport **128** kann in Fluidverbindung mit einer Kalibrierungsleitung **132** stehen. Die Kalibrierungsleitung **132** kann sich durch die Steuerventilanordnung **106** erstrecken und von der Zuführleitung **110** getrennt sein.

[0025] In dem dargestellten, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkende Beispiel kann eine Fluidverbindung zwischen dem Bypass-Eingangsport

122 und dem Bypass-Ausgangsport bereitgestellt sein, wenn die Bypass-Spule **120** in einer ersten Bypass-Position **134** ist, und kann eine Fluidverbindung zwischen dem Bypass-Kalibrierungseingangsport **126** und dem Bypass-Kalibrierungsausgangsport **128** gehemmt sein. Wenn die Bypass-Spule **120** in eine zweite Bypass-Position **136** verstellt ist, kann die Fluidverbindung jeweils zwischen dem Bypass-Eingangsport **122** und dem Bypass-Ausgangsport **124** und zwischen dem Bypass-Kalibrierungseingangsport **126** und dem Bypass-Kalibrierungsausgangsport **128** gehemmt sein. Wenn die Bypass-Spule **120** in eine dritte Bypass-Position **138** verstellt ist, kann durch eine Bypass-Öffnung **140** eine Fluidverbindung zwischen dem Bypass-Eingangsport **122** und dem Bypass-Ausgangsport **124** bereitgestellt sein und eine Fluidverbindung kann durch eine Bypass-Kalibrierungsöffnung **142** zwischen dem Bypass-Kalibrierungseingangsport **126** und dem Bypass-Kalibrierungsausgangsport **128** bereitgestellt sein. In manchen, den Schutzbereichen der Erfindung nicht einschränkende Beispielen kann die Bypass-Kalibrierungsöffnung **142** eine feste Öffnung sein. Es sollte angemerkt werden, dass die bestimmte Anordnung der Bypass-Positionen **134**, **136** und **138** in keiner Weise als einschränkend betrachtet werden soll und dass die Bypass-Positionen **134**, **136** und **138** in jeder beliebigen Reihenfolge auf der Bypass-Spule **120** angeordnet sein kann. In dem dargestellten, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkende Beispiel ist die Verbindung zwischen dem Bypass-Kalibrierungseingangsport **126** und dem Bypass-Kalibrierungsausgangsport **128** unabhängig von anderen, durch das Bypass-Steuerventil **114** vereinfachte Verbindungen ausgebildet.

[0026] Das Bypass-Steuerventil **114** kann generell durch eine Bypass-Feder **144** in die erste Bypass-Position **134** vorgespannt sein. Das Bypass-Steuerventil **114** kann durch eine Bypass-Pilotspule **146** elektrohydraulisch gesteuert aktiviert werden, wobei die Bypass-Pilotspule **146** in elektrischer Kommunikation mit einer Steuerung **148** steht. Beim Betrieb kann ein elektrisches Signal (z. B. ein elektrischer Strom) durch die Steuerung **148** auf die Bypass-Pilotspule **146** wahlweise angewandt werden. Als Reaktion auf einen Empfang des elektrischen Signals von der Steuerung **148** kann die Bypass-Pilotspule **146** ein Pilotsignal an das Bypass-Steuerventil **114** bereitstellen, das wiederum im Verhältnis zu einer Größe des elektrischen Signals die Bypass-Spule **120** von der ersten Bypass-Position **134** in Richtung der dritten Bypass-Position **138** verstellen kann. Daher kann die Größe des durch die Steuerung **148** zugeführten, elektrischen Signals einer Verstellposition der Bypass-Spule **120** zwischen der ersten Bypass-Position **134** und der dritten Bypass-Position **138** proportional entsprechen. In anderen, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkende Beispielen kann das

Bypass-Steuerventil **114** durch ein in Eingriff mit der Bypass-Spule **120** statt der Bypass-Pilotspule **146** stehendes Solenoid aktiviert werden.

[0027] Das Verbrauchersteuerventil **116** kann eine zwischen drei Positionen bewegliche Verbraucherspule **150** umfassen. In anderen, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispielen kann die Verbraucherspule **150** mehr als oder weniger als drei Positionen umfassen. Das Verbrauchersteuerventil **116** kann einen Verbrauchereingangsport **152**, einen ersten Verbraucherausgangsport **154**, einen zweiten Verbraucherausgangsport **156**, einen Verbraucherkalibrierungseingangsport **158**, einen Verbraucherkalibrierungsausgangsport **160**, einen ersten Arbeitsport **162** und einen zweiten Arbeitsport **164** umfassen. Es sollte angemerkt werden, dass die Anzahl an Ports auf dem Verbrauchersteuerventil **116** in keiner Weise als einschränkend betrachtet werden soll. In anderen, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispielen kann das Verbrauchersteuerventil **116** ausgebildet sein, mehr als oder weniger als fünf Ports zusätzlich zu dem Verbraucherkalibrierungseingangsport **158** und dem Verbraucherkalibrierungsausgangsport **160** zu umfassen.

[0028] Der Verbrauchereingangsport **152** kann in Fluidverbindung mit der Zuführleitung **110** stehen. Der erste Verbraucherausgangsport **154** und der zweite Verbraucherausgangsport **156** können jeweils in Fluidverbindung mit der Rückführleitung **112** stehen. Der Verbraucherkalibrierungseingangsport **158** kann in Fluidverbindung mit der Kalibrierungsleitung **132** stehen und der Verbraucherkalibrierungsausgangsport **160** kann in Fluidverbindung mit einer Wannenleitung **166** stehen. In anderen, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispielen kann der Verbraucherkalibrierungsausgangsport **160** in Fluidverbindung mit der Rückführleitung **112** stehen. Wie in **Fig. 3** dargestellt, sind weder der Verbraucherkalibrierungseingangsport **158** noch der Verbraucherkalibrierungsausgangsport **160** mit weder dem ersten Arbeitsport **162** noch dem zweiten Arbeitsport **164** verbunden. Daher kann jeglicher Durchfluss zwischen dem Verbraucherkalibrierungseingangsport **158** und dem Verbraucherkalibrierungsausgangsport **160** von dem Verbraucher **18** isoliert ausgebildet sein.

[0029] Der erste Arbeitsport **162** kann in Fluidverbindung mit einem ersten Verbraucherport **168** des Verbrauchers **18** stehen und der zweite Arbeitsport **164** kann in Fluidverbindung mit einem zweiten Verbraucherport **170** des Verbrauchers **18** stehen. In dem dargestellten, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispiel ist der Verbraucher **18** ein hydraulischer Aktor. In anderen, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispielen kann der Verbraucher **18** ein weiteres Gerät sein, das von

einer von dem Verbrauchersteuerventil **116** (z. B. ein Motor) gesteuerte Flüssigkeit angetrieben werden muss.

[0030] In dem dargestellten, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispiel kann eine Fluidverbindung zwischen dem Verbrauchereingangsport **152** und dem zweiten Arbeitsport **164** bereitgestellt sein, wenn die Verbraucherspule **150** in eine erste Position **172** verstellt ist, und kann eine Fluidverbindung zwischen dem ersten Arbeitsport **162** und dem zweiten Verbraucherausgangsport **156** bereitgestellt sein. Zudem kann in der ersten Position **172** durch eine Verbraucherkalibrierungsöffnung **174** eine Fluidverbindung zwischen dem Verbraucherkalibrierungseingangsport **158** und dem Verbraucherkalibrierungsausgangsport **160** bereitgestellt sein. Wenn sich die Verbraucherspule **150** in einer zweiten Position **176** befindet, kann eine Fluidverbindung zwischen allen Ports **152**, **154**, **156**, **158**, **160**, **162** und **164** gehemmt sein. Wenn die Verbraucherspule **150** in eine dritte Position **178** verstellt ist, kann eine Fluidverbindung zwischen dem Verbrauchereingangsport **152** und dem ersten Arbeitsport **162** bereitgestellt sein und eine Fluidverbindung zwischen dem zweiten Arbeitsport **164** und dem ersten Verbraucherausgangsport **154** bereitgestellt sein. Zudem kann in der dritten Position **178** eine Fluidverbindung durch die Verbraucherkalibrierungsöffnung **174** zwischen dem Verbraucherkalibrierungseingangsport **158** und dem Verbraucherkalibrierungsausgangsport **160** bereitgestellt sein. Es sollte angemerkt werden, dass die Verbraucherspule **150** zwei identische Verbraucherkalibrierungsöffnungen **174** umfassen kann oder die Verbraucherspule **150** in manchen, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispielen verschiedene Verbraucherkalibrierungsöffnungen **174** auf verschiedenen Seiten einer Nut (oder Einschnitten) auf der Verbraucherspule **150** definieren kann. Dennoch funktionieren die Verbraucherkalibrierungsöffnungen **174** während des Kalibrierungsverfahrens ungeachtet ihrer speziellen Einschränkungseigenschaften ähnlich.

[0031] In manchen, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispielen kann die Verbraucherkalibrierungsöffnung **174** eine variable Öffnung sein. Eine durch die Bypass-Kalibrierungsöffnung **142** bereitgestellte Einschränkung kann wesentlich geringer als die von der Verbraucherkalibrierungsöffnung **174** bereitgestellte Einschränkung ausgebildet sein. Zusätzlich können die Bypass-Kalibrierungsöffnung **142** und die Verbraucherkalibrierungsöffnung **174** in einer Reihe angeordnet sein. Auf diese Weise kann der Druck in der Kalibrierungszuführleitung **132** im Großen und Ganzen konstant bleiben, wenn durch die Bypass-Kalibrierungsöffnung **142** eine Fluidverbindung zwischen der Kalibrierungszuführleitung **130** und der Kalibrierungsleitung **132** bereitgestellt ist, und der Druck in der Kalibrierungslei-

tung **132** kann abfallen, wenn die Kalibrierungsleitung **132** durch die Verbraucherkalibrierungsöffnung **174** mit der Wannenleitung **166** verbunden ist.

[0032] Das Verbrauchersteuerventil **116** kann üblicherweise durch eine erste Feder **180** und eine entgegengesetzte zweite Feder **182** in die zweite Position **176** vorgespannt sein. In anderen, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispielen kann das Verbrauchersteuerventil **116** üblicherweise in die erste Position **172** oder in die dritte Position **178** vorgespannt sein. Das Verbrauchersteuerventil **116** kann durch eine erste Pilotspule **184** und eine zweite Pilotspule **186** elektrohydraulisch gesteuert aktiviert werden. Die erste Pilotspule **184** und die zweite Pilotspule **186** können in elektrischer Kommunikation mit der Steuerung **148** stehen. Bei Betrieb kann ein elektrisches Signal (z. B. ein elektrischer Strom) durch die Steuerung **148** wahlweise auf entweder die erste Pilotspule **184** oder die zweite Pilotspule **186** angewandt werden. Sollte die Verbraucherspule **150** in Richtung der ersten Position **172** bewegt werden, kann die Steuerung **148** ein elektrisches Signal an die erste Pilotspule **184** bereitstellen. Als Reaktion hierauf kann die erste Spule **184** ein Pilotsignal an das Verbrauchersteuerventil **116** bereitstellen, das wiederum in einem Verhältnis zu einer Größe des elektrischen Signals die Verbraucherspule **150** in Richtung der ersten Position **172** verstellen kann. Sollte die Verbraucherspule **150** im Gegenteil hierzu in Richtung der dritten Position **178** bewegt werden, kann die Steuerung **148** ein elektrisches Signal an die zweite Pilotspule **186** bereitstellen. Als Reaktion hierauf kann die zweite Pilotspule **186** ein Pilotsignal an das Verbrauchersteuerventil **116** bereitstellen, das wiederum im Verhältnis zu einer Größe des elektrischen Signals die Verbraucherspule **150** in Richtung der dritten Position **178** verstellen kann. Daher kann die durch die Steuerung **148** an die erste Pilotspule **184** oder die zweite Pilotspule **186** bereitgestellte Größe einer Verstellposition der Verbraucherspule **150** zwischen der ersten Position **172** oder der dritten Position **178** proportional entsprechen. In anderen, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispielen kann das Verbrauchersteuerventil **116** durch einen oder mehrere in Eingriff mit der Verbraucherspule **150** statt der ersten und zweiten Pilotspule **184** und **186** stehende Solenoide verstellbar werden.

[0033] Ein Kalibrierungsdrucksensor **188** kann stromabwärts von der Bypass-Kalibrierungsöffnung **142** und stromaufwärts von der Verbraucherkalibrierungsöffnung **174** auf der Kalibrierungsleitung **132** angeordnet sein. In dem dargestellten, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispiel kann eine Kalibrierungsquelle **190** in Fluidverbindung mit einem Eingang **192** der Kalibrierungszuführleitung **130** stehen. Die Kalibrierungsquelle **190** kann in Form einer außerhalb der Pumpe **102** angeordne-

ten Pumpe ausgebildet sein. Die Kalibrierungsquelle **190** kann eingerichtet sein, wahlweise eine unter Druck befindliche Flüssigkeit (z. B. Öl) in die Kalibrierungszuführleitung **130** einzuleiten. In anderen, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispielen kann das hydraulische System **100** keine Kalibrierungsquelle **190** umfassen und stattdessen kann die Pumpe **102** eingerichtet sein, wahlweise eine unter Druck befindliche Flüssigkeit in die Kalibrierungszuführleitung **130** einzuleiten. Ein Pumpendrucksensor **194** kann stromabwärts des Pumpenausgangs **108** und stromaufwärts des Bypass-Eingangsports **122** auf der Zuführleitung **110** angeordnet sein. Es sollte angemerkt werden, dass der Pumpendrucksensor **194** nicht benötigt wird, um die in diesem Dokument beschriebenen Kalibrierungsverfahren auszuführen.

[0034] Das hydraulische System **100** kann zum Ausführen einer Kalibrierung des Verbrauchersteuerventils **116** betreibbar sein, um den Einfluss von Bauteiltoleranzen auf die Leistung des gesamten Systems zu unterbinden. Insbesondere vereinfacht die Reihenverbindung der Bypass-Kalibrierungsöffnung **142** und die Verbraucherkalibrierungsöffnung **174** entlang der Kalibrierungsleitung **132**, wie untenstehend beschrieben, die Kalibrierung des Verbrauchersteuerventils **116**. Dennoch sollte angemerkt werden, dass die spezielle Ausführung der Bauteile innerhalb des hydraulischen Systems **100** in keiner Weise als einschränkend betrachtet werden soll. Das bedeutet, dass die in diesem Dokument beschriebenen Systeme und Verfahren zur Kalibrierung von Ventilen auf sämtliche hydraulische Systeme mit einem oder mehreren elektrohydraulischen Ventilen, die zum Steuern eines Durchflusses an einen Verbraucher verbunden sind, angewandt werden können.

[0035] Der Betrieb des hydraulischen Systems **100** beim Ausführen verschiedener Kalibrierungsverfahren wird untenstehend mit Bezug auf die **Fig. 2** bis **Fig. 4** beschrieben. Es sollte angemerkt werden, dass die Kalibrierungssysteme und -verfahren ebenfalls auf die Kalibrierungsschaltung **10** aus **Fig. 1**, **Fig. 2** oder auf ein anderes hydraulisches System, das mittels der in diesem Dokument beschriebenen Eigenschaften und Techniken ausgebildet ist, angewandt werden können. In manchen, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispielen kann die Steuerung **148** zum Bereitstellen von Anweisungen an das Bypass-Steuerventil **114** und das Verbrauchersteuerventil **116**, zum Überwachen des durch den Kalibrierungsdrucksensor **188** erfassten Drucks und/oder zum Ausführen der in diesem Dokument beschriebenen Kalibrierungsberechnungsverfahren eingerichtet sein.

[0036] **Fig. 4** zeigt ein den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkendes Beispiel der Schritte zum Ausführen einer Offset-Kalibrierung für das Ver-

brauchersteuerventil **116** nach einem Aspekt der vorliegenden Offenbarung. Wenn die Offset-Kalibrierung beginnen soll, kann in Schritt **200** die Kalibrierungsquelle **190** mit der Kalibrierungsleitung **132** verbunden sein. Dies kann durch Anweisen des Bypass-Steuerventils **114**, sich in die dritte Position **138** zu bewegen, vereinfacht sein. In der dritten Bypass-Position **138** stellt das Bypass-Steuerventil **114** durch die Bypass-Kalibrierungsöffnung **142** eine Fluidverbindung von der Kalibrierungszuführleitung **130** zu der Kalibrierungsleitung **132** bereit. Wie obenstehend beschrieben, kann in anderen, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispielen die Pumpe **102** zum Zuführen einer unter Druck befindlicher Flüssigkeit in die Kalibrierungszuführleitung **130** statt in die externe Kalibrierungsquelle **190** eingerichtet sein.

[0037] Da die Kalibrierungsquelle **190** einen Durchfluss durch die Bypass-Kalibrierungsöffnung **142** in die Kalibrierungsleitung **132** bereitstellt, kann ein Kalibrierungszuführdruck in Schritt **202** gemessen werden. Der Kalibrierungszuführdruck kann dem durch den Kalibrierungsdrucksensor **188** gemessenen Druck entsprechen, wenn kein Steuerbefehl an das Verbrauchersteuerventil **116** bereitgestellt ist (d. h., das Verbrauchersteuerventil **116** ist in der zweiten Position **176**, in der der Durchfluss von der Kalibrierungsleitung **132** durch das Verbrauchersteuerventil **116** gehemmt ist). Der in Schritt **202** gemessene Kalibrierungszuführdruck kann als Referenzdruck während der Kalibrierung verwendet werden und, sobald er erfasst ist, von der Steuerung **148** gespeichert werden. Sobald der Kalibrierungszuführdruck erfasst wurde, kann in Schritt **204** das Verbrauchersteuerventil **116** gesteuert werden (d. h., die Steuerung **148** kann ein elektrisches Signal anwenden, das zum Bewegen der Verbraucherspule **150** von der zweiten Position **176** in Richtung der ersten Position **172** oder der dritten Position **178** führt).

[0038] Während das Verbrauchersteuerventil **116** in Schritt **204** gesteuert wird, kann der Kalibrierungsdrucksensor **188** in Schritt **206** überwacht werden. Auf diese Art kann der Druck in der Kalibrierungsleitung **132** als ein Verbraucher des an das Verbrauchersteuerventil **116** zugeführten Steuerbefehls (z. B. ein elektrisches Signal von der Steuerung **148**) überwacht werden. Während die Verbraucherspule **150** ihre Position während des Steuerbefehls an das Verbrauchersteuerventil **116** ändert, kann die Verbindung zwischen der Kalibrierungsleitung **132** und der Wanneneleitung **166** stetig durch die Verbraucherkalibrierungsöffnung **174** bereitgestellt werden. Die Wanneneleitung **166** kann einen wesentlich geringeren Druck als die Kalibrierungsleitung **132** aufweisen und so kann der von dem Kalibrierungsdrucksensor **188** erfasste Druck abfallen, während das Verbrauchersteuerventil **116** gesteuert wird.

[0039] Während der Kalibrierungsdrucksensor **188** den Druck in der Kalibrierungsleitung **132** überwacht, kann in Schritt **208** bestimmt werden, ob in Schritt **202** der in der Kalibrierungsleitung **132** überwachte Druckwert einen vorbestimmten Druckwert übersteigt. Zum Beispiel kann in Schritt **208** bestimmt werden, wann der Druck in der Kalibrierungsleitung **132** auf ein vorbestimmtes Verhältnis des Kalibrierungszuführdrucks abfällt. Das vorbestimmte Verhältnis kann zum Angeben, wann das Verbrauchersteuerventil **116** anfängt, „sich einen Spalt zu öffnen“, oder wann ein Durchfluss hierdurch geleitet wird, eingerichtet sein. Alternativ oder zusätzlich kann bestimmt werden, wann der Druck in der Kalibrierungsleitung **132** einen bekannten Druck übersteigt, zum Beispiel einen bekannten Druck der Wanneneleitung **166**. Das bedeutet, dass der Druck in der Kalibrierungsleitung **132** von dem Kalibrierungsdrucksensor **188** überwacht werden kann und bestimmt werden kann, wann der überwachte Druck einen bekannten Druckwert übersteigt (entweder ausgehend von einem Druckwert unterhalb des bekannten Druckwerts zu einem Druckwert oberhalb des bekannten Werts oder umgekehrt).

[0040] Elektrohydraulische Steuerventile können eine bekannte oder vorbestimmte Beziehung zwischen einer Einschränkung über das Steuerventil und dem auf das Steuerventil angewandten Steuerbefehl definieren. Dennoch muss die Einschränkung als ein Verbraucher des Steuerbefehls so kalibriert sein, um Variierungen und Toleranzen innerhalb des hydraulischen Systems Rechnung tragen zu können. Daher ermöglicht ein Finden oder Definieren eines bekannten Punkts auf der Einschränkung/dem Druck/der Position im Vergleich zur Steuerbefehlskurve ein Definieren der restlichen Kurve und/oder ein Definieren des x-Achsenabschnitts der Kurve.

[0041] Wenn in Schritt **208** bestimmt wird, dass der Druck in der Kalibrierungsleitung **132** den vorbestimmten Druckwert übersteigt, kann der an das Verbrauchersteuerventil **116** zugeführte Steuerbefehlswert an diesem Übersteigungspunkt erfasst werden und ein Steuerbefehl-Offset kann in Schritt **210** berechnet werden. Der Steuerbefehl-Offset in Schritt **210** kann durch Vergleichen des erfassten Steuerbefehls werts mit einem Ausgangssteuerbefehls wert berechnet werden, wobei der Ausgangssteuerbefehls wert mit dem Verbrauchersteuerventil **116**, das beginnt, Flüssigkeit hierdurch strömen zu lassen, übereinstimmen soll. Daher kann die Beziehung zwischen dem an das Verbrauchersteuerventil **116** bereitgestellten Steuerbefehl und der entsprechenden Position der Verbraucherspule **150** kalibriert werden. Da die Kalibrierungsschaltung (d. h., die Kalibrierungszuführleitung **130**, die Kalibrierungsleitung **132**, die Bypass-Kalibrierungsöffnung **142** und die Verbraucherkalibrierungsöffnung **174**) von dem Verbraucher **118** isoliert ausgebildet ist, kann das Offsetkalibrie-

rungsverfahren zu jedem Zeitpunkt sicher während des Betriebs des hydraulischen Systems **100** begonnen werden. Daher kann der Offsetsteuerbefehl für das Verbrauchersteuerventil **116** kontinuierlich überprüft und verbessert werden.

[0042] Fig. 5 zeigt ein den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkendes Beispiel der Schritte zum Ausführen verschiedener Kalibrierungsverfahren für das Verbrauchersteuerventil **116** nach einem Aspekt der vorliegenden Offenbarung. Wenn das Kalibrierungsverfahren beginnen soll, kann die Kalibrierungsquelle **190** in Schritt **300** mit der Kalibrierungsleitung **132** verbunden sein. Dies kann durch Anweisen des Bypass-Steuerventils **114** zum Verstellen in die dritte Bypass-Position **138** vereinfacht sein. In der dritten Bypass-Position **138** stellt das Bypass-Steuerventil **114** durch die Bypass-Kalibrierungsöffnung **142** eine Fluidverbindung von der Kalibrierungszuführleitung **130** zu der Kalibrierungsleitung **132** bereit. Wie obenstehend in anderen, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispielen beschrieben, kann die Pumpe **102** zum Bereitstellen von unter Druck befindlicher Flüssigkeit in die Kalibrierungszuführleitung **130** statt in die externe Kalibrierungsquelle **190** eingerichtet sein.

[0043] Da die Kalibrierungsquelle **190** einen Durchfluss durch die Bypass-Kalibrierungsöffnung **142** in die Kalibrierungsleitung **132** bereitstellt, kann ein Kalibrierungszuführdruck in Schritt **302** gemessen werden. Der Kalibrierungszuführdruck kann der von dem Kalibrierungsdrucksensor **188** gemessene Druck sein, wenn kein Steuerbefehl an das Verbrauchersteuerventil **116** bereitgestellt wird (d. h., das Verbrauchersteuerventil **116** ist in der zweiten Position **176**, in der ein Durchfluss durch das Verbrauchersteuerventil **116** von der Kalibrierungsleitung **132** gehemmt ist). Der in Schritt **302** gemessene Kalibrierungszuführdruck kann als Referenzdruck während der Kalibrierung verwendet und, sobald er erfasst ist, von der Steuerung **148** gespeichert werden. Sobald der Kalibrierungszuführdruck erfasst ist, kann in Schritt **304** ein Mindestwert eines Steuerbefehls an das Verbrauchersteuerventil **116** durch einen Höchstwert ausgetauscht werden (d. h., die Steuerung **148** kann einen Mindestwert eines in das Verbrauchersteuerventil **116** zugeführten elektrischen Signals durch einen Höchstwert austauschen, der zum Bewegen der Verbraucherspule **150** von der zweiten Position **176** zu der ersten Position **172** oder der dritten Position **178** führt). Während die Verbraucherspule **150**, während das Verbrauchersteuerventil **116** von dem Mindestwert zu dem Höchstwert gesteuert wird, ihre Position ändert, kann die Verbindung zwischen der Kalibrierungsleitung **132** und der Wanneneleitung **166** stetig durch die Verbraucherkalibrierungsöffnung **174** bereitgestellt werden. Die Wanneneleitung **166** kann einen wesentlich geringeren Druck als die Kalibrierungsleitung **132** aufweisen

und daher kann der von dem Kalibrierungsdrucksensor **188** erfasste Druck abfallen, während die Kalibrierungsleitung **132** mit der Wanneneleitung **166** verbunden ist.

[0044] Während das Verbrauchersteuerventil **116** in Schritt **304** von einem Mindeststeuerbefehl zu einem Höchststeuerbefehl gesteuert wird, kann der Druck in der Kalibrierungsleitung **132** von dem Kalibrierungsdrucksensor **188** in Schritt **306** überwacht werden. Auf diese Weise kann der Druck in der Kalibrierungsleitung **132** als ein Verbraucher des in das Verbrauchersteuerventil **116** zugeführten Steuerbefehls (z. B. ein elektrisches Signal von der Steuerung **148**) überwacht werden. Auf Basis des überwachten Drucks in der Kalibrierungsleitung **132** können ein oder mehrere Kalibrierungsabläufe ausgeführt werden. Zum Beispiel kann eine Steuerbefehl-Offsetkalibrierung in den Schritten **308** und **310** berechnet werden. Die in den Schritten **308** und **310** berechnete Steuerbefehl-Offsetkalibrierung kann dem obenstehend beschriebenen Verfahren mit Bezug auf die Schritte **208** und **210** in Fig. 4 ähneln.

[0045] Alternativ oder zusätzlich kann in Schritt **312** eine Mehrpunkt-Kalibrierungskarte auf Basis von dem Druck in der Kalibrierungsleitung **132** erzeugt werden, während ein Minimum des Steuerbefehls an das Verbrauchersteuerventil **116** durch ein Maximum ausgetauscht wird. In manchen, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispielen kann die Mehrpunkt-Kalibrierungskarte eine Beziehung zwischen dem Steuerbefehl an das Verbrauchersteuerventil **116** und der entsprechenden Position der Verbraucherspule **150** kalibrieren. Zum vereinfachten Erzeugen der Mehrpunkt-Kalibrierungskarte kann eine von der Verbraucherkalibrierungsöffnung **174** bereitgestellte Einschränkung eine bekannte Beziehung zur Position der Verbraucherspule **150** definieren. Die Beziehung zwischen der Einschränkung der Verbraucherkalibrierungsöffnung **174** und der Position der Verbraucherspule **150** kann jede Form annehmen (z. B. linear, exponentiell, parabolisch, polynomial, usw.), solange die Beziehung bekannt oder definiert ist. Die Mehrpunkt-Kalibrierungskarte kann in Schritt **312** mittels der bekannten Beziehung zwischen der Einschränkung der Verbraucherkalibrierungsöffnung **174** und der Position der Verbraucherspule **150** und des von dem Kalibrierungsdrucksensor **188** gemessenen Drucks in der Kalibrierungsleitung **132** erzeugt werden. Zum Beispiel kann der von dem Kalibrierungsdrucksensor **188** gemessene Druck überwacht werden, um zu bestimmen, wann der Druck in der Kalibrierungsleitung **132** mindestens zwei verschiedene erwartete Drücke auf Basis von bekannten Eigenschaften der Verbraucherspule **150** als ein Verbraucher des Steuerbefehls übersteigt. Die entsprechenden auf das Verbrauchersteuerventil **116** angewandten Steuerbefehlswerte, die auftreten, wenn die mindestens zwei erwarteten Druckwer-

te überstiegen sind, können erfasst werden. Auf Basis der erfassten Steuerbefehlswerte, die auftreten, wenn der Druck in der Kalibrierungsleitung **132** die mindestens zwei erwarteten Druckwerte übersteigen, können die vorbestimmten Eigenschaften der Verbraucherspule **150** zum Kalibrieren des Verbrauchersteuerventils **116** kompensiert sein. Das bedeutet, eine Mehrpunkt-Kalibrierungskarte kann für das Verbrauchersteuerventil **116** erzeugt werden. Es sollte angemerkt werden, dass das Verbrauchersteuerventil **116** nicht von einem Mindeststeuerbefehl zu einem Höchststeuerbefehl gesteuert werden muss, um ein Erzeugen einer Mehrpunkt-Kalibrierungskarte zu vereinfachen. Der Steuerbefehlswert kann erfasst werden, wenn mindestens zwei verschiedene erwartete Druckwerte überstiegen sind. Die mindestens zwei erwarteten Druckwerte können jederzeit in dem Bereich der auf das Verbrauchersteuerventil **116** angewandten Steuerbefehle auftreten.

[0046] Ein Austauschen des Steuerbefehls an das Verbrauchersteuerventil **116** von einem Mindestwert zu einem Höchstwert kann den Druck in der Kalibrierungsleitung **132** verändern, um das in Schritt **310** zu berechnende Kalibrierungsoffset und/oder die in Schritt **312** zu erzeugende Mehrpunkt-Kalibrierungskarte zu ermöglichen. Zusätzlich kann eine Hysterese weiter durch Austauschen des Steuerbefehls an das Verbrauchersteuerventil **116** von dem Höchstwert zurück zu dem Mindestwert in Schritt **314** kalibriert werden. Auch hier kann die bekannte Beziehung zwischen der Einschränkung der Verbraucherkalibrierungsöffnung **174** und der Position der Verbraucherspule **150** wie auch der von dem Kalibrierungsdrucksensor **188** gemessene Druck in der Kalibrierungsleitung **132** zum Erzeugen einer weiteren Mehrpunkt-Kalibrierungskarte des Steuerbefehls an das Verbrauchersteuerventil **116** im Vergleich zu einer Position der Verbraucherspule **150** verwendet werden. Die, als das Verbrauchersteuerventil **116** von einem Minimum zu einem Maximum gesteuert wurde, erzeugte Mehrpunkt-Kalibrierungskarte kann in Schritt **316** mit der, als das Verbrauchersteuerventil **116** von einem Maximum zu einem Minimum gesteuert wurde, erzeugte Mehrpunkt-Kalibrierungskarte zum Berechnen einer Hysteresekarte als ein Verbraucher des Steuerbefehls an das Verbrauchersteuerventil **116** verglichen werden. Es sollte angemerkt werden, dass das Steuern des Verbrauchersteuerventils **116** von einem Mindeststeuerbefehl zu einem Höchststeuerbefehl und zurück zu einem Mindeststeuerbefehl nur ein den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkendes Beispiel zum Erzeugen von Hysteresekalibrierungsdaten darstellt. In anderen, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispielen kann das Verbrauchersteuerventil **116** zwischen einem ersten Steuerbefehlswert und einem zweiten Steuerbefehlswert in eine erste Richtung gesteuert werden und folglich zwischen dem ersten Steuerbefehlswert und dem zweiten Steuerbefehlswert in ei-

ne der ersten Richtung entgegengesetzten zweiten Richtung gesteuert werden. Der Steuerbefehlswert, wenn der überwachte Druck in der Kalibrierungsleitung **132** einen vorbestimmten Wert übersteigt, kann erfasst werden, wenn das elektrohydraulische Steuerventil in die erste Richtung und in die zweite Richtung gesteuert wird. Eine Hysteresekalibrierung kann auf Basis von erfassten Steuerbefehlswerten berechnet werden, wenn der überwachte Druck in der Kalibrierungsleitung **132** den vorbestimmten Druck übersteigt, während das elektrohydraulische Steuerventil in die erste Richtung und in die zweite Richtung gesteuert wird. Die Hysteresekalibrierung stellt den benötigten Unterschied in der Steuerbefehlsgröße dar, um dieselbe Ventilposition zu erreichen (wie von dem überwachten Druck in der Kalibrierungsleitung **132** angegeben).

[0047] Es sollte angemerkt werden, dass ein oder mehrere unter Bezugnahme von **Fig. 5** beschriebene Kalibrierungsverfahren unabhängig voneinander oder gleichzeitig ausführbar sind. Des Weiteren gilt die Reihenfolge der in **Fig. 5** dargestellten Kalibrierungsverfahren in keiner Weise als einschränkend. Zum Beispiel kann der Kalibrierungsdrucksensor **188** in manchen, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispielen den Druck in der Kalibrierungsleitung **132** durchgehend messen und das Verbrauchersteuerventil **116** kann von einem Minimum zu einem Maximum und zurück zu einem Minimum gesteuert werden. Anschließend können auf Basis des gemessenen Drucks in der Kalibrierungsleitung **132** ein Kalibrierungsoffset, eine Mehrpunkt-Kalibrierungskarte und/oder eine Hysteresekarte berechnet werden.

[0048] Die in diesem Dokument beschriebenen Systeme und Verfahren liefern verschiedene Kalibrierungsverfahren für ein elektrohydraulisches Ventil. Zum Beispiel können eine Offset-Berechnung zum Kalibrieren eines Verbrauchersteuerventilbefehls zu einer Spulenposition, eine Mehrpunkt-Karte zum Kalibrieren eines Verbrauchersteuerventilbefehls zur Spulenposition und/oder eine Hysteresekalibrierung als ein Verbraucher eines Steuerbefehls an ein Verbrauchersteuerventil realisiert sein. Diese Kalibrierungsverfahren können Variierungen im Betrieb, wo eine Systemkalibrierung benötigt wird, reduzieren.

[0049] Die Verwendung einer Kalibrierungsleitung, die von der Hauptzuführleitung isoliert ausgebildet ist, und eine Verbrauchersteueröffnung, die von einem Verbraucher isoliert ausgebildet ist, ermöglichen die in diesem Dokument beschriebenen Kalibrierungsverfahren, die bei einem niedrigeren Druck ausführbar sind (d. h., ein wesentlich niedriger Druck als der Druck im Normalbetrieb). In manchen, den Schutzbereich der Erfindung nicht einschränkenden Beispielen kann der zum Ausführen der in diesem Dokument beschriebenen Kalibrierungsverfahren benötigte Druck

nur der zum vollständigen Ausführen der zu kalibrierenden Verbraucherspule benötigte Druck sein. Zusätzlich eliminiert die Isolation der Kalibrierungsschaltung von der Hauptversorgungsleitung und dem Verbraucher die Notwendigkeit zum Bewegen des Verbrauchers oder dass sich das System in einem hohen Energiestadium während der Kalibrierung befinden muss. Dies ist für eine sichere Kalibrierung mobiler Maschinen im praktischen Einsatz vorteilhaft. Die Isolation der Kalibrierungsschaltung stellt des Weiteren sicher, dass die Verbraucher und die Hauptzuführleitung keine Flüssigkeit in die Kalibrierungsleitung abfließen lassen. Zudem benötigt die Isolation der Kalibrierungsschaltung von der Hauptzuführleitung und dem Verbraucher nicht, dass ein Verbraucher mit dem zu kalibrierenden elektrohydraulischen Steuerventil verbunden ist oder in Fluidverbindung steht. Dies kann zum Beispiel ermöglichen, dass die in diesem Dokument beschriebenen Kalibrierungsverfahren während einer Montage oder für einen Hilfsverbraucher ohne installierte Zusatzteile ausführbar sind.

[0050] In diesem Dokument wurden Ausführungsformen derart beschrieben, dass sich eine eindeutige und prägnante Beschreibung ergibt, aber es ist vorgesehen und wird auch angemerkt, dass Ausführungsformen auf verschiedene Weisen kombiniert oder getrennt werden können, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen. Zum Beispiel wird angemerkt, dass alle in diesem Dokument beschriebenen, bevorzugten Eigenschaften auf sämtliche Aspekte der in diesem Dokument beschriebenen Erfindung anwendbar sind.

[0051] Daher ist die Erfindung nicht zwingend auf die in diesem Dokument beschriebenen, bestimmten Ausführungsformen und Beispiele eingeschränkt und eine Vielzahl anderer Ausführungsformen, Beispiele, Verwendungszwecke, Modifizierungen und andere Abweichungen der Ausführungsformen, Beispiele und Verwendungszwecke von den beigefügten Ansprüchen eingeschlossen werden. Die gesamte Offenbarung jedes in diesem Dokument angeführten Patents und jeder Veröffentlichung sind durch Bezugnahme auf ebendiese eingeschlossen.

[0052] Verschiedene Eigenschaften und Vorteile der Erfindung sind durch die folgenden Ansprüche dargelegt.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 62/305315 [0001]

Patentansprüche

1. Kalibrierungsschaltung, betreibbar zum Kalibrieren eines elektrohydraulischen Steuerventils in einem hydraulischen System, wobei das hydraulische System eine zum Zuführen von Flüssigkeit in eine Zuführleitung eingerichtete Pumpe und mindestens einen Verbraucher aufweist, wobei das elektrohydraulische Steuerventil mindestens einen Arbeitsport in Fluidverbindung mit dem mindestens einen Verbraucher umfasst, wobei die Kalibrierungsschaltung Folgendes umfasst:

eine von der Zuführleitung isoliert ausgebildete Kalibrierungsleitung;
eine zum Bereitstellen einer Fluidverbindung zwischen der Kalibrierungsleitung und der Flüssigkeitsquelle eingerichtete erste Kalibrierungsöffnung;
eine in einer Reihe mit der ersten Kalibrierungsöffnung angeordnete zweite Kalibrierungsöffnung; wobei die zweite Kalibrierungsöffnung auf einer Spule des elektrohydraulischen Steuerventils angeordnet und zum wahlweisen Bereitstellen einer Fluidverbindung zwischen der Kalibrierungsleitung und einer Niederdruckquelle eingerichtet ist; und
einen zum Messen eines Drucks in der Kalibrierungsleitung zwischen der ersten Kalibrierungsöffnung und der zweiten Kalibrierungsöffnung eingerichteten Drucksensor,
wobei die zweite Kalibrierungsöffnung von dem mindestens einen Arbeitsport des elektrohydraulischen Steuerventils isoliert ausgebildet ist.

2. Kalibrierungsschaltung nach Anspruch 1, des Weiteren umfassend:
eine zum Empfangen eines Durchflusses von der Flüssigkeitsquelle eingerichtete Kalibrierungszuführleitung.

3. Kalibrierungsschaltung nach Anspruch 2, wobei sich die Flüssigkeitsquelle außerhalb der Pumpe befindet.

4. Kalibrierungsschaltung nach Anspruch 2, wobei die Flüssigkeitsquelle die Pumpe ist.

5. Kalibrierungsschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die erste Kalibrierungsöffnung eine feste Öffnung ist.

6. Kalibrierungsschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die erste Kalibrierungsöffnung zum wahlweisen Bereitstellen einer Fluidverbindung zwischen der Kalibrierungsleitung und einer Flüssigkeitsquelle eingerichtet ist.

7. Kalibrierungsschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die zweite Kalibrierungsöffnung eine variable Öffnung ist.

8. Kalibrierungsschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei eine von der zweiten Kalibrierungsöffnung definierte Mindesteinschränkung geringer ist als eine von der ersten Kalibrierungsöffnung definierte Einschränkung.

9. Kalibrierungsschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, des Weiteren umfassend:
ein Bypass-Steuerventil, das wahlweise zwischen einer ersten Position, in der eine Fluidverbindung zwischen der Kalibrierungszuführleitung und der Kalibrierungsleitung gehemmt ist, und einer zweiten Position, in der die Fluidverbindung zwischen der Kalibrierungszuführleitung und der Zuführleitung bereitgestellt ist, beweglich ist.

10. Kalibrierungsschaltung nach Anspruch 9, wobei die erste Kalibrierungsöffnung auf einer Spule des Bypass-Steuerventils angeordnet ist.

11. Kalibrierungsschaltung nach Anspruch 10, wobei eine Verbindung durch die erste Kalibrierungsöffnung in dem Bypass-Steuerventil von anderen hierdurch erzeugten Verbindungen isoliert ausgebildet ist.

12. Kalibrierungsschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, des Weiteren umfassend:
eine Steuerung in elektrischer Verbindung mit dem Drucksensor und dem elektrohydraulischen Steuerventil.

13. Kalibrierungsschaltung nach Anspruch 12, wobei die Steuerung für Folgendes betreibbar ist:
Überwachen eines Drucks in der Kalibrierungsleitung;
Steuern des elektrohydraulischen Steuerventils, um durch eine zweite Kalibrierungsöffnung eine Fluidverbindung von der Kalibrierungsleitung an eine Niederdruckquelle bereitzustellen;
Bestimmen, wann der Druck in der Kalibrierungsleitung einen vorbestimmten Druckwert übersteigt;
Erfassen des auf das elektrohydraulische Steuerventil angewandten Steuerbefehls, wenn der Druck in der Kalibrierungsleitung den vorbestimmten Druckwert übersteigt; und
Kalibrieren einer Position des elektrohydraulischen Steuerventils an den hierauf angewandten Steuerbefehl.

14. Hydraulisches System, das zum Kalibrieren eines elektrohydraulischen Steuerventils eingerichtet ist, umfassend:
eine zum Bereitstellen von Flüssigkeit in eine Zuführleitung eingerichtete Pumpe;
mindestens einen Verbraucher;
ein elektrohydraulisches Steuerventil mit mindestens einem in Fluidverbindung mit dem mindestens einen Verbraucher stehenden Arbeitsport;

eine zum Empfangen eines Durchflusses von einer Kalibrierungsquelle eingerichtete Kalibrierungszuführleitung;
 eine Kalibrierungsleitung;
 eine zum wahlweisen Bereitstellen einer Fluidverbindung zwischen der Kalibrierungszuführleitung und der Kalibrierungsleitung eingerichtete erste Kalibrierungsöffnung;
 eine in einer Reihe mit der ersten Kalibrierungsöffnung angeordnete zweite Kalibrierungsöffnung; wobei die zweite Kalibrierungsöffnung auf einer Spule des elektrohydraulischen Steuerventils angeordnet und zum wahlweisen Bereitstellen einer Fluidverbindung zwischen der Kalibrierungsleitung und einer Niederdruckquelle eingerichtet ist; und
 einen zum Messen eines Drucks in dem stromaufwärts von der zweiten Kalibrierungsöffnung angeordneten Kalibrierungsleitung eingerichteten Drucksensor, wobei die Kalibrierungsleitung und die zweite Kalibrierungsöffnung von dem mindestens einen Verbraucher isoliert ausgebildet sind.

15. Hydraulik System nach Anspruch 14, des Weiteren umfassend:

ein Bypass-Steuerventil, das wahlweise zwischen einer ersten Position, in der die Fluidverbindung zwischen der Kalibrierungszuführleitung und der Kalibrierungsleitung gehemmt ist, und einer zweiten Position, in der die Fluidverbindung zwischen der Kalibrierungszuführleitung und der Kalibrierungsleitung bereitgestellt ist, verstellbar ist.

16. Kalibrierungsschaltung nach Anspruch 15, wobei die erste Kalibrierungsöffnung auf einer Spule des Bypass-Steuerventils angeordnet ist.

17. Kalibrierungsschaltung nach Anspruch 16, wobei eine Verbindung durch die erste Kalibrierungsöffnung in dem Bypass-Steuerventil von anderen hierdurch erzeugten Verbindungen isoliert ausgebildet ist.

18. Hydraulik System nach einem der Ansprüche 14 bis 17, des Weiteren umfassend:

eine Steuerung, die in elektrischer Verbindung mit dem Drucksensor und dem elektrohydraulischen Steuerventil steht.

19. Hydraulik System nach Anspruch 18, wobei die Steuerung für Folgendes betreibbar ist:

Überwachen eines Drucks in der Kalibrierungsleitung;
 Steuern des elektrohydraulischen Steuerventils, um durch eine zweite Kalibrierungsöffnung eine Fluidverbindung von der Kalibrierungsleitung an eine Niederdruckquelle bereitzustellen;
 Bestimmen, wann der Druck in der Kalibrierungsleitung einen vorbestimmten Druckwert übersteigt;
 Erfassen des auf das elektrohydraulische Steuerventil angewandten Steuerbefehls, wenn der Druck in

der Kalibrierungsleitung den vorbestimmten Druckwert übersteigt; und
 Kalibrieren einer Position des elektrohydraulischen Steuerventils an den hierauf angewandten Steuerbefehl.

20. Verfahren zum Kalibrieren eines elektrohydraulischen Steuerventils in einem hydraulischen System, wobei das hydraulische System eine zum Bereitstellen von Flüssigkeit in eine Zuführleitung eingerichtete Pumpe und mindestens einen Verbraucher umfasst, wobei das elektrohydraulische Steuerventil mindestens einen in einer Fluidverbindung mit dem mindestens einen Verbraucher stehenden Arbeitsport umfasst, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:

Bereitstellen eines Durchflusses in eine Kalibrierungsleitung durch eine erste Kalibrierungsöffnung, wobei die Kalibrierungsleitung von der Zuführleitung isoliert ausgebildet ist;

Steuern des elektrohydraulischen Ventils, um durch eine zweite Kalibrierungsöffnung eine Fluidverbindung von der Kalibrierungsleitung an eine Niederdruckquelle bereitzustellen, wobei die zweite Kalibrierungsöffnung auf einer Spule des elektrohydraulischen Steuerventils angeordnet und von dem mindestens einen Verbraucher isoliert ausgebildet ist;
 Überwachen eines Drucks in der Kalibrierungsleitung, während das elektrohydraulische Steuerventil gesteuert wird;

Bestimmen, wann der Druck in der Kalibrierungsleitung einen vorbestimmten Druckwert übersteigt;
 Erfassen des auf das elektrohydraulische Steuerventil angewandten Steuerbefehls, wenn der Druck in der Kalibrierungsleitung einen vorbestimmten Druckwert übersteigt; und

Kalibrieren einer Position des elektrohydraulischen Steuerventils an den hierauf angewandten Steuerbefehl.

21. Verfahren nach Anspruch 20, wobei ein Kalibrieren einer Position des elektrohydraulischen Steuerventils an den hierauf angewandten Steuerbefehl Folgendes umfasst:

Vergleichen des erfassten Steuerbefehls mit einem vorbestimmten Steuerbefehl und Berechnen eines Steuerbefehl-Offsets auf Basis des Unterschieds zwischen dem erfassten Steuerbefehl und dem vorbestimmten Steuerbefehl.

22. Verfahren nach Anspruch 20 oder 21, des Weiteren umfassend:

Erfassen von mindestens zwei auf das elektrohydraulische Ventil angewandten Steuerbefehlen, wenn der Druck in der Kalibrierungsleitung mindestens zwei erwartete Druckwerte übersteigt, wobei die mindestens zwei erwarteten Drücke auf vorbestimmte Eigenschaften des elektrohydraulischen Steuerventils basieren;

Erzeugen einer Mehrpunkt-Kalibrierungskarte, die einer Position des elektrohydraulischen Steuerventils

mit einem hierauf angewandten Steuerbefehl entspricht.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 22, des Weiteren umfassend:

Steuern des zwischen einem ersten Steuerbefehlswert und einem zweiten Steuerbefehlswert angeordneten elektrohydraulischen Steuerventils in eine erste Richtung und Steuern des zwischen dem ersten Steuerbefehlswert und dem zweiten Steuerbefehlswert angeordneten elektrohydraulischen Steuerventils in eine der ersten Richtung entgegengesetzten zweite Richtung.

24. Verfahren nach Anspruch 23, des Weiteren umfassend:

Erfassen des Steuerbefehlswertes, wenn der überwachte Druck in der Kalibrierungsleitung einen vorbestimmten Wert übersteigt, wenn das elektrohydraulische Steuerventil in die erste Richtung gesteuert ist, und Erfassen des Steuerbefehlswertes, wenn der überwachte Druck in der Kalibrierungsleitung einen vorbestimmten Wert übersteigt, wenn das elektrohydraulische Steuerventil in die zweite Richtung gesteuert ist.

25. Verfahren nach Anspruch 24, des Weiteren umfassend:

Berechnen einer Hysterese-Kalibrierung auf Basis von den erfassten Steuerbefehlswerten, wenn der überwachte Druck in der Kalibrierungsleitung den vorbestimmten Druck übersteigt, während das elektrohydraulische Steuerventil in die erste und zweite Richtung gesteuert ist.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

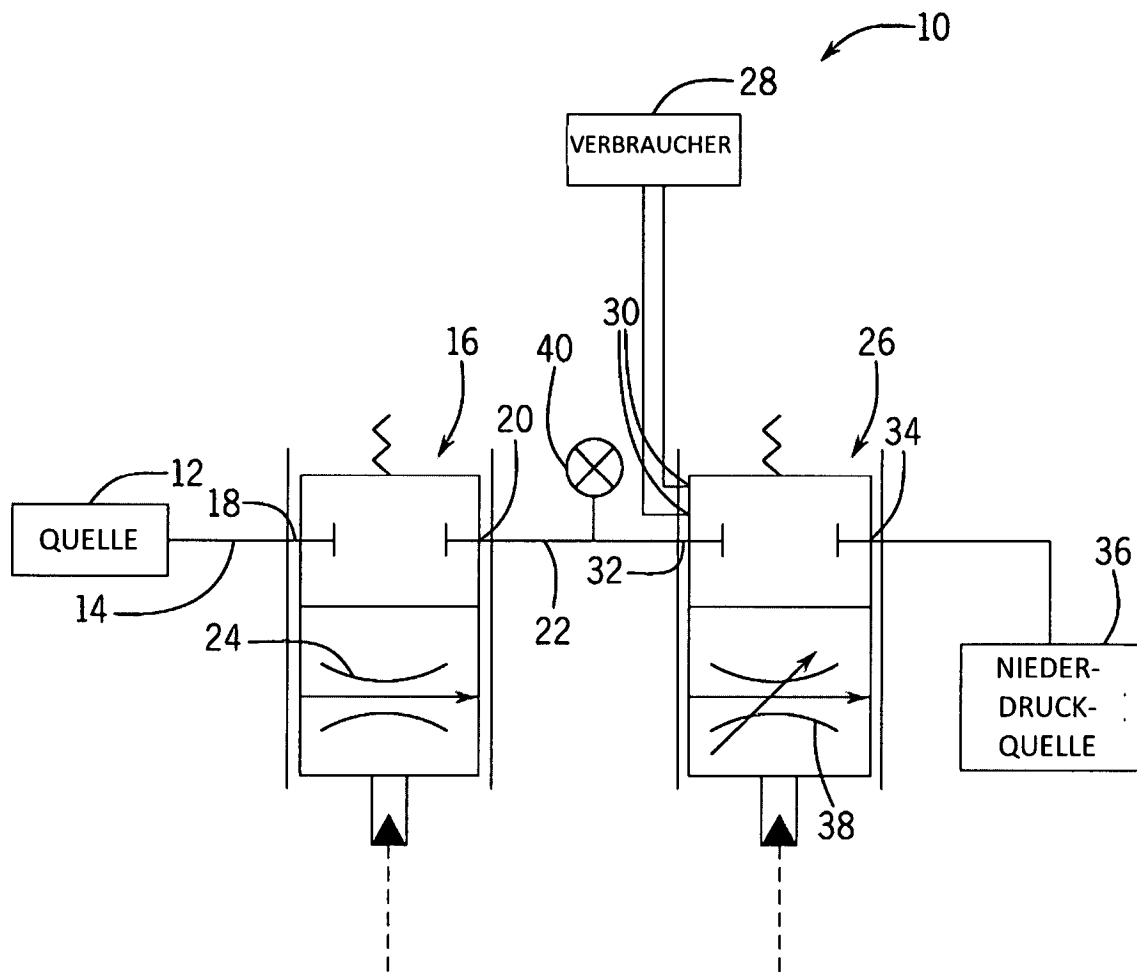


FIG. 1

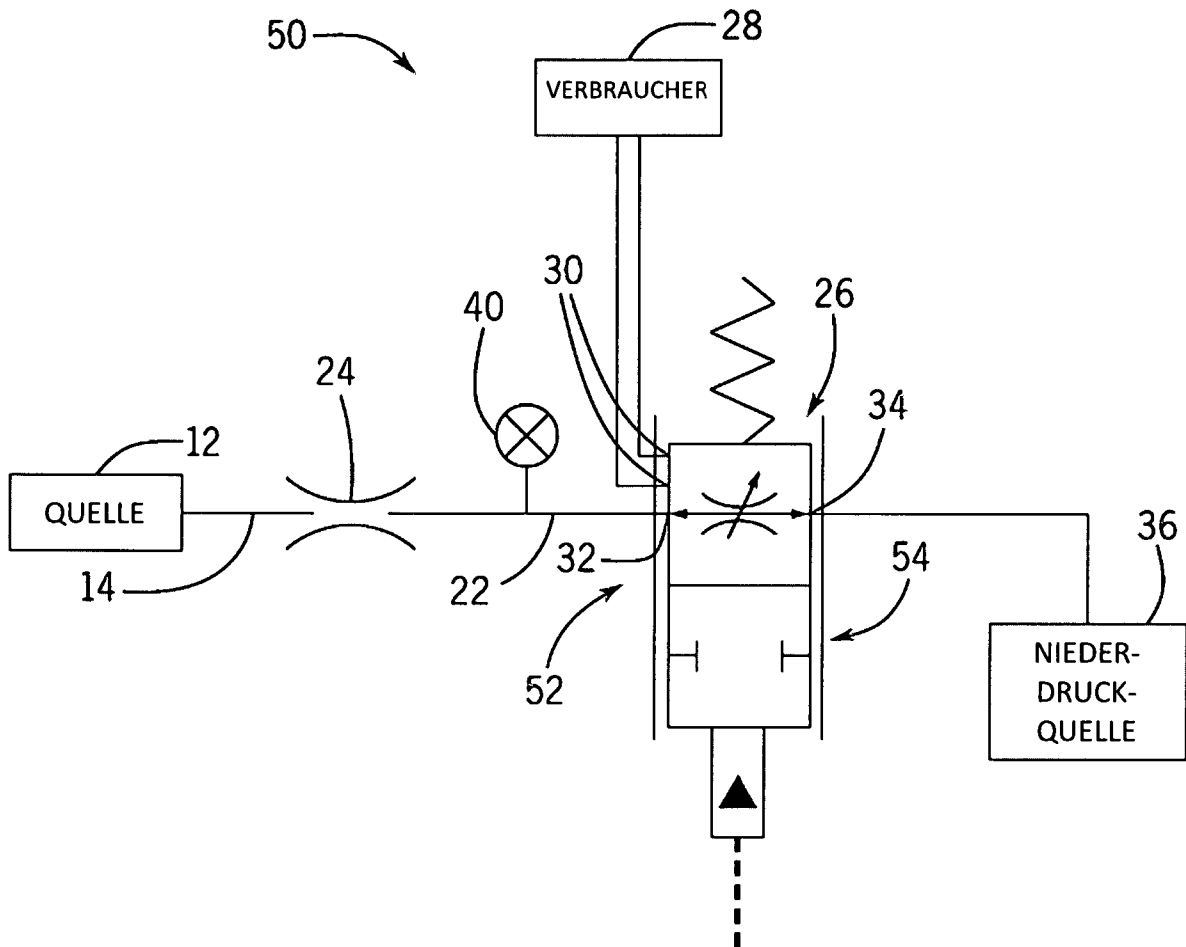


FIG. 2

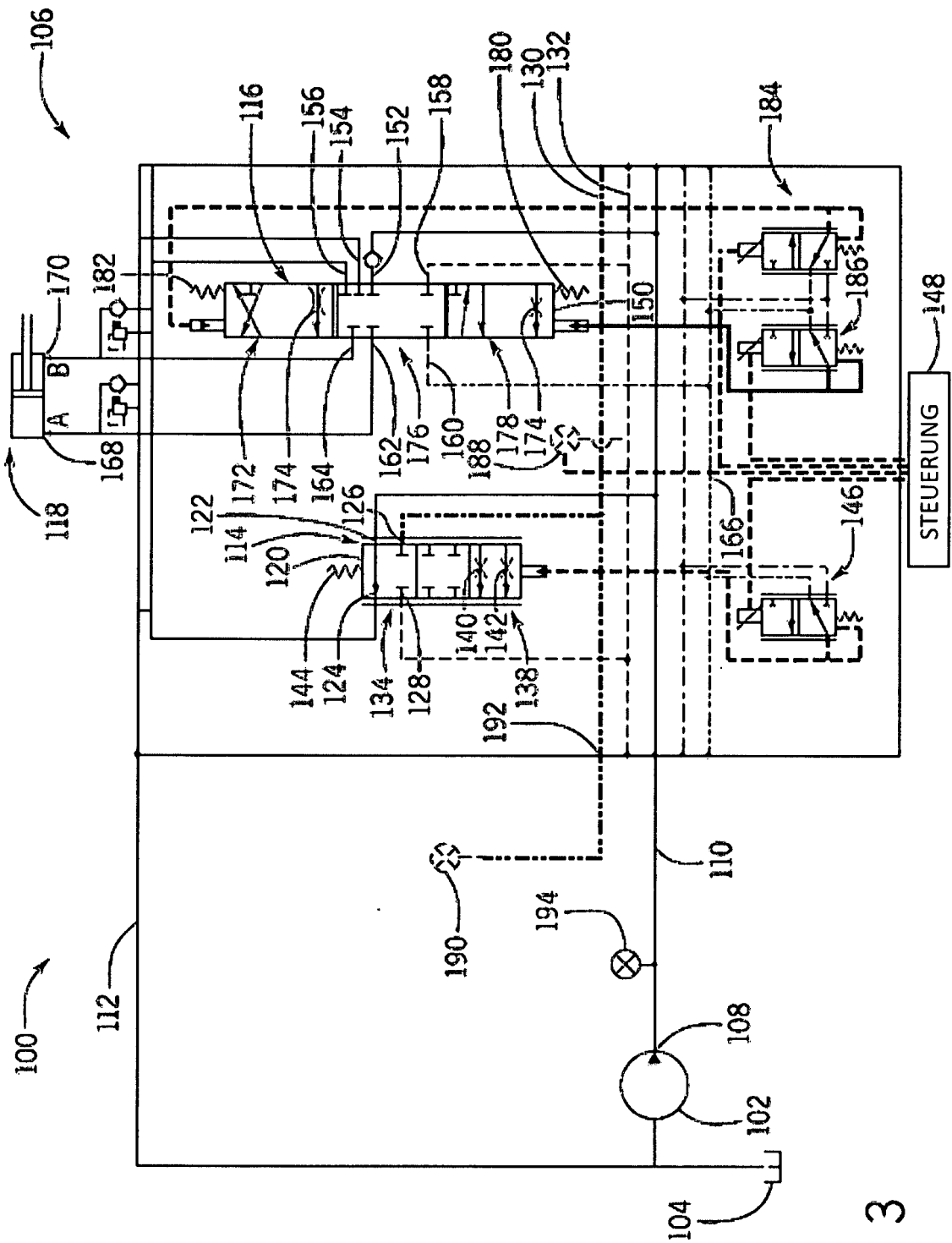


FIG. 3

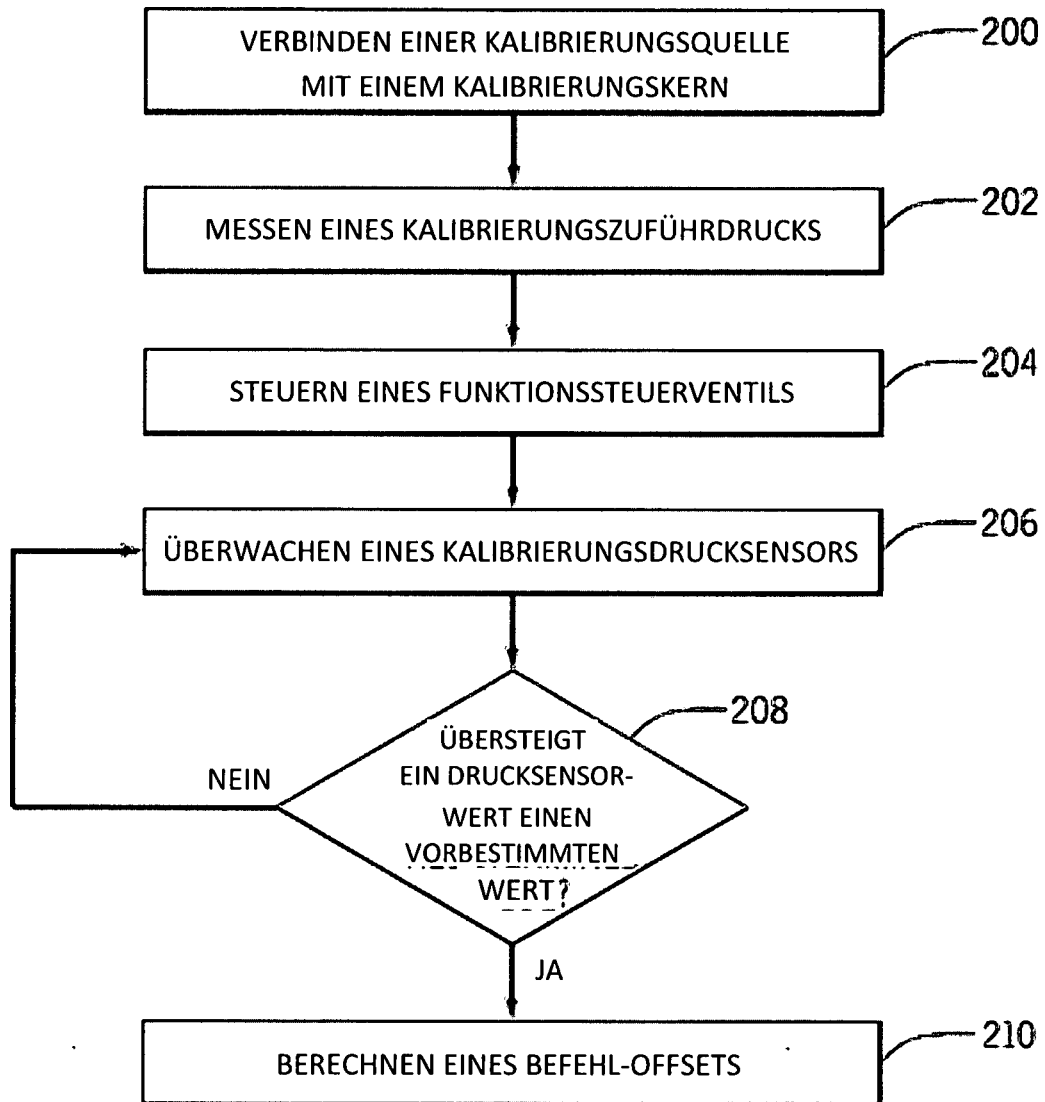


FIG. 4

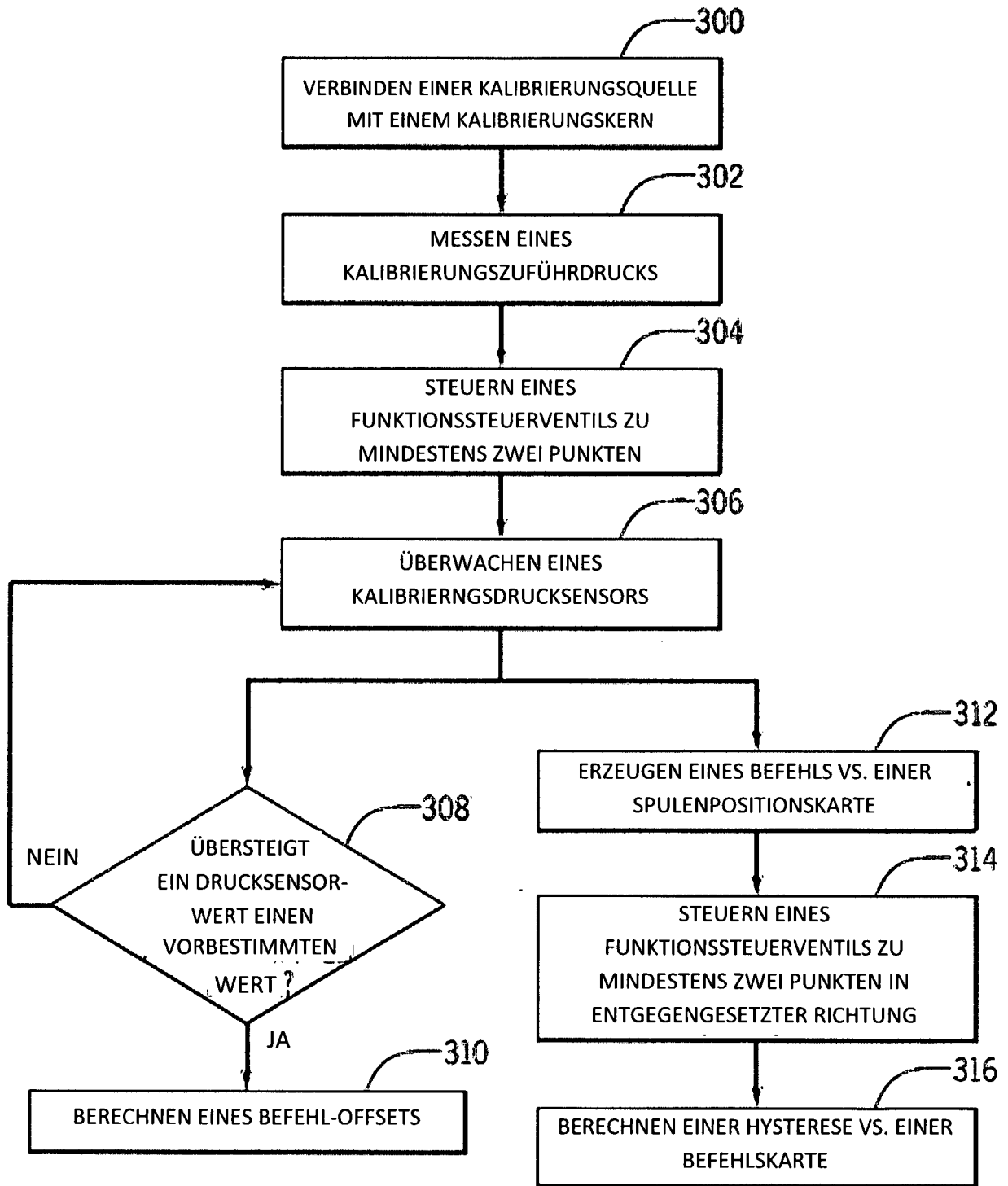


FIG. 5