



(10) **DE 10 2015 225 747 A1** 2017.06.22

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 225 747.9**

(22) Anmeldetag: **17.12.2015**

(43) Offenlegungstag: **22.06.2017**

(51) Int Cl.: **F16H 61/444** (2010.01)
F16H 61/42 (2006.01)

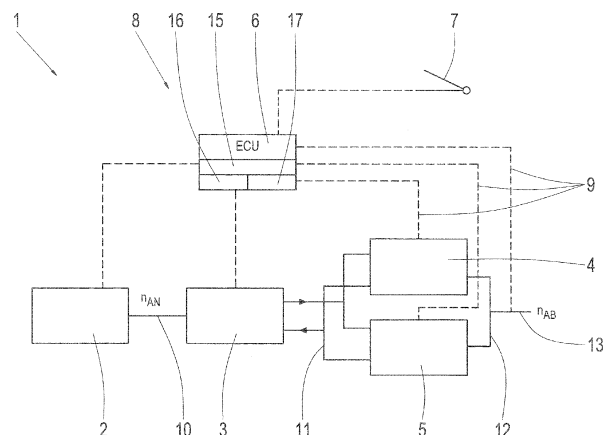
(71) Anmelder:
**ZF FRIEDRICHSHAFEN AG, 88046
Friedrichshafen, DE**

(72) Erfinder:
**Traub, Stefan, 88048 Friedrichshafen, DE; Litz,
Andreas, 88048 Friedrichshafen, DE; Eymüller,
Markus, 88046 Friedrichshafen, DE; Baumann,
Klaus, 88239 Wangen, DE; Dreher, Maik, 88069
Tettngang, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betreiben eines hydrostatischen Fahrtriebs und hydrostatischer Fahrtrieb**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines hydrostatischen Fahrtriebs (1) mit einer Hydraulikpumpe (3), die von einem Antriebsmotor (2) antreibbar ist, und mit einem ersten und einem zweiten Hydromotor (4, 5), wobei die Hydraulikpumpe (3) und die beiden Hydromotoren (4, 5) in einem hydraulischen Kreislauf (11) hydraulisch miteinander koppelbar sind, und wobei der hydrostatische Fahrtrieb zumindest in zwei Fahrbereichen betreibbar ist. Dabei sind in einem Zweimotorenbereich beide Hydromotoren (4, 5) dem hydraulischen Kreislauf mit einem wirksamen Schluckvolumen größer Null zugeschaltet, wogegen in einem Einmotorenbereich der erste Hydromotor (4) auf ein Schluckvolumen mit dem Wert Null eingestellt. Erfindungsgemäß wird ein Fahrbereichswechsel von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich und/oder umgekehrt in Abhängigkeit der Schluckvolumen der beiden Hydromotoren (4, 5) gesteuert. Ferner wird ein hydrostatischer Fahrtrieb angegeben, der zum Betrieb gemäß dem genannten Verfahren geeignet ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines hydrostatischen Fahrtriebs und einen hydrostatischen Fahrtrieb.

[0002] In der EP 2833031 A1 ist ein hydrostatischer Fahrtrieb mit einer verstellbaren Hydraulikpumpe und mit zwei verstellbaren Hydromotoren beschrieben, die miteinander in einem hydraulischen Kreislauf des Fahrtriebs gekoppelt sind. Mit dem Ziel eine stufenlose, zugkraftunterbrechungsfreie und ruckfreie Wandlung der Leistung in einem möglichst großen Geschwindigkeitsbereich zu realisieren wird dort vorgeschlagen, das Schluckvolumen einer der beiden Hydromotoren in bestimmten Betriebssituationen auf den Wert Null abzusenken und hydraulisch von dem geschlossenen Kreislauf des hydrostatischen Fahrtriebs zu entkoppeln. Es ist demnach zumindest ein erster Fahrbereich vorhanden, in dem beide Hydromotoren dem Kreislauf zugeschaltet sind und jeweils einen Teil der Leistung übertragen und ein zweiter Fahrbereich, in dem nur einer der beiden Hydromotoren dem Kreislauf mit einem wirksamen Schluckvolumen zugeschaltet ist, während der andere Hydromotor auf ein Schluckvolumen mit dem Wert Null eingestellt und gegebenenfalls von dem Kreislauf abgekoppelt bzw. abgeschaltet ist. Der erste Fahrbereich wird daher auch Zweimotorenbereich und der zweite Fahrbereich wird auch Einmotorenbereich genannt. Beim Fahrbereichswechsel von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich oder umgekehrt wird quasi einer der beiden Hydromotoren ab- bzw. zugeschaltet. Des Weiteren sind noch andere Fahrbereiche bekannt, beispielsweise ein Pumpenbereich, in dem die Schluckvolumen der beiden Hydromotoren auf eine feste Größe eingestellt bleiben und nur das Fördervolumen der Hydraulikpumpe veränderbar ist.

[0003] Bei einem Fahrbereichswechsel von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich soll das Schluckvolumen des ersten Hydromotors auf den Wert Null abgesenkt werden, bevor der erste Hydromotor aus dem hydraulischen Kreislauf abgekoppelt bzw. abgeschaltet wird, um einen unstetigen Verlauf der Abtriebsdrehzahl zu vermeiden. Unter dem Begriff Hydrauliköl wird jedes zum Betrieb des beschriebenen hydrostatischen Fahrtriebs geeignete Fluid verstanden. Es hat sich in der Praxis gezeigt, dass das System bei solchen Fahrbereichswechseln, die bisher abhängig von der Abtriebsdrehzahl gesteuert werden, nicht immer in der Lage ist, einen komfortablen und ruckfreien Fahrbereichswechsel durchzuführen. Stattdessen werden bei Fahrbereichswechseln in bestimmten Fahrsituationen Druckerhöhungen in dem hydraulischen Kreislauf beobachtet, was wiederum eine Drehmomenterhöhung am Abtrieb verursacht. Dadurch wird eine Unstetigkeit im Fahrbetrieb spürbar.

[0004] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines hydrostatischen Fahrtriebs mit zumindest zwei Fahrbereichen anzugeben, wobei Fahrbereichswechsel zwischen einem Zweimotorenbereich und einem Einmotorenbereich vorgesehen sind. Dabei sollen unerwünschte Einflüsse auf die Abtriebsdrehzahl oder den Fahrer vermieden werden. Insbesondere soll ein ruckartiger Fahrbetrieb vermieden werden.

[0005] Die Lösung dieser Aufgaben wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 und durch einen hydrostatischen Fahrtrieb gemäß Anspruch 21 erreicht. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen gehen aus den jeweiligen abhängigen Ansprüchen hervor.

[0006] Demnach wird ein Verfahren zum Betreiben eines hydrostatischen Fahrtriebs mit einer Hydraulikpumpe, die von einem Antriebsmotor antreibbar ist, und mit einem ersten Hydromotor und einem zweiten Hydromotor vorgeschlagen. Die Hydraulikpumpe und die beiden Hydromotoren sind in einem hydraulischen Kreislauf miteinander koppelbar.

[0007] Der hydrostatische Fahrtrieb ist zumindest in zwei Fahrbereichen betreibbar, wobei in einem Zweimotorenbereich beide Hydromotoren dem hydraulischen Kreislauf mit einem wirksamen Schluckvolumen größer Null zugeschaltet sind, und wobei in einem Einmotorenbereich der erste Hydromotor auf ein Schluckvolumen mit dem Wert Null eingestellt ist. In dem Einmotorenbereich kann der erste Hydromotor ganz aus dem hydraulischen Kreislauf abgekoppelt bzw. ausgeschaltet werden, beispielsweise mittels eines Abschaltventils.

[0008] Um die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe zu erfüllen wird ein Fahrbereichswechsel von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich und/oder umgekehrt in Abhängigkeit der Schluckvolumen der beiden Hydromotoren gesteuert. Das bedeutet, dass sowohl Fahrbereichswechsel von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich beim Beschleunigen des Fahrzeugs als auch Fahrbereichswechsel von dem Einmotorenbereich in den Zweimotorenbereich beim Verzögern des Fahrzeugs in Abhängigkeit der Schluckvolumen gesteuert werden können.

[0009] Der Fahrbereichswechsel soll also gesteuert werden, indem die Werte der Schluckvolumen der beiden Hydromotoren als Eingangsgrößen so vorgegeben werden, dass eine stetig verlaufende Abtriebsdrehzahl und damit ein ruckfreier Fahrbetrieb gewährleistet ist.

[0010] Beispielsweise bei einem Fahrbereichswechsel von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich muss das Schluckvolumen des ersten Hydro-

motors auf den Wert Null abgesenkt werden. Dabei muss der zweite Hydromotor die durch die Reduzierung des Schluckvolumens des ersten Hydromotors quasi in den hydraulischen Kreislauf gepumpte Ölmenge so kompensieren, dass am Abtrieb keine Unstetigkeiten in Form von spürbaren Fahrtrucken entstehen. Durch die schluckvolumenabhängige Steuerung des Fahrbereichswechsels kann dies gewährleistet werden.

[0011] Ein Fahrbereichswechsel von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich wird beim Beschleunigen des Fahrzeugs ab einer gewissen Abtriebsdrehzahl erforderlich. Umgekehrt wird ein Fahrbereichswechsel von dem Einmotorenbereich in den Zweimotorenbereich beim Abbremsen bzw. Verzögern des Fahrzeugs ab einer gewissen Abtriebsdrehzahl erforderlich.

[0012] Vor der Durchführung eines Fahrbereichswechsels sollen verschiedene Bedingungen geprüft werden, deren Erfüllung als Voraussetzungen für den beschriebenen Fahrbereichswechsel angesehen wird. So soll vor einem Fahrbereichswechsel von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich bevorzugt geprüft und bestätigt werden, dass ein Istschluckvolumen des ersten Hydromotors unterhalb eines ersten Schwellenwerts liegt, dass ein Istschluckvolumen des zweiten Hydromotors unterhalb eines zweiten Schwellenwerts liegt, dass der hydrostatische Fahrtrieb aktuell in dem Zweimotorenbereich betrieben wird, und dass zum Erreichen der angeforderten Abtriebsdrehzahl der Einmotorenbereich vorgesehen ist. Das bedeutet, dass die erforderlichen Schritte zum Fahrbereichswechsel nur eingeleitet werden, wenn die genannten Bedingungen erfüllt sind. Es ist allerdings möglich, dass mehrere der genannten Bedingungen in einem Verfahrensschritt geprüft werden. Wird beispielsweise bei der Prüfung der Istschluckvolumen der beiden Hydromotoren festgestellt, dass beide Hydromotoren auf einem Istschluckvolumen größer Null eingestellt sind, so kann damit gleichzeitig festgestellt sein, dass der hydrostatische Fahrtrieb aktuell in dem Zweimotorenbereich betrieben wird. Das Sollschluckvolumen ist ein in der Steuereinrichtung aktuell eingestellter Wert. Das Sollschluckvolumen ist notwendig für die Schluckvolumensteuerung bzw. -regelung, weil die Regelabweichungen zwischen einem Zielschluckvolumen und einem Istschluckvolumen zu groß wären, da sich die Werte aus der Berechnung sprunghaft ändern können.

[0013] Wird zumindest einer der beiden genannten Schwellenwerte überschritten, so kann der Fahrbereichswechsel nicht vollzogen werden. Mit der Prüfung des ersten und des zweiten Schwellenwerts bezüglich der vorliegenden Istschluckvolumen wird verhindert, dass ein Fahrbereichswechsel in einer Fahrsituation vorgenommen wird, in der das System nicht

in der Lage ist, das Schluckvolumen des ersten Hydromotors auf den Wert Null abzusenken und dieses zu kompensieren, ohne unerwünschte Fahrtrücke zu verursachen.

[0014] Die in dieser Schrift genannten Schwellenwerte können alle einstellbar sein, d.h. für den jeweiligen Schwellenwert kann ein innerhalb bestimmter Grenzen wählbarer Wert in einer Steuereinrichtung eingegeben und gespeichert werden. Für unterschiedliche Anwendungen des hydrostatischen Fahrtriebes können so verschiedene Schwellenwerte eingestellt und damit ein unterschiedliches Fahrverhalten während eines Fahrbereichswechsels erreicht werden.

[0015] Des Weiteren soll vor einem Fahrbereichswechsel von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich vorzugsweise geprüft und bestätigt werden, dass die Differenz zwischen dem Istschluckvolumen und einem Sollschluckvolumen des ersten Hydromotors unterhalb eines dritten Schwellenwerts liegt, und dass die Differenz zwischen dem Istschluckvolumen und einem Sollschluckvolumen des zweiten Hydromotors unterhalb eines vierten Schwellenwerts liegt. Mit dieser Prüfung der Differenz zwischen den jeweiligen Istwerten und Sollwerten der Schluckvolumen soll sichergestellt werden, dass die aktuellen Schluckvolumeneinstellungen an beiden Hydromotoren zumindest nahezu den in der Steuereinrichtung vorhandenen Sollwerten entsprechen. Andernfalls wäre ein stetiger, ruckfreier Fahrbereichswechsel wie er mit der vorliegenden Erfindung angestrebt wird nicht gewährleistet.

[0016] Es sind hydrostatische Fahrtriebe bekannt, bei denen mittels einer separaten Eingabeeinrichtung, d.h. nicht mittels des Fahrpedals, ein einstellbarer maximaler Fahrbereich vorgegeben werden kann. Bei derartigen hydrostatischen Fahrtrieben soll vor einem Fahrbereichswechsel von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich auch geprüft und bestätigt werden, dass der separat eingestellte maximale Fahrbereich der Einmotorenbereich ist. Andernfalls ist es offensichtlich nicht gewünscht in den Einmotorenbereich zu wechseln und ein solcher Fahrbereichswechsel soll auch nicht vorgenommen werden.

[0017] Des Weiteren kann vor einem Fahrbereichswechsel von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich geprüft und bestätigt werden, dass eine Bereichspendelverhinderung nicht aktiv ist. Unter einer Bereichspendelverhinderung wird eine Einrichtung verstanden, die kurzzeitige aufeinanderfolgende Fahrbereichswechsel zwischen zwei gleichen Fahrbereichen verhindert. Üblicherweise wird diese Einrichtung als Teil einer Steuereinrichtung so ausgeführt, dass eine bestimmte Hysterese beim Fahrbereichswechsel vorgesehen wird, um so die ge-

wünschte Stabilität im Hinblick auf einen komfortablen Fahrbetrieb zu erhalten.

[0018] Ferner soll vor einem Fahrbereichswechsel von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich geprüft und bestätigt werden, dass ein Abtriebsdrehzahlgradient größer als ein fünfter Schwellenwert ist. Der Abtriebsdrehzahlgradient entspricht der positiven oder negativen Beschleunigung in Bezug auf die Fahrgeschwindigkeit des durch den hydrostatischen Fahrtrieb angetriebenen Fahrzeugs. Ein Fahrbereichswechsel soll nur dann eingeleitet werden, wenn die momentane Beschleunigung oberhalb einer bestimmten Wertes liegt, dem der fünfte Schwellenwert entspricht. Auch damit wird das Ziel verfolgt einen stabilen Fahrbetrieb mit einem stetigen Verlauf der Abtriebsdrehzahl zu erreichen.

[0019] Schließlich kann vor einem Fahrbereichswechsel von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich auch geprüft und bestätigt werden, dass eine an dem Antriebsmotor anliegende Last kleiner als ein sechster Schwellenwert ist. Dadurch soll sichergestellt werden, dass der Antriebsmotor in der Lage ist eventuelle Lasterhöhungen während des anstehenden Fahrbereichswechsels bewältigen zu können, sodass der Fahrbereichswechsel zuverlässig durchgeführt werden kann. Die an dem Antriebsmotor anliegende Last kann beispielsweise das an einer Motorabtriebswelle anliegende Lastmoment sein, das sich im Wesentlichen aus einer Abtriebsdrehmomentanforderung ergibt.

[0020] Zum Durchführen des anstehenden Fahrbereichswechsels von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich ist gemäß einer bevorzugten Ausführung des Verfahrens vorgesehen, dass in einer Steuereinrichtung eine Abschaltzeit eingestellt wird, dass während der Abschaltzeit das Schluckvolumen des ersten Hydromotors mit einer in der Steuereinrichtung berechneten ersten Verstellgeschwindigkeit in Richtung Null und das Schluckvolumen des zweiten Hydromotors mit einer in der Steuereinrichtung berechneten zweiten Verstellgeschwindigkeit in Richtung des maximalen Schluckvolumens verstellt werden. Die Abschaltzeit ist also eine einstellbare Zeitdauer, während der die zum Fahrbereichswechsel erforderlichen Schluckvolumenverstellungen vorgenommen werden. Die Abschaltzeit kann abhängig von der jeweiligen Anwendung kürzer oder länger gewählt werden, wodurch die Dauer des Fahrbereichswechsels beeinflusst werden kann. Abhängig von der gewählten und eingestellten Abschaltzeit werden auch die Verstellgeschwindigkeiten der Schluckvolumen höher oder niedriger berechnet und angewendet werden, was wiederum zu höheren oder niedrigeren Beschleunigungen während des Fahrbereichswechsels führt.

[0021] Die erste und die zweite Verstellgeschwindigkeit können abhängig von der eingestellten Abschaltzeit und von einer Verstelldifferenz zwischen einem Zielschluckvolumen und einem Sollschluckvolumen des jeweiligen Hydromotors berechnet werden, wobei die zweite Verstellgeschwindigkeit zusätzlich von einem aktuellen Abtriebsdrehzahlgradienten abhängig einstellbar ist, um damit die gewünschte Beschleunigung während der Abschaltzeit zu erreichen. Der aktuelle Abtriebsdrehzahlgradient kann mithilfe eines Kompensationsfaktors berücksichtigt werden, wobei der Kompensationsfaktor von der aktuellen Beschleunigung am Abtrieb abhängig ist.

[0022] Gegebenenfalls können mithilfe des Kompensationsfaktors auch unterschiedliche Übersetzungen des ersten und zweiten Hydromotors in Bezug auf eine gemeinsame Abtriebswelle berücksichtigt werden. Dies ist beispielsweise erforderlich, wenn in einem Summiergetriebe, welches die Drehbewegung der beiden Hydromotoren auf eine Abtriebswelle summiert, unterschiedliche Übersetzungen von jedem der beiden Hydromotoren auf die Abtriebswelle vorgesehen sind. Durch die Verwendung eines solchen Kompensationsfaktors bei der Berechnung der zweiten Verstellgeschwindigkeit kann also die gewünschte Beschleunigung, d.h. der Abtriebsdrehzahlgradient während der Abschaltzeit berücksichtigt bzw. eingestellt werden.

[0023] Die jeweilige Verstelldifferenz ist die Differenz zwischen dem Zielschluckvolumen und dem Sollschluckvolumen des jeweiligen Hydromotors zu Beginn der Abschaltzeit. Für den ersten Hydromotor ergibt sich so eine negative Verstelldifferenz, da das Schluckvolumen des ersten Hydromotors verringert werden soll und daher das Zielschluckvolumen größer ist als das Sollschluckvolumen zu Beginn der Abschaltzeit. Die Verstelldifferenz kann beispielsweise in der Einheit von Kubikzentimetern angegeben werden. Danach wird die jeweilige Verstelldifferenz dividiert durch die eingestellte Abschaltzeit, um so die jeweilige Verstellgeschwindigkeit zu erhalten, beispielsweise in der Einheit von Kubikzentimetern pro Sekunde.

[0024] Demgemäß ist bevorzugt vorgesehen, dass die erste Verstellgeschwindigkeit abhängig von der eingestellten Abschaltzeit und von einer ersten Verstelldifferenz berechnet wird, wobei die erste Verstelldifferenz zwischen einem Zielschluckvolumen des ersten Hydromotors zum Ende einer Abschaltwartezeit und einem Sollschluckvolumen des ersten Hydromotors zu Beginn der Abschaltzeit gebildet wird. Die Abschaltwartezeit ist direkt im Anschluss an die Abschaltzeit vorgesehen.

[0025] Die zweite Verstellgeschwindigkeit kann abhängig von dem angeforderten Abtriebsdrehzahlgradienten, von der eingestellten Abschaltzeit und von

einer zweiten Verstelldifferenz berechnet werden, wobei die zweite Verstelldifferenz zwischen dem Zielschluckvolumen des zweiten Hydromotors zum Ende der Abschaltwartezeit und dem Sollschluckvolumen des zweiten Hydromotors zu Beginn der Abschaltzeit gebildet wird. Werden der erste und der zweite Hydromotor mit verschiedenen Drehzahlen betrieben, so muss das unterschiedliche Drehzahlverhältnis ebenfalls bei der Berechnung der zweiten Verstellgeschwindigkeit berücksichtigt werden, um das von dem abzuschaltenden ersten Hydromotor verringerte Schluckvolumen im erforderlichen Umfang zu kompensieren.

[0026] Die erste Verstellgeschwindigkeit kann auch vereinfacht berechnet werden, indem das Sollschluckvolumen des ersten Hydromotors zum Startzeitpunkt der Abschaltzeit dividiert wird durch die Abschaltzeit. Das Sollschluckvolumen des ersten Hydromotors zum Startzeitpunkt der Abschaltzeit entspricht dem Schluckvolumen, das während der Abschaltzeit verringert werden muss, da am Ende der Abschaltzeit das Sollschluckvolumen des ersten Hydromotors den Wert Null annehmen soll.

[0027] Ferner kann vorgesehen sein, dass die erste und die zweite Verstellgeschwindigkeit abhängig von einer Hydrauliköltemperatur berechnet werden. Die Hydrauliköltemperatur beeinflusst das Verhalten des hydrostatischen Fahrtriebs, weil die sich mit der Temperatur verändernde Viskosität des Hydrauliköls zu verändertem Fließ- und Ansprechverhalten in den hydraulischen Leitungen und Bauteilen führt. Um ein möglichst gleichmäßiges Verhalten des hydrostatischen Fahrtriebs bei allen Temperaturen zu erhalten, können von einem Standardwert abweichende Temperaturen beispielsweise durch veränderte bzw. angepasste Startzeitpunkte für die Abschaltzeit und dadurch veränderte Verstellgeschwindigkeiten ausgeglichen werden.

[0028] Besonders bevorzugt ist vorgesehen, dass in der Steuereinrichtung nach der Abschaltzeit eine Abschaltwartezeit eingestellt ist, dass am Ende der Abschaltwartezeit geprüft wird, ob das Schluckvolumen des ersten Hydromotors den Wert Null erreicht hat, und dass der erste Hydromotor mittels eines Abschaltventils von dem hydraulischen Kreislauf abgekoppelt wird, wenn das Schluckvolumen des ersten Hydromotors den Wert Null erreicht hat. Wenn das Schluckvolumen des ersten Hydromotors den Wert Null nicht erreicht hat soll ein erneuter Fahrbereichswechsel von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich bis zu einem Stillstand des Fahrzeugs blockiert werden.

[0029] Der Wert Null des Schluckvolumens eines Hydromotors wird im Rahmen dieser Erfindung nicht als nur ein exakter Wert verstanden. Dem Fachmann ist klar, dass in der Praxis ein exakter Wert Null kaum

erreichbar ist, allein wegen Toleranzen der einzelnen Bauteile des Hydromotors. Der Wert Null umfasst demnach einen Bereich von exakt Null bis zu einem Minimalwert eines Restschluckvolumens, wobei der Minimalwert beispielsweise 10 oder 20 Kubikzentimeter betragen kann.

[0030] Es ist bekannt, dass bei hydrostatischen Fahrtrieben in Fahrbereichen, in denen nur ein Hydromotor erforderlich ist, der andere Hydromotor mittels eines Abschaltventils ganz aus dem hydraulischen Kreislauf ausgeschaltet, bzw. abgekoppelt wird. Das Abschalten des einen Hydromotors erhöht den Wirkungsgrad des Fahrtriebs. Die Abschaltwartezeit gemäß dem genannten Verfahren verhindert Unstetigkeiten im Abtriebsdrehzahlverlauf, die dadurch verursacht werden, dass das Abschaltventil betätigt wird, während das Schluckvolumen des abzuschaltenden Hydromotors noch nicht auf den Wert Null zurückgefahren ist.

[0031] Während der Abschaltzeit ist auch ein Abbruch des Fahrbereichswechsels von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich möglich. Die Erkennung eines Abbruchs erfolgt durch die Änderung der Anforderung des aktiven Fahrbereichs vom Einmotorenbereich zu einem anderen Fahrbereich, nämlich zum Zweimotorenbereich oder zum Pumpenbereich. Wenn ein Abbruch des Fahrbereichswechsels von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich angefordert ist, müssen die Schluckvolumen von dem ersten Hydromotor und dem zweiten Hydromotor mit jeweils einer einstellbaren Verstellgeschwindigkeit wieder in Richtung der Sollschluckvolumen des ersten und des zweiten Hydromotors zum Startzeitpunkt der Abschaltzeit verstellt werden. Das Startschluckvolumen ist dabei immer das jeweils aktuell erfasste Istschluckvolumen.

[0032] Auch vor der Durchführung eines Fahrbereichswechsels in der entgegengesetzten Richtung, nämlich von dem Einmotorenbereich in den Zweimotorenbereich, sollen verschiedene Bedingungen geprüft werden. Demgemäß kann vorgesehen sein, dass vor einem Fahrbereichswechsel von dem Einmotorenbereich in den Zweimotorenbereich geprüft und bestätigt wird, dass der hydrostatische Fahrtrieb aktuell in dem Einmotorenbereich betrieben wird, dass zum Erreichen der angeforderten Abtriebsdrehzahl nicht der Einmotorenbereich vorgesehen ist, und dass zumindest eine der beiden folgenden Bedingungen erfüllt ist,

- ein Istschluckvolumen des zweiten Hydromotors liegt oberhalb eines siebten Schwellenwerts und eine Differenz zwischen der angeforderten Abtriebsdrehzahl und einer Istabtriebsdrehzahl liegt unterhalb eines achten Schwellenwerts;
- das Istschluckvolumen des zweiten Hydromotors liegt oberhalb eines neunten Schwellenwerts und es liegt gleichzeitig ein Grenzlastfall vor.

[0033] Die angeforderte Abtriebsdrehzahl ergibt sich insbesondere aus der Fahrpedalstellung und gegebenenfalls aus einer Inchpedalstellung.

[0034] Vor einem Fahrbereichswechsel von dem Einmotorenbereich in den Zweimotorenbereich soll ferner geprüft und bestätigt werden, dass die Differenz zwischen dem Istschluckvolumen und dem Sollschluckvolumen des zweiten Hydromotors unterhalb eines zehnten Schwellenwerts liegt. Mit dieser Prüfung der Differenz zwischen dem Istwert und dem Sollwert des Schluckvolumens soll sichergestellt werden, dass die aktuelle Schluckvolumeneinstellung an dem zweiten Hydromotor zumindest nahezu dem in der Steuereinrichtung vorhandenen Sollwert entspricht. Andernfalls wäre ein stetiger, ruckfreier Fahrbereichswechsel nicht gewährleistet.

[0035] Bei hydrostatischen Fahrtrieben, die mit einer Notbremserkennungseinrichtung ausgestattet sind, sollte vor einem Fahrbereichswechsel von dem Einmotorenbereich in den Zweimotorenbereich des Weiteren geprüft und bestätigt werden, dass eine Notbremserkennung nicht aktiv ist.

[0036] Bei hydrostatischen Fahrtrieben, die mit einer Motorschutzeinrichtung für den Antriebsmotor ausgestattet sind, sollte vor einem Fahrbereichswechsel von dem Einmotorenbereich in den Zweimotorenbereich geprüft und bestätigt werden, dass die Motorschutzeinrichtung das Zuschalten des ersten Hydromotors freigibt. Eine Motorschutzeinrichtung wird eingesetzt, um eine Überdrehzahl des Antriebsmotors zu vermeiden, beispielsweise bei Bergabfahrt. Die Steuereinrichtung verhindert dies durch die Anpassung der Schluckvolumen der Hydromotoren in Richtung kleinerem Schluckvolumen, solange das möglich ist. Deshalb wird ein Fahrbereichswechsel von dem Einmotorenbereich in den Zweimotorenbereich von der Motorschutzreinrichtung blockiert, wenn ein Motorschutzfall vorliegt, d.h. wenn der Antriebsmotor droht zu überdrehen.

[0037] Zum Durchführen des anstehenden Fahrbereichswechsels von dem Einmotorenbereich in den Zweimotorenbereich ist gemäß einer bevorzugten Ausführung des Verfahrens vorgesehen, dass in einer Steuereinrichtung eine Zuschaltzeit eingestellt wird, und dass während der Zuschaltzeit das Schluckvolumen des ersten Hydromotors mit einer in der Steuereinrichtung berechneten dritten Verstellgeschwindigkeit in Richtung des maximalen Schluckvolumens und das Schluckvolumen des zweiten Hydromotors mit einer in der Steuereinrichtung berechneten vierten Verstellgeschwindigkeit in Richtung des minimalen Schluckvolumens verstellt werden.

[0038] Die Zuschaltzeit ist also eine einstellbare Zeitdauer, während der die zum Fahrbereichswechsel erforderlichen Schluckvolumenverstellungen vorge-

nommen werden. Die Zuschaltzeit kann abhängig von der jeweiligen Anwendung kürzer oder länger gewählt werden, wodurch die Dauer des Fahrbereichswechsels beeinflusst werden kann. Abhängig von der gewählten und eingestellten Zuschaltzeit werden auch die Verstellgeschwindigkeiten der Schluckvolumen höher oder niedriger berechnet und angewendet werden, was wiederum zu höheren oder niedrigeren Verzögerung während des Fahrbereichswechsels von dem Einmotorenbereich in den Zweimotorenbereich führt.

[0039] Die dritte Verstellgeschwindigkeit kann abhängig von der eingestellten Zuschaltzeit und von dem Zielschluckvolumen des ersten Hydromotors zum Endzeitpunkt der Zuschaltzeit berechnet werden. Dabei ist das Zielschluckvolumen ein berechneter Wert für das anzustrebende Schluckvolumen des Hydromotors, wogegen ein Sollschluckvolumen ein in der Steuereinrichtung aktuell eingestellter Wert ist. Das Sollschluckvolumen kann daher auch als Startwert oder Momentanwert und das Zielschluckvolumen als Zielwert bezeichnet werden.

[0040] Die vierte Verstellgeschwindigkeit kann abhängig von einem angeforderten Abtriebsdrehzahlgradienten, der eingestellten Zuschaltzeit, von dem Zielschluckvolumen des ersten Hydromotors zum Endzeitpunkt der Zuschaltzeit und von dem Sollschluckvolumen des zweiten Hydromotors zum Startzeitpunkt der Zuschaltzeit berechnet werden. Auch bei der Berechnung der vierten Verstellgeschwindigkeit muss gegebenenfalls ein unterschiedliches Drehzahlverhältnis zwischen dem ersten und dem zweiten Hydromotor berücksichtigt werden, um das von dem abzuschaltenden ersten Hydromotor verringerte Schluckvolumen im erforderlichen Umfang zu kompensieren.

[0041] Der angeforderte Abtriebsdrehzahlgradient entspricht bei diesem Fahrbereichswechsel dem Istgradient im Hinblick auf die beispielsweise mittels eines Fahr- oder Bremspedals angeforderte Verzögerung. Der angeforderte Abtriebsdrehzahlgradient kann bei der Berechnung der vierten Verstellgeschwindigkeit mittels eines weiteren Kompensationsfaktors berücksichtigt werden, wobei der weitere Kompensationsfaktor von der gewünschten Verzögerung am Abtrieb abhängig ist. Durch die Verwendung des weiteren Kompensationsfaktors bei der Berechnung der vierten Verstellgeschwindigkeit kann also die gewünschte Verzögerung während der Zuschaltzeit berücksichtigt bzw. eingestellt werden.

[0042] Ferner kann vorgesehen sein, dass die dritte und die vierte Verstellgeschwindigkeit abhängig von einer Hydrauliköltemperatur berechnet werden, um ein möglichst gleichmäßiges Verhalten des hydrostatischen Fahrtriebs bei allen Temperaturen zu erhalten.

[0043] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass in der Steuereinrichtung vor der Zuschaltzeit eine Zuschaltwartezeit eingestellt ist, und dass der erste Hydromotor bereits zu Beginn der Zuschaltwartezeit mittels eines Abschaltventils in den hydraulischen Kreislauf eingeschaltet wird. Erst nach Ablauf der Zuschaltwartezeit wird begonnen das Schluckvolumen des ersten Hydromotors ausgehend vom Wert Null zu erhöhen. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass der erste Hydromotor beim Erhöhen seines Schluckvolumens zu Beginn der Zuschaltzeit vollständig in den hydraulischen Kreislauf eingeschaltet bzw. eingekoppelt ist.

[0044] Während der Zuschaltzeit ist auch ein Abbruch des Fahrbereichswechsels von dem Einmotorenbereich in den Zweimotorenbereich möglich. Ein erforderlicher Abbruch des Fahrbereichswechsels wird dann erkannt, wenn die Anforderung des Fahrbereichs von einem anderen Fahrbereich wechselt zum Einmotorenbereich. Wenn ein Abbruch des Fahrbereichswechsels von dem Einmotorenbereich in den Zweimotorenbereich angefordert ist, müssen die aktuellen Sollschluckvolumen von dem ersten Hydromotor und von dem zweiten Hydromotor mit jeweils einer einstellbaren Verstellgeschwindigkeit wieder in Richtung der Sollschluckvolumen des ersten und des zweiten Hydromotors zum Startzeitpunkt der Zuschaltzeit verstellt werden. Das Startschluckvolumen ist dabei immer das jeweilige Istschluckvolumen.

[0045] Schließlich umfasst die vorliegende Erfindung auch einen hydrostatischen Fahrtrieb mit einer Hydraulikpumpe und mit einem ersten Hydromotor und einem zweiten Hydromotor. Dabei ist die Hydraulikpumpe von einem Antriebsmotor antreibbar und die Hydraulikpumpe und die beiden Hydromotoren sind in einem hydraulischen Kreislauf hydraulisch miteinander koppelbar. Der hydrostatische Fahrtrieb umfasst ferner eine Steuereinrichtung die dazu eingerichtet ist den hydrostatischen Fahrtrieb zumindest in zwei Fahrbereichen zu betreiben, nämlich in einem Zweimotorenbereich und in einem Einmotorenbereich.

[0046] In dem Zweimotorenbereich sind dabei beide Hydromotoren dem hydraulischen Kreislauf mit einem wirksamen Schluckvolumen größer Null zugeschaltet, während in dem Einmotorenbereich der erste Hydromotor auf ein Schluckvolumen mit dem Wert Null eingestellt ist. Bevorzugt wird der erste Hydromotor im Einmotorenbereich mittels eines Abschaltventils von dem hydraulischen Kreislauf abgekoppelt. Mögliche Ausführungen und Anordnungen eines solchen Abschaltventils in dem hydraulischen Kreislauf sind dem Fachmann bekannt und beispielsweise in der EP 2833031 A1 oder der EP 1900971 A1, dort zur **Fig. 7** beschrieben.

[0047] Die genannte Steuereinrichtung ist dazu eingerichtet, einen Fahrbereichswechsel von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich und/oder umgekehrt in Abhängigkeit der Schluckvolumen der beiden Hydromotoren zu steuern.

[0048] Um dies zu bewerkstelligen umfasst die genannte Steuereinrichtung des beanspruchten hydrostatischen Fahrtriebs vorzugsweise folgende Mittel,

- a) Mittel um aktuelle Werte, Sollschluckvolumen und Zielschluckvolumen des ersten Hydromotors und des zweiten Hydromotors zu erfassen, zu berechnen, zu speichern und/oder einzustellen,
- b) Mittel um Verstellgeschwindigkeiten für die Schluckvolumen des ersten Hydromotors und des zweiten Hydromotors zu berechnen und
- c) Mittel um einstellbare Schwellenwerte und Kompensationsfaktoren und Zeiten für einen Fahrbereichswechsel zwischen dem Zweimotorenbereich und dem Einmotorenbereich zu speichern und mit berechneten Werten zu vergleichen.

[0049] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der beigefügten Figuren beispielhaft näher erläutert. Dabei zeigen

[0050] **Fig. 1** eine schematische Zeichnung eines hydrostatischen Fahrtriebs gemäß der Erfindung und

[0051] **Fig. 2** ein Diagramm mit dem Verlauf der Schluckvolumen des ersten und des zweiten Hydromotors bei einem Fahrbereichswechsel von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich und

[0052] **Fig. 3** ein Diagramm mit dem Verlauf der Schluckvolumen des ersten und des zweiten Hydromotors bei einem Fahrbereichswechsel von dem Einmotorenbereich in den Zweimotorenbereich.

[0053] Die **Fig. 1** zeigt die wesentlichen Komponenten eines hydrostatischen Fahrtriebs **1** in einer vereinfachten Darstellung. Der als Dieselmotor ausgebildete Antriebsmotor **2** treibt den hydrostatischen Fahrtrieb **1** über seine Motorabtriebswelle **10** an. Der hydrostatische Fahrtrieb umfasst als wesentliche Komponenten eine Hydraulikpumpe **3**, sowie einen ersten Hydromotor **4** und einen zweiten Hydromotor **5**. Die Hydraulikpumpe **3** ist von dem Antriebsmotor **2** über dessen Motorabtriebswelle **10** antreibbar. Das Fördervolumen der Hydraulikpumpe **3** ist mittels einer nicht dargestellten Fördervolumenverstelleinrichtung veränderbar, beispielsweise indem ein Steuerdruck als Stellgröße für das Fördervolumen verändert wird. Die Hydraulikpumpe **3** und die Hydromotoren **4** und **5** können grundsätzlich als Axialkolbenmaschinen oder als Radialkolbenmaschinen ausgeführt sein.

[0054] Die Hydraulikpumpe **3** treibt über einen hydraulischen Förderkreis **11** einen ersten Hydromotor **4** und einen zweiten Hydromotor **5** an solange beide Hydromotoren an den hydraulischen Förderkreis **11** angekoppelt sind. Der erste Hydromotor **4** ist jedoch über ein nicht dargestelltes Abschaltventil von dem hydraulischen Förderkreis **11** abkoppelbar. Mögliche detailliertere Ausführungen des hydraulischen Förderkreises **11** mit der Anordnung des Abschaltventils sind beispielsweise aus der EP 2833031 A1 oder der EP 1900971 A1, **Fig. 7** bekannt.

[0055] Die Abtriebsleistung bzw. die Drehbewegungen der beiden Hydromotoren **4** und **5** werden durch ein mechanisches Summiergetriebe **12** aufsummiert auf eine gemeinsame Abtriebswelle **13**, die sich im Betrieb mit einer aktuellen Abtriebsdrehzahl n_{AB} dreht. Dabei wird beim vorliegenden Ausführungsbeispiel zwischen dem ersten Hydromotor **4** und der gemeinsamen Abtriebswelle **13** eine andere Übersetzung realisiert als zwischen dem zweiten Hydromotor **5** und der gemeinsamen Abtriebswelle **13**. Das bedeutet, dass die beiden Hydromotoren **4** und **5** mit unterschiedlichen Drehzahlen betrieben werden. Dies wird bei der Kompensation des Schluckvolumens während eines Fahrbereichswechsels mit berücksichtigt, indem die unterschiedlichen Übersetzungen bzw. Drehzahlen bei der Berechnung der Verstellgeschwindigkeit des Schluckvolumens des zweiten Hydromotors berücksichtigt werden.

[0056] Ferner ist ein Fahrpedal **7** dargestellt, über das der Fahrer seinen Fahrerwunsch eingeben und über eine datenübertragende Verbindung **9** an ein Steuergerät **6** weitergeben kann, sodass der Fahrerwunsch von einer Steuereinrichtung **8** berücksichtigt werden kann. Die Fahrpedalstellung wird von der Steuereinrichtung **8** beispielsweise zur Ermittlung einer angeforderten Abtriebsdrehzahl und eines sich daraus ergebenden angeforderten Abtriebsdrehzahlgradienten verwendet. Das Fahrpedal **7** und alle anderen wesentlichen Komponenten des Fahrzeuges, die zur Steuerung des Fahrentriebs erforderlich sind, sind über datenübertragende Verbindungen **9** mit dem Steuergerät **6** verbunden. Die datenübertragenden Verbindungen **9** sind symbolisch als Strichlinien dargestellt. Sie können beispielsweise als Kabelverbindungen oder als drahtlose Verbindungen realisiert werden. Die datenübertragenden Verbindungen **9** zwischen dem Steuergerät **6** und den wesentlichen Komponenten des Fahrentriebs **1** können beispielsweise auch durch ein oder mehrere elektronische Bussysteme realisiert werden.

[0057] Die Steuereinrichtung **8** des hydrostatischen Fahrentriebs **1** umfasst auch das Steuergerät (ECU) **6**. Das Steuergerät **6** ist in der Lage Sensorsignale aufzunehmen, zu verarbeiten und in Abhängigkeit davon Steuer- oder Datensignale auszugeben, um so das vorgeschlagene Verfahren zum Betreiben des

hydrostatischen Antriebs zu steuern. Das Steuergerät **6** ist beispielsweise in der Lage geeignete Verstellgeschwindigkeiten für die Schluckvolumen des ersten Hydromotors **4** und des zweiten Hydromotors **5**, insbesondere auch für einen Fahrbereichswechsel zu berechnen.

[0058] Zusätzlich zur Steuerung im Rahmen des vorgeschlagenen Verfahrens ist die Steuereinrichtung **8** auch in der Lage den hydrostatischen Fahrentrieb **1** insoweit zu regeln, als einwirkende Störgrößen ein Nachregeln erforderlich machen. Zum Steuern und Regeln beinhaltet das Steuergerät **6** zumindest einen Prozessor **15** als datenverarbeitendes Element zur Verarbeitung gespeicherter und erfasster Parameter und Speichermittel **16** zum Speichern und Abrufen von Steuerprogrammen, Parametern, Kennlinien und/oder Kennfeldern.

[0059] Zu den genannten Parametern zählen beispielsweise eine Ist-Antriebsdrehzahl, eine angeforderte Abtriebsdrehzahl und eine aktuelle Abtriebsdrehzahl. Als Parameter können fest vorgegebene Werte, aus einer ebenfalls abgespeicherten Kennlinie entnommene Werte oder aus anderen Parametern berechnete Werte verwendet werden.

[0060] Die Steuereinrichtung **8** umfasst Mittel um aktuelle Werte, Sollsuckvolumen und Zielsuckvolumen des ersten Hydromotors **4** und des zweiten Hydromotors **5** zu erfassen, zu berechnen, zu speichern und/oder einzustellen. Die Mittel zum Erfassen der genannten Parameter umfassen geeignete Sensoren für den jeweiligen Parameter, die außerhalb des Steuergeräts **6** an den jeweiligen Komponenten des hydrostatischen Antriebs angeordnet sein können und mittels der Verbindungen **9** mit dem Steuergerät **6** verbunden sind. Entsprechend dem jeweiligen zu erfassenden Parameter kann es sich dabei insbesondere um Drehzahlsensoren und um Positions- oder Lagesensoren handeln. Das Istsuckvolumen eines als Radialkolbenmaschine ausgeführten Hydromotors kann beispielsweise mittels eines Schwenkwinkelsensors erfasst werden.

[0061] Die Steuereinrichtung **8** ist auch in der Lage eine Grenzlastregelung vorzunehmen, um ein Ausdrücken des überlasteten Antriebsmotors **2** zu verhindern. Im Rahmen der Grenzlastregelung kann die Steuereinrichtung einen Grenzlastfall erkennen und diesen wie oben beschrieben bei der Steuerung eines Fahrbereichswechsels berücksichtigen. Ebenso kann mit der Steuereinrichtung **8** ein Antriebsmotor-schutz zum Verhindern eines Überdrehens des Antriebsmotors **2**, realisiert und bei der Steuerung eines Fahrbereichswechsels berücksichtigen werden.

[0062] Das Steuergerät **6** umfasst ferner ein Computerprogrammprodukt **17**, welches derart ausgestaltet ist, dass es den hydrostatischen Fahrentrieb **1** im

Sinne des oben beschriebenen Verfahrens ansteuern kann.

[0063] Das Diagramm in **Fig. 2** zeigt den Verlauf des Schluckvolumens **24** des ersten Hydromotors **4**, den Verlauf des Schluckvolumens **25** des zweiten Hydromotors **5** und den Status **26** eines Abschaltventils während eines Fahrbereichswechsels von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich. Dazu ist auf der horizontalen Achse des Diagramms die Zeit t und auf der vertikalen Achse des Diagramms ein Schluckvolumen q und ein Status ON/OFF des Abschaltventils aufgetragen.

[0064] Vom Zeitpunkt t_0 bis zum Zeitpunkt t_1 befindet sich der hydrostatische Fahrtrieb im Zweimotorenbereich, weil der erste und der zweite Hydromotor **4**, **5** mit einem wirksamen Schluckvolumen **24** und **25** in den hydraulischen Kreislauf **11** eingekoppelt sind. Das Abschaltventil steht dazu im Status ON, was am Verlauf der Punktlinie **26** erkennbar ist. In diesem Zeitraum beschleunigt das Fahrzeug, was durch kontinuierlich sich verringernde Schluckvolumen **24** und **25** der beiden Hydromotoren bewirkt wird.

[0065] Zum Zeitpunkt t_1 wird ein Fahrbereichswchsel begonnen, indem von einer Steuereinrichtung eine Abschaltzeit **20** gestartet wird. Während der Abschaltzeit **20** werden das Schluckvolumen **24** des ersten Hydromotors **4** mit einer in der Steuereinrichtung berechneten ersten Verstellgeschwindigkeit in Richtung Null und das Schluckvolumen **25** des zweiten Hydromotors **5** mit einer in der Steuereinrichtung berechneten zweiten Verstellgeschwindigkeit in Richtung des maximalen Schluckvolumens verstellt.

[0066] Die Abschaltzeit **20** dauert an bis zum Zeitpunkt t_2 , zu dem direkt im Anschluss an die Abschaltzeit eine Abschaltwartezeit **21** gestartet wird. Die Abschaltwartezeit **21** dauert vom Zeitpunkt t_2 bis zum Zeitpunkt t_3 . Während der Abschaltzeit **20** und der Abschaltwartezeit **21** steht das Abschaltventil weiterhin im Status ON, sodass der erste Hydromotor **4** an den hydraulischen Kreislauf angekoppelt ist.

[0067] Die Steigung im Verlauf des Schluckvolumens **24** des ersten Hydromotors **4** entspricht der ersten Verstellgeschwindigkeit, mit der das Schluckvolumen **24** des ersten Hydromotors **4** in Richtung Null verstellt wird. Die erste Verstellgeschwindigkeit ist in der Steuereinrichtung so berechnet worden, dass das Schluckvolumen **24** des ersten Hydromotors **4** spätestens am Ende der Abschaltwartezeit **21**, d.h. zum Zeitpunkt t_3 den Wert Null erreicht hat. In demselben Zeitraum steigt das Schluckvolumen **25** des zweiten Hydromotors **5** mit der zweiten Verstellgeschwindigkeit an. Die zweite Verstellgeschwindigkeit entspricht der Steigung im Verlauf des Schluckvolumens **25**.

[0068] Am Ende der Abschaltwartezeit **21** wird geprüft, ob das Schluckvolumen **24** des ersten Hydromotors **4** den Wert Null erreicht hat. Dies ist vorliegend der Fall. Als Folge davon wird das Abschaltventil in den Status OFF umgeschaltet. Dadurch wird der erste Hydromotor **4** von dem hydraulischen Kreislauf **11** abgekoppelt. Der Einmotorenbereich ist erreicht.

[0069] Ein Doppelpfeil zeigt eine erste Verstelldifferenz **23** an, die zwischen einem Zielschluckvolumen des ersten Hydromotors **4** zum Ende der Abschaltwartezeit **21** und einem Sollschluckvolumen des ersten Hydromotors **4** zu Beginn der Abschaltzeit **20** gebildet wird. Mithilfe der ersten Verstelldifferenz **23** kann von der Steuereinrichtung **8** unter Berücksichtigung weiterer Parameter die erforderliche erste Verstellgeschwindigkeit berechnet werden, mit der der erste Hydromotor **4** während der Abschaltzeit **21** in Richtung des Schluckvolumens Null verstellt wird.

[0070] Ein weiterer Doppelpfeil zeigt eine zweite Verstelldifferenz **22** an. Die zweite Verstelldifferenz **22** wird zwischen dem Zielschluckvolumen des zweiten Hydromotors **5** zum Ende der Abschaltwartezeit **21** und dem Sollschluckvolumen des zweiten Hydromotors **5** zu Beginn der Abschaltzeit **20** gebildet. Mithilfe der zweiten Verstelldifferenz **22** kann von der Steuereinrichtung **8** unter Berücksichtigung weiterer Parameter die erforderliche Verstellgeschwindigkeit berechnet werden, mit der der zweite Hydromotor **5** während der Abschaltzeit **20** in Richtung des maximalen Schluckvolumens verstellt wird.

[0071] Das Diagramm in **Fig. 3** zeigt den Verlauf des Schluckvolumens **34** des ersten Hydromotors **4**, den Verlauf des Schluckvolumens **35** des zweiten Hydromotors **5** und den Status **36** eines Abschaltventils während eines Fahrbereichswechsels von dem Einmotorenbereich in den Zweimotorenbereich. Dazu ist auf der horizontalen Achse des Diagramms wieder die Zeit t und auf der vertikalen Achse des Diagramms ein Schluckvolumen q und ein Status ON/OFF des Abschaltventils aufgetragen.

[0072] Vom Zeitpunkt t_0 bis zum Zeitpunkt t_1 befindet sich der hydrostatische Fahrtrieb im Einmotorenbereich, weil nur der zweite Hydromotor **5** mit einem wirksamen Schluckvolumen **35** in den hydraulischen Kreislauf **11** eingekoppelt ist. Das Schluckvolumen **34** des ersten Hydromotors **4** hat in diesem Zeitraum den Wert Null und das Abschaltventil steht dazu im Status OFF, wodurch der erste Hydromotor **4** von dem hydraulischen Kreislauf abgekoppelt ist. In diesem Zeitraum wird das Fahrzeug verzögert, was durch das kontinuierlich steigende Schluckvolumen **35** des zweiten Hydromotors **5** bewirkt wird.

[0073] Zum Zeitpunkt t_1 wird ein Fahrbereichswchsel von dem Einmotorenbereich hin zum Zweimotorenbereich begonnen, indem von der Steuereinrichtung

tung **8** eine Zuschaltwartezeit **31** gestartet wird. Zu Beginn der Zuschaltwartezeit **31** wird der erste Hydromotor **4** mittels des Abschaltventils in den hydraulischen Kreislauf **11** eingeschaltet. Das Abschaltventil wird also zum Zeitpunkt t_1 auf den Status ON gesetzt. Die Zuschaltwartezeit **31** dauert vom Zeitpunkt t_1 bis zum Zeitpunkt t_2 . Direkt daran anschließend beginnt zum Zeitpunkt t_2 die Zuschaltzeit **30**.

30	Zuschaltzeit
31	Zuschaltwartezeit
32	vierte Verstelldifferenz
33	dritte Verstelldifferenz
34	Schluckvolumen des ersten Hydromotors
35	Schluckvolumen des zweiten Hydromotors
36	Status des Abschaltventils

[0074] Die Zuschaltzeit **30** dauert vom Zeitpunkt t_2 bis zum Zeitpunkt t_3 . Während der Zuschaltzeit **30** wird das Schluckvolumen **34** des ersten Hydromotors **4** mit einer in der Steuereinrichtung **8** berechneten dritten Verstellgeschwindigkeit in Richtung des maximalen Schluckvolumens verstellt und das Schluckvolumen **35** des zweiten Hydromotors **5** wird mit einer in der Steuereinrichtung **8** berechneten vierten Verstellgeschwindigkeit in Richtung des minimalen Schluckvolumens verstellt.

[0075] Des Weiteren zeigt das Diagramm der **Fig. 3** eine dritte Verstelldifferenz **33**, die auf das Schluckvolumen des ersten Hydromotors **4** bezogen ist, sowie eine vierte Verstelldifferenz **32**, die auf das Schluckvolumen des zweiten Hydromotors **5** bezogen ist. Die Verstelldifferenzen **32** und **33** geben den Betrag an, um den das Schluckvolumen **34** bzw. **35** des jeweiligen Hydromotors **4**, **5** während der Zuschaltzeit **30** vergrößert bzw. verringert wird.

[0076] Nach Ablauf der eingestellten Zuschaltzeit **30** endet der Zuschaltvorgang zum Zeitpunkt t_3 und der hydrostatische Fahrtrieb kann im Zweimotorenbereich weiter betrieben werden.

Bezugszeichenliste

1	hydrostatischer Fahrtrieb
2	Antriebsmotor
3	Hydraulikpumpe
4	erster Hydromotor
5	zweiter Hydromotor
6	Steuergerät
7	Fahrpedal
8	Steuereinrichtung
9	Verbindung
10	Motorabtriebswelle
11	hydraulischer Förderkreis
12	Summiergetriebe
13	Abtriebswelle
15	Prozessor
16	Speichermittel
17	Computerprogrammprodukt
20	Abschaltzeit
21	Abschaltwartezeit
22	zweite Verstelldifferenz
23	erste Verstelldifferenz
24	Schluckvolumen des ersten Hydromotors
25	Schluckvolumen des zweiten Hydromotors
26	Status des Abschaltventils

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

- EP 2833031 A1 [0002, 0046, 0054]
- EP 1900971 A1 [0046, 0054]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines hydrostatischen Fahrtriebs (1) mit einer Hydraulikpumpe (3), die von einem Antriebsmotor (2) antreibbar ist, und mit einem ersten Hydromotor (4) und einem zweiten Hydromotor (5), wobei die Hydraulikpumpe (3) und die beiden Hydromotoren (4, 5) in einem hydraulischen Kreislauf (11) miteinander koppelbar sind, und wobei der hydrostatische Fahrtrieb zumindest in zwei Fahrbereichen betreibbar ist, wobei in einem Zweimotorenbereich beide Hydromotoren (4, 5) dem hydraulischen Kreislauf (11) mit einem wirksamen Schluckvolumen größer Null zugeschaltet sind, und wobei in einem Einmotorenbereich der erste Hydromotor (4) auf ein Schluckvolumen mit dem Wert Null eingestellt ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Fahrbereichswechsel von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich und/oder umgekehrt in Abhängigkeit der Schluckvolumen der beiden Hydromotoren (4, 5) gesteuert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor einem Fahrbereichswechsel von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich geprüft und bestätigt wird, dass ein Istschluckvolumen des ersten Hydromotors (4) unterhalb eines ersten Schwellenwerts liegt, dass ein Istschluckvolumen des zweiten Hydromotors (5) unterhalb eines zweiten Schwellenwerts liegt, dass der hydrostatische Fahrtrieb aktuell in dem Zweimotorenbereich betrieben wird, und dass zum Erreichen der angeforderten Abtriebsdrehzahl der Einmotorenbereich vorgesehen ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor einem Fahrbereichswechsel von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich geprüft und bestätigt wird, dass die Differenz zwischen dem Istschluckvolumen und einem Sollschluckvolumen des ersten Hydromotors (4) unterhalb eines dritten Schwellenwerts liegt, und dass die Differenz zwischen dem Istschluckvolumen und einem Sollschluckvolumen des zweiten Hydromotors (5) unterhalb eines vierten Schwellenwerts liegt.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor einem Fahrbereichswechsel von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich geprüft und bestätigt wird, dass ein separat einstellbarer maximaler Fahrbereich der Einmotorenbereich ist.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor einem Fahrbereichswechsel von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich geprüft und bestätigt wird, dass eine Bereichspendelverhinderung nicht aktiv ist.

6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor einem Fahrbereichswechsel von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich geprüft und bestätigt wird, dass ein Abtriebsdrehzahlgradient größer als ein fünfter Schwellenwert ist.

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor einem Fahrbereichswechsel von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich geprüft und bestätigt wird, dass eine an dem Antriebsmotor anliegende Last kleiner als ein sechster Schwellenwert ist.

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Fahrbereichswechsel von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich in einer Steuereinrichtung (8) eine Abschaltzeit (20) eingestellt wird, dass während der Abschaltzeit (20) das Schluckvolumen des ersten Hydromotors (4) mit einer in der Steuereinrichtung (8) berechneten ersten Verstellgeschwindigkeit in Richtung Null und das Schluckvolumen des zweiten Hydromotors (5) mit einer in der Steuereinrichtung (8) berechneten zweiten Verstellgeschwindigkeit in Richtung des maximalen Schluckvolumens verstellt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Verstellgeschwindigkeit abhängig von der eingestellten Abschaltzeit (20) und von einer ersten Verstelldifferenz (23) berechnet wird, wobei die erste Verstelldifferenz (23) zwischen einem Zielschluckvolumen des ersten Hydromotors (4) zum Ende der Abschaltzeit (20) und einem Sollschluckvolumen des ersten Hydromotors (4) zu Beginn der Abschaltzeit gebildet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Verstellgeschwindigkeit abhängig von einem aktuellen Abtriebsdrehzahlgradienten, von der eingestellten Abschaltzeit (20) und von einer zweiten Verstelldifferenz (22) berechnet wird und einstellbar ist, wobei die zweite Verstelldifferenz (22) zwischen einem Zielschluckvolumen des zweiten Hydromotors (5) zum Ende der Abschaltzeit (20) und einem Sollschluckvolumen des zweiten Hydromotors (5) zu Beginn der Abschaltzeit (20) gebildet wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste und die zweite Verstellgeschwindigkeit abhängig von einer Hydrauliköltemperatur berechnet werden.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Steuereinrichtung nach der Abschaltzeit (20) eine Abschaltwartezeit (21) eingestellt ist, dass am Ende der Abschaltwartezeit (21) geprüft wird, ob das Schluckvo-

lumen des ersten Hydromotors (4) den Wert Null erreicht hat, und dass der erste Hydromotor (4) mittels eines Abschaltventils von dem hydraulischen Kreislauf (11) abgekoppelt wird, wenn das Schluckvolumen des ersten Hydromotors (4) den Wert Null erreicht hat.

13. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor einem Fahrbereichswechsel von dem Einmotorenbereich in den Zweimotorenbereich geprüft und bestätigt wird, dass der hydrostatische Fahrtrieb aktuell in dem Einmotorenbereich betrieben wird, dass zum Erreichen der angeforderten Abtriebsdrehzahl nicht der Einmotorenbereich vorgesehen ist, und dass zumindest eine der beiden folgenden Bedingungen erfüllt ist,

- ein Istschluckvolumen des zweiten Hydromotors (5) liegt oberhalb eines siebten Schwellenwerts und eine Differenz zwischen der angeforderten Abtriebsdrehzahl und einer Istabtriebsdrehzahl liegt unterhalb eines achten Schwellenwerts;
- das Istschluckvolumen des zweiten Hydromotors (5) liegt oberhalb eines neunten Schwellenwerts und es liegt gleichzeitig ein Grenzlastfall vor.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor einem Fahrbereichswechsel von dem Einmotorenbereich in den Zweimotorenbereich geprüft und bestätigt wird, dass die Differenz zwischen dem Istschluckvolumen und dem Sollschluckvolumen des zweiten Hydromotors (5) unterhalb eines zehnten Schwellenwerts liegt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor einem Fahrbereichswechsel von dem Einmotorenbereich in den Zweimotorenbereich geprüft und bestätigt wird, dass eine Notbremserkennung nicht aktiv ist.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor einem Fahrbereichswechsel von dem Einmotorenbereich in den Zweimotorenbereich geprüft und bestätigt wird, dass eine Motorschutzeinrichtung des Antriebsmotors (2) das Zuschalten des ersten Hydromotors (4) freigibt.

17. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Fahrbereichswechsel von dem Einmotorenbereich in den Zweimotorenbereich in einer Steuereinrichtung (8) eine Zuschaltzeit (30) eingestellt wird, und dass während der Zuschaltzeit (30) das Schluckvolumen (34) des ersten Hydromotors (4) mit einer in der Steuereinrichtung (8) berechneten dritten Verstellgeschwindigkeit in Richtung des maximalen Schluckvolumens und das Schluckvolumen (35) des zweiten Hydromotors (5) mit einer in der Steuereinrichtung (8) berechneten vierten Verstellgeschwindigkeit in Richtung des minimalen Schluckvolumens verstellt werden.

18. Verfahren nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dritte Verstellgeschwindigkeit abhängig von der eingestellten Zuschaltzeit (30) und von dem Zielschluckvolumen des ersten Hydromotors (4) zum Endzeitpunkt der Zuschaltzeit berechnet wird, und dass die vierte Verstellgeschwindigkeit abhängig von einem angeforderten Abtriebsdrehzahlgradienten, der eingestellten Zuschaltzeit (30), von dem Zielschluckvolumen des ersten Hydromotors (4) zum Endzeitpunkt der Zuschaltzeit und von dem Sollschluckvolumen des zweiten Hydromotors (5) zum Startzeitpunkt der Zuschaltzeit (30) berechnet wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dritte und die vierte Verstellgeschwindigkeit abhängig von einer Hydrauliköltemperatur berechnet werden.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Steuereinrichtung vor der Zuschaltzeit (30) eine Zuschaltwartezeit (31) eingestellt ist, und dass der erste Hydromotor (4) zu Beginn der Zuschaltwartezeit (31) mittels eines Abschaltventils in den hydraulischen Kreislauf (11) eingeschaltet wird.

21. Hydrostatischer Fahrtrieb (1) mit einer Hydraulikpumpe (3), die von einem Antriebsmotor (2) antreibbar ist, mit einem ersten Hydromotor (4) und einem zweiten Hydromotor (5), wobei die Hydraulikpumpe (3) und die beiden Hydromotoren (4, 5) in einem hydraulischen Kreislauf (11) hydraulisch miteinander koppelbar sind, und mit einer Steuereinrichtung (8) die dazu eingerichtet ist den hydrostatischen Fahrtrieb zumindest in zwei Fahrbereichen zu betreiben, wobei in einem Zweimotorenbereich beide Hydromotoren (4, 5) dem hydraulischen Kreislauf mit einem wirksamen Schluckvolumen größer Null zugeschaltet sind, und wobei in einem Einmotorenbereich der erste Hydromotor (4) auf ein Schluckvolumen mit dem Wert Null eingestellt ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung (8) dazu eingerichtet ist, einen Fahrbereichswechsel von dem Zweimotorenbereich in den Einmotorenbereich und/oder umgekehrt in Abhängigkeit der Schluckvolumen der beiden Hydromotoren (4, 5) zu steuern.

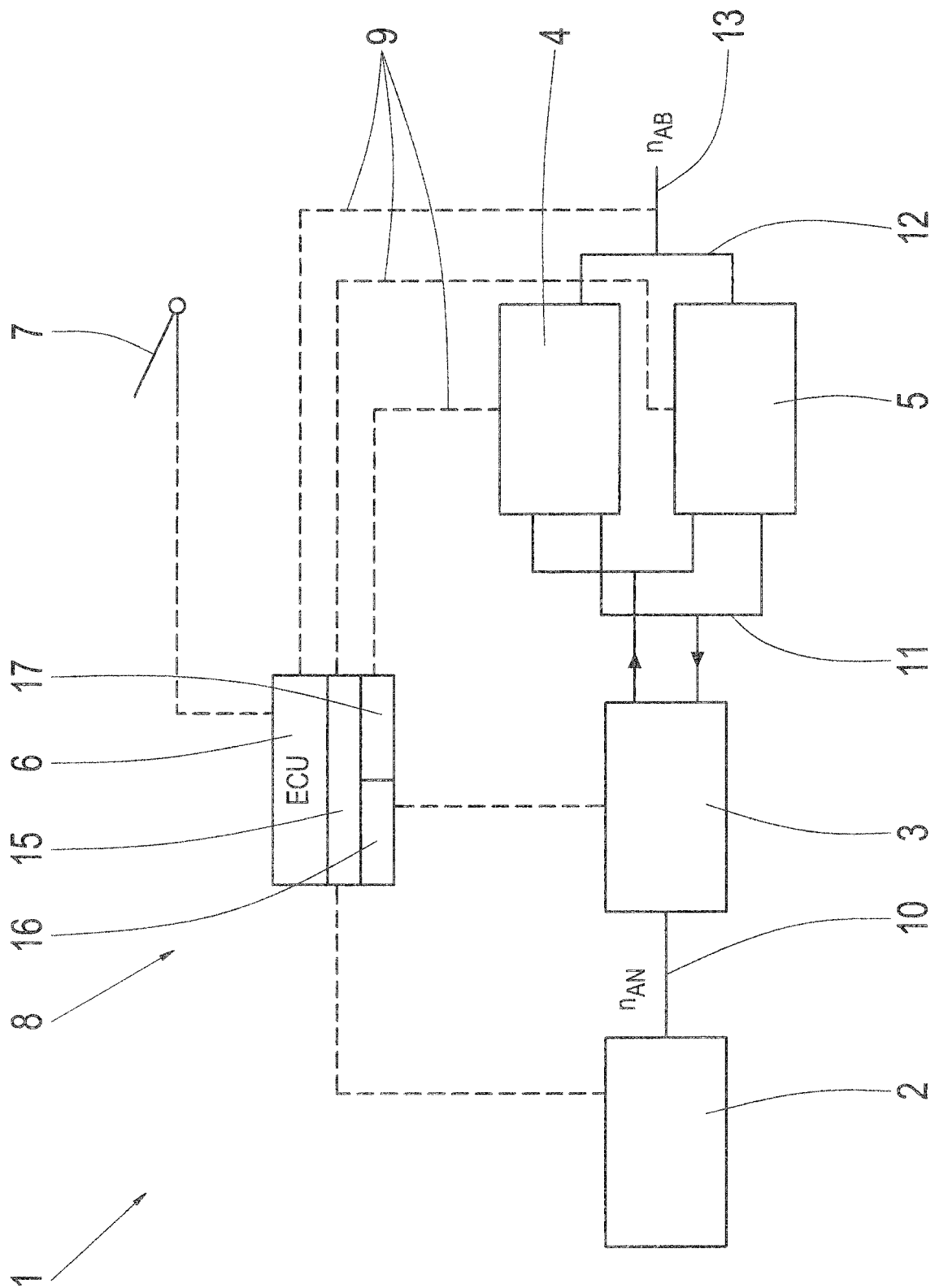
22. Hydrostatischer Fahrtrieb (1) nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung folgende Mittel umfasst,

- a) Mittel um aktuelle Werte, Sollschluckvolumen und Zielschluckvolumen des ersten Hydromotors (4) und des zweiten Hydromotors (5) zu erfassen, zu berechnen, zu speichern und/oder einzustellen,
- b) Mittel um Verstellgeschwindigkeiten für die Schluckvolumen des ersten Hydromotors (4) und des zweiten Hydromotors (5) zu berechnen und
- c) Mittel um einstellbare Schwellenwerte und Kompensationsfaktoren und Zeiten für einen Fahrbe-

reichswechsel zwischen dem ersten und dem Einmotorenbereich zu speichern und mit berechneten Werten zu vergleichen.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



१०८

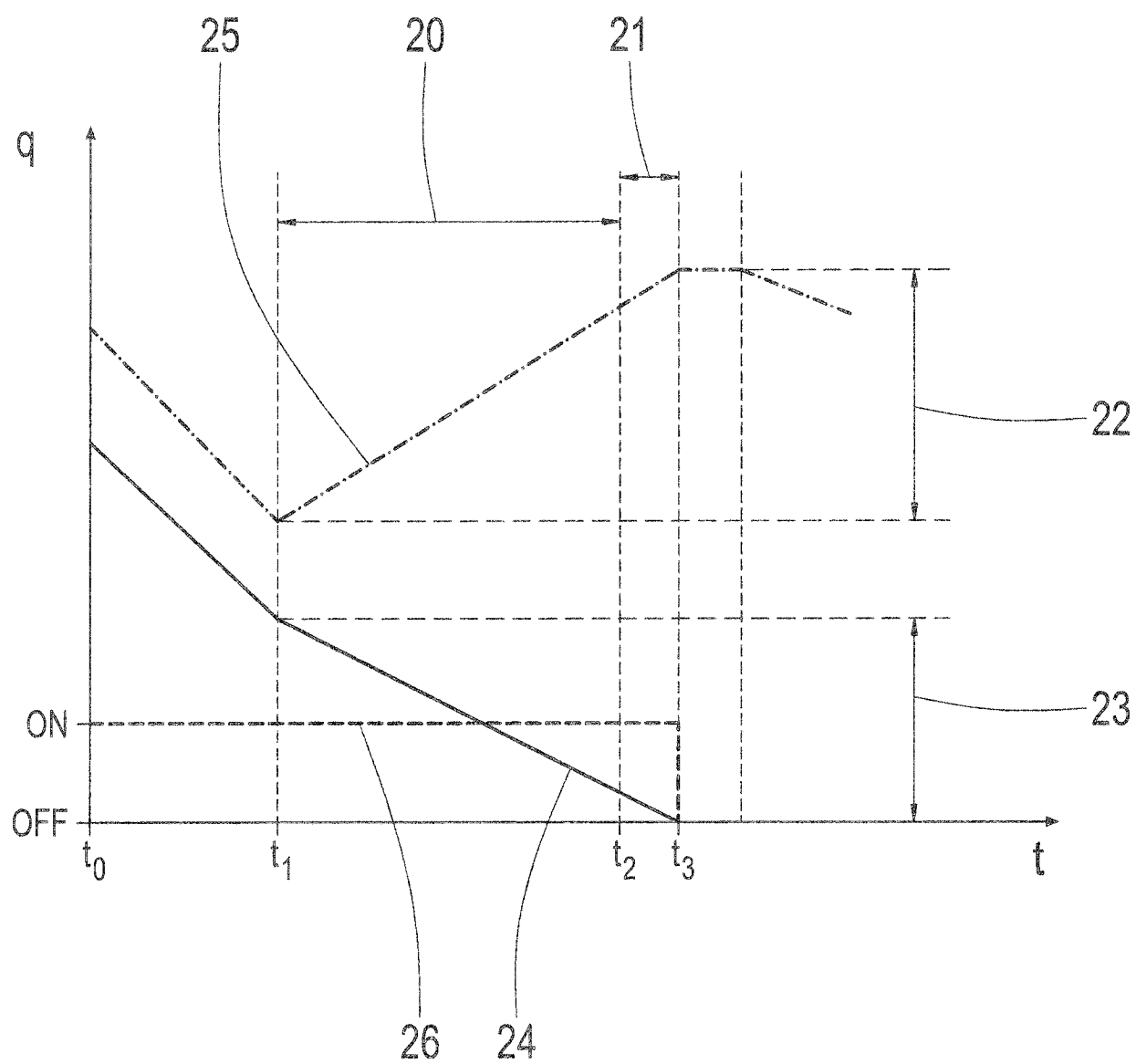


Fig. 2

