

(12) **GEBRAUCHSMUSTERSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: GM 853/02

(51) Int.Cl.⁷ : G01F 1/84

(22) Anmeldetag: 18.12.2002

(42) Beginn der Schutzdauer: 15. 3.2003

(45) Ausgabetag: 25. 4.2003

(73) Gebrauchsmusterinhaber:

AVL LIST GMBH
A-8020 GRAZ, STEIERMARK (AT).

(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR KONTINUIERLICHEN MESSUNG EINES DYNAMISCHEN FLÜSSIGKEITSVERBRAUCHS

(57) Ein Verfahren zur kontinuierlichen Messung eines dynamischen Flüssigkeitsverbrauchs, insbesondere von Kraftstoff, verwendet einen kontinuierlich arbeitenden Durchflusssensor mit variablem Druckabfall, vorzugsweise einem Massenstromsensor. Um eine kontinuierliche, genaue und auch zeitlich hoch auflösende Verbrauchsmessung mit geregelter Ausgangsdruck für die Flüssigkeit mittels eines offenen Systems zu ermöglichen und auch eine zumindest kurz andauernde Rückströmung bei gleichzeitiger Messung des Durchflusses zuzulassen, wird der Druck hinter dem Durchflusssensor durch Veränderung des Vordruckes des Sensors auf einen konstanten Wert eingeregelt.

Dazu ist bei der Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, umfassend einen Tank (2), allenfalls eine Konditionieranlage, sowie vorzugsweise eine regelbare Pumpe (6) und einen kontinuierlich arbeitenden Durchflusssensor (7) für die Flüssigkeit, vorzugsweise einen Coriolis-Sensor, vorgesehen, daß hinter dem Sensor (7) eine Leitung zu einem Drucksensor abzweigt, dessen Ausgang mit einer Regeleinrichtung verbunden ist, die ihrerseits Einrichtungen zur Beeinflussung des Volumsstroms vor dem Sensor (7) ansteuert.



AT 006 117 U2

Verfahren zur kontinuierlichen Messung eines dynamischen Flüssigkeitsverbrauchs, insbesondere von Kraftstoff, mittels eines kontinuierlich arbeitenden Durchflusssensors mit variablem Druckabfall, vorzugsweise einem Massenstromsensor, sowie Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, umfassend einen Tank, allenfalls eine Konditionieranlage, sowie vorzugsweise eine regelbare Pumpe und einen kontinuierlich arbeitenden Durchflusssensor für die Flüssigkeit, vorzugsweise einen Coriolis-Sensor.

Für die Messung des Verbrauchs von Flüssigkeiten, speziell in der Anwendung für den Kraftstoffverbrauch von Motoren auf Prüfständen, sind diskontinuierlich betriebene Systeme auf Basis von Waagen bekannt. Sie weisen den Vorteil offener Systeme auf, nämlich die Eigenschaft, dass der Kraftstoff sowohl vom Meßsystem abgegeben als auch zeitweise und im Fördervolumen begrenzt in das System zurückgeführt werden kann. Dabei wird sowohl die abgegebene als auch die rückgeführte Kraftstoffmenge messtechnisch erfasst und bei der Angabe des Verbrauchs berücksichtigt. Offene Systeme erweisen sich insbesondere bei modernen Einspritzsystemen als vorteilhaft, da diese beim Start des Motors während des Druckaufbaus im Einspritzsystem begrenzt Kraftstoff in das Kraftstoffversorgungssystem – beim Fahrzeug letztlich in den Tank - zurückschieben. Als nachteilig erweisen sich derartige Waagen dadurch, dass sie immer wieder nachgefüllt werden müssen, und dadurch kein kontinuierlicher Messbetrieb möglich ist.

Zur kontinuierlichen Messung des Kraftstoffverbrauchs werden oft Meßgeräte herangezogen, die eine volumetrische Messung des Durchflusses durchführen. Mittels einer zusätzlichen Dichtemessung wird daraus die verbrauchte Kraftstoffmasse ermittelt, die die eigentlich benötigte Meßgröße darstellt. Eine direkte Messung des Masseverbrauches, die den Nachteil der zusätzlichen Dichtemessung vermeidet, läßt sich derzeit nur diskontinuierlich mit der Wägemethode sowie kontinuierlich mit Coriolis-Sensoren realisieren.

Moderne Verbrennungsmotoren benötigen für einen ordnungsgemäßen Betrieb zu meist definierte und durchflußunabhängige Druckverhältnisse sowohl in der Kraftstoffzuleitung als auch in der gegebenenfalls vorhandenen Kraftstoffrückleitung.

Beispielsweise ist gemäß dem österr. Gebrauchsmuster Nr. 3.350 eine Druckstabilisierungseinrichtung zur Stabilisierung des Vorlaufdrucks des Massestromsensors vorgesehen, um an der Anschlußstelle des Verbrauchers den geforderten geringen und konstanten Druck (von im Allgemeinen wenigen mbar) erzeugen zu können. Dafür muß ja der durchflußabhängige Druckabfall am Massestromsensor (von z.B. bis zu 2 bar) variabel kompensiert werden. Insbesondere müssen hochfrequente, sprunghafte oder pulsartige Entnahmen rasch berücksichtigt werden.

Zur Druckstabilisierung wird daher bei den oben genannten kontinuierlichen Verfahren der Kraftstoffmessung stromabwärts vom eigentlichen Durchflusssensor eine Druckreguliereinrichtung (Druckregler) angebracht, die den durchflußabhängigen Druck am Ausgang

des Meßsystems auf einen konstanten Ausgangsdruck abregelt. Nachteilig bei einem derartigen Aufbau ist, dass konventionelle mechanische Druckregler wie eine „hydraulische Diode“ agieren, womit gemeint ist, dass das strömende Medium den Regler nur in eine Richtung, nämlich stromabwärts durchströmen kann. Ein mit einem solchen Druckregler aufgebautes Meßsystem stellt kein offenes System dar. Falls nämlich Kraftstoff von der Einspritzanlage in das Meßsystem rückgeführt werden müsste, oder falls es durch Temperaturanstieg im Kraftstoffkreis bei gestopptem Verbraucher zu einer thermischen Expansion des Kraftstoffes kommt, entsteht, je nach Elastizität der Verrohrung, ein zumeist unzulässig hoher Druckanstieg im Kraftstoffsystem, der Leitungen und Einbauten belastet und allenfalls durch aufwendige Druckausgleichseinrichtungen abgefangen werden muß.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, die eine kontinuierliche, genaue und auch zeitlich hoch auflösende Verbrauchsmessung mit geregelter Ausgangsdruck für die Flüssigkeit mittels eines offenen Systems ermöglichen und also auch eine zumindest kurz andauernde Rückströmung bei gleichzeitiger Messung des Durchflusses zuzulassen.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist das erfindungsgemäße Verfahren dadurch gekennzeichnet, dass der Druck hinter dem Durchflußsensor durch Veränderung des Vordruckes des Durchflußsensors auf einen konstanten Wert eingeregelt wird. Damit kann erreicht werden, dass einerseits trotz eines durchflussabhängigen Druckabfalls des kontinuierlich arbeitenden und hochdynamischen Durchflußsensors ein konstanter Druck am Ausgang des Meßsystems zur Verfügung gestellt wird, dass andererseits dabei auch gegebenenfalls eine zeitweilig auftretende Rückströmung der Flüssigkeit ermöglicht wird, und dass weiters eine solche ungehindert durch den Durchflusssensor in das System zurückströmende Flüssigkeitsmenge auch messtechnisch erfasst und als negativer Verbrauch berücksichtigt wird. Damit kann insbesondere bei zeitweilig auftretenden Rückströmungen ein übermäßiger Druckanstieg am Ausgang des Meßsystems vermieden und eine genaue Verbrauchsmessung ermöglicht werden.

Gemäß einer ersten Ausführungsvariante des obigen Verfahrens ist vorgesehen, dass der Druck hinter dem Durchflußsensor ermittelt und als Eingangsgröße einer Regelanordnung für den Vordruck des Sensors aufgegeben wird. Durch diese Variante ist die unmittelbarste Beeinflussung des Vordruckes des Sensors möglich, wobei je nach Wahl der Regelanordnung auf unterschiedlichste Anforderungen eingegangen werden kann.

Vorteilhafterweise wird gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung der Vordruck durch variable Aufteilung des Flüssigkeitsstromes vor dem Sensor in einen den Sensor durchfließenden Teilstrom und einen Überström-Teilstrom (By-Pass) geregelt, wobei die Größe des den Sensor durchfließenden Teilstroms gegensinnig der Druckabweichung vom Soll-Wert hinter dem Sensor verändert wird. Damit ist eine relativ einfache und funktionssi-

chere Lösung der gestellten Aufgabe sichergestellt, die mit apparativ einfachen Mitteln realisiert werden kann.

Dabei kann alternativ dazu oder auch ersatzweise eine Ausführungsform der Erfindung vorgesehen sein, bei welcher der Vordruck durch die Bemessung des Flüssigkeitsstromes vor dem Sensor und vor einer allfälligen Aufteilung des Volumsstroms geregelt wird, wobei die Größe des Volumsstroms gegensinnig der Druckabweichung vom Soll-Wert hinter dem Sensor verändert wird. Durch die Anpassung des Flüssigkeitsstromes allenfalls schon vor einer Aufteilung in Teilströme können einerseits die Einrichtungen für die Aufteilung einfacher ausgeführt sein, und andererseits kann vermieden werden, dass ein relativ großer Volumsstrom rückgeführt werden muß, dessen enthaltene mechanische und thermische Energie, die unter anderem von der beispielsweise unregelmäßig und zum Druckaufbau immer auf Maximalleistung laufenden Pumpe laufend eingebracht wird, wieder abgeführt werden muß, um so die Konditionierbedingungen für den Kraftstoff einhalten zu können.

Die eingangs beschriebene Vorrichtung zur kontinuierlichen Messung eines dynamischen Flüssigkeitsverbrauchs ist zur Lösung der gestellten Aufgabe dadurch gekennzeichnet, daß hinter dem Durchflußsensor eine Leitung zu einem Drucksensor abzweigt, dessen Ausgang mit einer Regeleinrichtung verbunden ist, die ihrerseits Einrichtungen zur Beeinflussung des Volumsstroms vor dem Durchflußsensor ansteuert. Durch die Erfassung des Druckes hinter dem Durchflußsensor ist eine unmittelbare Rückkoppelung von Druckabweichungen vom gewünschten bzw. eingestellten Abgabedruck auf das Zuleitungssystem vor dem Sensor möglich, durch welche trotz kontinuierlicher Verbrauchsmessung in weiterer Folge strömungsabhängige Druckänderungen dynamisch ausgeglichen werden können.

Eine erste Ausführungsform der Erfindung sieht vor, daß der Drucksensor als elektrischer Drucksensor, beispielsweise als Druck/Spannungs- oder Druck/Strom-Wandler, oder z.B. auch als digitaler Drucksensor mit einer elektrischen oder optischen Datenschnittstelle, ausgeführt ist, dessen Ausgang mit einer analogen oder digitalen Regel-Elektronik und/oder -Software verbunden ist. Damit kann in einfacher Weise die Rückkoppelung der Veränderung des Drucks hinter dem Sensor erfolgen, wobei durch entsprechende Kennlinien oder Kennfelder unterschiedliche Rückkoppelungscharakteristiken erzielbar sind.

Wenn bei der zuvor beschriebenen Ausführungsform in weiterer Ausgestaltung der Erfindung noch zwischen dem elektrischen Drucksensor und der Abgabestelle für die Flüssigkeit ein Druckspeicher vorgesehen ist, kann in bewährter Weise für hochdynamische Druckänderungen eine zusätzliche Druckstabilisierung erfolgen.

Eine sehr einfache, funktionssichere und sehr unmittelbar wirkende mechanische Vorrichtung kann gemäß einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsform geschaffen werden, wenn der Drucksensor als mechanisch-hydraulischer Druckregler ausgeführt ist, dessen Strömungs-Eingang mit einer vor dem Durchflußsensor abzweigenden Leitung ver-

bunden ist und an dessen Druck-Istwert-Eingang die hinter dem Durchflußsensor abzweigende Leitung angeschlossen ist. Mit einer solchen Ausführung können die bei elektronischen Regeleinrichtungen allenfalls bedeutsamen internen Zeitkonstanten weitgehend vermieden werden, wobei die Unmittelbarkeit der Rückkoppelung im Wesentlichen nur durch die im Druckregler zu bewegenden Massen begrenzt ist. Überdies ist durch das im Druckregler auf der Druck-Istwert-Seite vorhandene Volumen, das meist durch eine in geringem Ausmaß bewegliche Membrane begrenzt ist, eine zusätzliche Druckstabilisierung für hochdynamische Druckänderungen am Ausgang des Meßsystems gegeben.

Vorzugsweise wird bei einer derartigen Anordnung der Druckregler so in das Meßsystem eingebunden, dass der beim Ausgang des Druckreglers austretende Flüssigkeitsstrom in den Tank oder in die Konditioniereinrichtung rückgeführt wird.

Die Pumpensteuerung ist vorteilhafterweise mit einem elektrischen Drucksensor verbunden, der zwischen dem Durchflußsensor einerseits und der Pumpe oder der Konditioniereinrichtung andererseits vorgesehen wird. Damit wird ermöglicht, dass die Pumpe nicht immer mit der maximal notwendigen Leistung betrieben werden muß. Eine hohe Pumpleistung ist ja bei hohem Verbrauch erforderlich, aber bei einem niedrigen Verbrauch und einem bei Coriolis-Sensoren dementsprechend niedrigen Vordruck vor dem Durchflußsensor wäre es vorteilhaft, weniger Verlustleistung in den Überström-Teilstrom einzubringen. Vorzugsweise wird die Pumpensteuerung oder -regelung derart ausgelegt, dass die Pumpe für eine schnelle Entnahme und damit ein schnelles Anheben des Vordruckes auch schnell hochgefahren wird, während das Herunterfahren der Pumpleistung bei einer Verringerung oder einem völligen Stop der Flüssigkeitsentnahme vergleichsweise langsam erfolgt, wodurch Flüssigkeits-Schwingungen im System vermieden werden können.

In der nachfolgenden Beschreibung soll die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels und unter Bezugnahme auf die beigelegte Zeichnung näher erläutert werden. Dabei zeigt die Zeichnungsfigur ein Flussschema einer erfindungsgemäßen Vorrichtung am Beispiel einer kontinuierlichen Kraftstoff-Verbrauchsmeßanlage, insbesondere für Motor-Prüfstände.

Über eine Leitung A und ein vorzugsweise elektromagnetisch betätigbares Füllventil 1 wird ein Tank 2, als Reservoir mit der Flüssigkeit, d.h. dem Kraftstoff, versorgt. Der Tank 2 weist weiter einen Schwimmerschalter bzw. Überlauf 3, einen Füllstandssensor 4, sowie einen vorzugsweise manuell betätigbaren Entleerhahn 5 auf.

Vom Tank 2 wird der Kraftstoff mittels einer vorzugsweise regelbaren Kraftstoffpumpe 6 über eine Leitung B dem kontinuierlich arbeitenden Durchflußsensor 7, vorzugsweise einem Coriolis-Sensor, zugeführt. Danach gelangt der Kraftstoff über vorzugsweise ein elektropneumatisch betätigbares Abschaltventil 8 in der Leitung B zur Abgabestelle, an welcher der

Motor als Verbraucher (nicht dargestellt) angeschlossen wird und an welcher der Kraftstoff mit einem bestimmten, vorgegebenen Druck zur Verfügung stehen soll.

Hinter dem Abschaltventil 8 zweigt von der Leitung B zum Verbraucher eine Leitung ab, welche zum Regel-Eingang eines vorzugsweise mechanisch-hydraulischen Druckreglers 9 führt. Der Druckregler 9 weist vorteilhafterweise einen Ausgangs-Drucksensor 10 und einen Eingangs-Drucksensor 11 auf. Über den Druckregler 9 wird nun in Abhängigkeit vom Druck in der Leitung B hinter dem Durchflusssensor 7 der Durchfluß durch eine Leitung C geregelt, welche zwischen der Kraftstoffpumpe 6 und dem Durchflusssensor 7 von der Leitung B abzweigt und durch den Druckregler 9 zum Kraftstofftank 2 bzw. der Konditionieranlage zurückführt. Damit ist ein Regelkreis mit Rückkopplung realisiert, in welchem jede Druckveränderung in der Leitung B hinter dem Durchflusssensor 7 gegenüber dem am Druckregler 9 einstellbaren Vorgabewert in eine gleichsinnige Veränderung desjenigen Flüssigkeitsstromes umgesetzt wird, der durch die Leitung C vor dem Durchflusssensor 7 aus der Leitung B abzweigt und ohne Durchströmung dieses Sensors 7 wieder in den Tank 2 rückgeführt wird. Mit dieser Mengenänderung wird aber auch der Vordruck vor dem Durchflusssensor 7 geregelt, und zwar gegensinnig zur Druckänderung hinter dem Durchflusssensor 7, so dass die Druckabweichung vom eingestellten Wert schnell und sicher ausgeregelt werden kann.

Alternativ könnte anstelle des mechanisch-hydraulischen Druckreglers 9 aber auch ein elektrischer Drucksensor, beispielsweise ein Druck/Spannungs-Wandler, vorgesehen sein, dessen Ausgang mit einer Regelelektronik verbunden ist, die die Aufteilung der Flüssigkeitsströme vor dem Durchflusssensor 7 mittels eines proportional einstellbaren Ventils in Leitung C steuert. In diesem Fall ist vorteilhafterweise zwischen dem elektrischen Drucksensor und der Abgabestelle für die Flüssigkeit ein Druckspeicher in Verbindung mit der Leitung B hinter dem Durchflusssensor 7 vorhanden.

Allenfalls könnte auch noch die Pumpe 6 in Abhängigkeit der Signale des Ausgangs-Drucksensors 10 und des Eingangs-Drucksensors 11, vorzugsweise in Abhängigkeit von der Druckdifferenz zwischen Eingangs- und Ausgangsdruck, geregelt werden, um bei einem Druckanstieg hinter dem Durchflusssensor 7 bereits weniger Kraftstoff in die Leitung B zu fördern. Auch eine allfällige Regelung der Pumpe 6 in Abhängigkeit vom Druck in der Leitung B vor dem Durchflusssensor 7 ist vorteilhaft.

Sollte es zu einem Rückschieben von Kraftstoff vom Verbraucher in die Leitung B kommen, so kann dieses Flüssigkeitsvolumen über den Durchflusssensor 7 und die Leitung C vom Tank 2 aufgenommen werden.

Eine weitere Leitung 12 kann vorteilhafterweise zwischen der Abzweigung zum Druckregler 9 und der Abgabestelle an den Verbraucher von der Leitung B abzweigen und über ein elektro-pneumatisch schaltbares Entlüftungs-/Bypassventil 12 ebenfalls in den Tank

2 zurückführen. Dadurch kann bei eingeschaltetem Ventil 12 sowie eingeschalteter Pumpe 6 ein geräteinterner Entlüftungsbetrieb realisiert werden. Das Vorsehen einer weiteren Kraftstoff-Rückföhrleitung D, die eine direkte Verbindung zwischen einer eventuell vorhandenen Rückleitung des Verbrauchers und dem Tank 2 gewährliefert, ermöglicht eine Entlüftung der Kraftstoffleitungen bis zum Verbraucher.

Ansprüche:

1. Verfahren zur kontinuierlichen Messung eines dynamischen Flüssigkeitsverbrauchs, insbesondere von Kraftstoff, mittels eines kontinuierlich arbeitenden Durchflußsensors mit variablem Druckabfall, vorzugsweise einem Massenstromsensor, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck hinter dem Durchflußsensor (7) durch Veränderung des Vordruckes des Sensors (7) auf einen konstanten Wert eingeregelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck hinter dem Sensor (7) ermittelt und als Eingangsgröße einer Regelanordnung (9) für den Vordruck des Sensors (7) aufgegeben wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Vordruck durch variable Aufteilung des Flüssigkeitsstromes vor dem Sensor (7) in einen den Sensor (7) durchfließenden Teilstrom und einen Überström-Teilstrom geregelt wird, wobei die Größe des den Sensor (7) durchfließenden Teilstroms gegensinnig der Druckabweichung vom Soll-Wert hinter dem Sensor (7) verändert wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Vordruck durch die Bemessung des Flüssigkeitsstromes vor dem Sensor (7) und vor einer allfälligen Aufteilung des Volumsstroms geregelt wird, wobei die Größe des Volumsstroms gegensinnig der Druckabweichung vom Soll-Wert hinter dem Sensor (7) verändert wird.
5. Vorrichtung zur kontinuierlichen Messung eines dynamischen Flüssigkeitsverbrauchs, insbesondere von Kraftstoff, umfassend einen Tank (2), allenfalls eine Konditionieranlage, sowie vorzugsweise eine regelbare Pumpe (6) und einen kontinuierlich arbeitenden Durchflußsensor (7) für die Flüssigkeit, vorzugsweise einen Coriolis-Sensor, dadurch gekennzeichnet, daß hinter dem Sensor (7) eine Leitung zu einem Drucksensor abzweigt, dessen Ausgang mit einer Regeleinrichtung verbunden ist, die ihrerseits Einrichtungen zur Beeinflussung des Volumsstroms vor dem Sensor (7) ansteuert.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Drucksensor als elektrischer Drucksensor ausgeführt ist, dessen Ausgang mit einer Regelelektronik verbunden ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem elektrischen Drucksensor und der Abgabestelle für die Flüssigkeit ein Druckspeicher vorgesehen ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Drucksensor als Druckregler (9) für eine vor dem Durchflußsensor (7) abzweigende Leitung an seinem Strömungseingang ausgeführt ist, an dessen Druck-Istwert-Eingang die hinter dem Sensor (7) abzweigende Leitung angeschlossen ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgang des Druckreglers (9) in den Tank (2) oder die Konditioniereinrichtung rückgeführt ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Sensor (7) einerseits und der Pumpe (6) oder Konditioniereinrichtung andererseits ein elektrischer Drucksensor vorgesehen und mit der Pumpensteuerung verbunden ist.

