

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

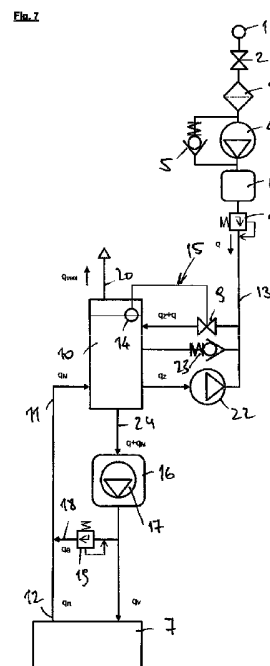
(21) Anmeldenummer: A 50453/2013
(22) Anmeldetag: 12.07.2013
(43) Veröffentlicht am: 15.10.2013

(51) Int. Cl. : **G01F 9/00** (2006.01)
F02M 37/00 (2006.01)

(73) Patentanmelder:
AVL LIST GMBH
8020 GRAZ (AT)

(54) **Vorrichtung und Verfahren zur kontinuierlichen Messung des dynamischen Kraftstoffverbrauchs einer Brennkraftmaschine**

(57) Zur kontinuierlichen Messung des dynamischen Kraftstoffverbrauchs einer Brennkraftmaschine mit einem in einer Rücklaufleitung (11) von der Abströmseite (12) des Kraftstoffsystems (7) angeordneten Entlüftungstank (10), der auch mit der Zulaufleitung (13) zum Kraftstoffsystem verbunden ist, ist eine Füllstand-Regeleinrichtung (15) an einem Anschluss des Entlüftungstanks (10) vorgesehen, die eine Zirkulationspumpe (22) sowie ein damit verbundenes, ständig durchströmtes, abhängig vom zu regelnden Füllstand mehr oder weniger geöffnetes Stellventil (9) aufweist. Damit können in bestimmten Betriebszuständen der Brennkraftmaschine auftretende Scheinverbräuche vermieden aber als Korrekturen berücksichtigt werden.



Zusammenfassung

Zur kontinuierlichen Messung des dynamischen Kraftstoffverbrauchs einer Brennkraftmaschine mit einem in einer Rücklaufleitung (11) von der Abströmseite (12) des Kraftstoffsystems (7) angeordneten Entlüftungstank (10), der auch mit der Zulaufleitung (13) zum Kraftstoffsystem verbunden ist, ist eine Füllstand-Regeleinrichtung (15) an einem Anschluss des Entlüftungstanks (10) vorgesehen, die eine Zirkulationspumpe (22) sowie ein damit verbundenes, ständig durchströmtes, abhängig vom zu regelnden Füllstand mehr oder weniger geöffnetes Stellventil (9) aufweist. Damit können in bestimmten Betriebszuständen der Brennkraftmaschine auftretende Scheinverbräuche vermieden aber als Korrekturen berücksichtigt werden.

(Fig. 7)

Vorrichtung und Verfahren zur kontinuierlichen Messung des dynamischen Kraftstoffverbrauchs einer Brennkraftmaschine

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur kontinuierlichen Messung des dynamischen Kraftstoffverbrauchs einer Brennkraftmaschine, mit einem in einer Rücklaufleitung von der Abströmseite des Kraftstoffsystems der Brennkraftmaschine angeordneten Entlüftungstank, der auch mit der Zulaufleitung des Messsystems zur Versorgung des Kraftstoffsystems der Brennkraftmaschine verbunden ist und eine Füllstand-Regeleinrichtung zur zumindest weitgehenden Konstanthaltung der Kraftstoffmasse im Füllvolumen aufweist. Weiters betrifft die Erfindung auch ein entsprechendes Verfahren, wobei der vom Kraftstoffsystem der Brennkraftmaschine rückgeführte, unverbrauchte Kraftstoff in einem Entlüftungstank, dessen Füllstand zumindest weitestgehend konstant gehalten wird, entgast und dem Zulauf zur Anströmseite des Kraftstoffsystems der Brennkraftmaschine wieder zugefügt wird.

Für Forschung und Entwicklung an Brennkraftmaschinen ist es wichtig, den Kraftstoffverbrauch – das ist die tatsächlich in den Brennraum der Brennkraftmaschine eingebrachte Kraftstoffmasse pro Zeiteinheit – zeitaktuell und genau zu messen. Die Versorgung der Brennkraftmaschine am Prüfstand oder in der jeweiligen Anwendung mit flüssigem Kraftstoff, beispielsweise Benzin oder Diesel, erfolgt gewöhnlich aus einem Tank, wobei es je nach Art des Systems zur Einbringung des Kraftstoffs in den Brennraum – in vielen Fällen ein Einspritzsystem – überschüssigen Kraftstoff gibt, welcher unter anderem auch zur Kühlung und Schmierung des Einspritzsystems dient und durch eine Rücklaufleitung wiederum in den Tank befördert wird. Dort wird der rückgeführte Kraftstoff auf das im Tank gegebene Temperaturniveau gebracht, sowie ein eventuell in Form von Blasen vorhandener Gasgehalt abgeschieden. Der Kraftstoffverbrauch ist bei derartigen Systemen mit Rücklauf durch die Differenz aus zugeführter und rückgeführter Kraftstoffmasse gegeben, wobei sich zur Messung folgende Messanordnung bewährt hat:

Kraftstoff aus dem Tank wird durch Schwerkraft oder mithilfe einer Kraftstoffpumpe einem Verbrauchssensor zur Messung des Kraftstoff-Zulaufs und weiter einer Konditioniereinheit zugeführt, in der einerseits ein erforderlicher Kraftstoff-Über- oder -Unterdruck mithilfe einer Pumpe und gegebenenfalls mittels Druckreglern eingestellt wird; andererseits und vor allem wird dort eine definierte Kraftstofftemperatur mit einem Wärmetauscher eingestellt. Von dieser Konditioniereinheit entnimmt das Ein-

spritzsystem der Brennkraftmaschine den Kraftstoff (Kraftstoff-Vorlauf). Im Inneren des Einspritzsystems der Brennkraftmaschine (und daher der Verbrauchsmessung im Allgemeinen nicht zugänglich, oder nur über die von der Brennkraftmaschinensteuerung (ECU) ausgegebenen Daten für zum Beispiel den Rail-Druck) erzeugen in vielen Fällen eine Vorpumpe einen Niederdruck, eine Hochdruckpumpe einen Hochdruck und ein Druck- oder Mengenregelsystem den von der Brennkraftmaschinensteuerung geforderten Versorgungsdruck (Rail-Druck, zumeist einfach der Hochdruck) zur Versorgung der Injektoren. Der überschüssige Kraftstoff gelangt bei derartigen Einrichtungen mit einem im Allgemeinen sehr geringen Überdruck in den Kraftstoff-Rücklauf und eine im Verbrauchsmesssystem parallel zur Brennkraftmaschine angeordnete Bypass-Leitung, wobei allenfalls dort vorgesehene Druckregelsysteme dafür sorgen, dass Vorlauf und Rücklauf eine vernachlässigbar geringe Druckdifferenz aufweisen oder aber ein für den Vorlauf im System vorgeschriebener Druck herrscht. Die Bypass-Leitung wird auch für eine vom aktuellen Kraftstoffverbrauch der Brennkraftmaschine unabhängige und andauernd starke Kraftstoffzirkulation im gesamten Messkreis benötigt, und diese ermöglicht ein rasches Reagieren der Temperaturregelung in der Konditioniereinheit.

Der Messung wegen darf der Kraftstoff- Rücklauf von der Brennkraftmaschine nicht mehr vorbei am Verbrauchssensor direkt in den Tank geleitet werden, sondern muss im Messkreis verbleiben und also der Leitung zwischen Verbrauchssensor und Konditioniereinheit zugeführt werden. Das ist ohne weiteres möglich, wenn die im rückgeführten Kraftstoff enthaltene Gasmenge vernachlässigbar gering ist. Bei manchen derartigen Systemen kann aber die Menge der mit dem rückgeführten Kraftstoff transportierten Gase (verdampfter Kraftstoff und gegebenenfalls auch Kompressionsluft und Verbrennungsgas aus der Brennkraftmaschine) beträchtlich sein, womit das in den Kraftstoffkreis eingebrachte Gasvolumen nicht nur die Funktion der Brennkraftmaschine beeinträchtigen, sondern auch einen negativen Scheinverbrauch darstellen und damit die Messung erheblich stören würde. Daher muss das Gas aus dem rückgeführten Kraftstoff möglichst vollständig entfernt werden. Es ist dazu bekannt, einen sogenannten Entlüftungstank vor dem oder am Zusammenfluss des rückgeführten und des vom Verbrauchssensor zugeführten Kraftstoffs vorzusehen, sodass die Konditioniereinheit und in der Folge die Brennkraftmaschine mit blasenfreiem Kraftstoff versorgt werden können. Dieser Entlüftungstank wird gegebenenfalls auch bei einem gegenüber Atmosphärendruck erhöhten oder erniedrigten Druck

im Kraftstoff und im darüber befindlichen Gas betrieben, um so die reale Situation mit einem Tank, der höher oder tiefer als die Brennkraftmaschine angebracht ist, oder mit einer Kraftstoff-Entnahmepumpe, möglichst gut nachzubilden.

Damit nun der im Kraftstoff-Zulauf einer derartigen Vorrichtung angeordnete Verbrauchssensor den tatsächlichen Verbrauch zeitaktuell und genau messen kann und möglichst keinen Scheinverbrauch mit anzeigt, muss die Kraftstoffmasse im gesamten Messkreis (und vor allem im Entlüftungstank mit seinem relativ großen Volumen) möglichst konstant sein. Aus diesem Grunde ist bei bekannten derartigen Kraftstoffverbrauch-Messanordnungen (siehe beispielsweise EP 1729100 A1, US 5708201 oder AT 505 014 B1) ein Zulaufventil am Entlüftungstank vorgesehen, das von einem Schwimmkörper gesteuert wird und den Zulauf dann öffnet, wenn der Füllstand im Entlüftungstank unter einen bestimmten Pegel sinkt. Damit soll gewährleistet werden, dass vom Verbrauchssensor gerade so viel Kraftstoff in den Entlüftungstank gelangt, dass die Kraftstoffmasse im Entlüftungstank konstant bleibt. Das funktioniert aber nur unter der Bedingung, dass dem Entlüftungstank zu jedem Zeitpunkt über den Vorlauf mehr Kraftstoffvolumen entnommen, als über den Rücklauf zugeführt wird. In der Realität kann aber durchaus zeitweise mehr Volumen zugeführt als entnommen werden, beispielsweise beim Abstellen der Brennkraftmaschine, wenn die im Hochdruckteil des Einspritzsystems gespeicherte Kraftstoffmenge zurückflutet, oder beim Reduzieren der Einspritzmenge und der Drehzahl der Brennkraftmaschine (coast-down). In solchen Fällen steigt der Füllstand trotz gesperrtem Zulauf weiter an und der Verbrauchssensor meldet bei gesperrtem Zulaufventil nicht die Rückströmung als negativen (Schein-) Verbrauch, sondern Null Verbrauch. Sobald dem Messkreis wieder mehr Volumen entnommen als rückgeführt wird, kann der erhöhte Pegel im Entlüftungstank im Lauf der Zeit solange abgebaut werden, bis das Zulaufventil wieder öffnet um den Pegel nicht weiter absinken zu lassen, womit der Verbrauchssensor erst ab diesem Zeitpunkt den Verbrauch wieder richtig messen kann. Dies führt vor allem bei Brennkraftmaschinen mit großer Gasmenge in der Rückführleitung zu erheblichen Schwierigkeiten und Messungenauigkeiten: Beispielsweise kann die transportierte Gasmenge bei Diesel-Großmotoren zeitweise ein Vielfaches des rückgeführten Kraftstoffvolumens ausmachen.

Außerdem gibt es Bereiche im Messkreis, in denen es unvermeidliche Änderungen der darin enthaltenen Kraftstoffmasse gibt, wie insbesondere den Kraftstoff-Rücklauf mit Gasblasen und erhöhter Temperatur sowie grundsätzlich die Volumina im Einspritzsystem der Brennkraftmaschine, die dem Verbrauchmesssystem nicht oder nur über die Datenausgabe der Brennkraftmaschinensteuerung (ECU) zugänglich sind. Jede Änderung der im Messkreis gespeicherten Kraftstoffmasse stellt einen Scheinverbrauch dar und wird – sofern dieser einen entsprechenden Kraftstoff-Durchfluss im Verbrauchssensor zu Folge hat – vom Verbrauchssensor ebenso wie der durch die Verbrennung im Motor gegebene Kraftstoffverbrauch registriert. Der vom Verbrauchssensor angezeigte Verbrauch ist also nicht der tatsächliche Kraftstoffverbrauch sondern enthält üblicherweise als Messfehler auch den Scheinverbrauch.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die angesprochenen Nachteile der bekannten Vorrichtungen und Verfahren zu kontinuierlichen Messung des dynamischen Kraftstoffverbrauchs einer Brennkraftmaschine zu vermeiden und eine derartige Vorrichtung beziehungsweise ein derartiges Verfahren so zu verbessern, dass die im Messkreis enthaltene Kraftstoffmasse unter allen möglichen Betriebsbedingungen möglichst konstant gehalten und die darüber hinaus verbleibenden und gegebenenfalls unvermeidlichen Änderungen der im Messkreis befindlichen Kraftstoffmasse möglichst genau bei der Ermittlung des tatsächlichen Kraftstoffverbrauchs der Brennkraftmaschine rechnerisch berücksichtigt werden können.

Diese Aufgabe wird bei einer erfindungsgemäßen Vorrichtung dadurch gelöst, dass die an einem Anschluss des Entlüftungstanks befindliche Füllstand-Regeleinrichtung eine Zirkulationspumpe sowie ein damit verbundenes, ständig durchströmtes, abhängig vom zu regelnden Füllstand mehr oder weniger geöffnetes Stellventil aufweist. Beim erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt demgemäß an einem der Anschlüsse des Entlüftungstanks andauernd eine füllstandabhängig geregelte Medium-Zu- bzw. -Abfuhr. Das Stellventil des Entlüftungstanks wird also nicht wie üblich in der Nähe des Schaltpunktes „Auf/Zu“ betrieben, sondern unabhängig vom aktuellen Kraftstoffverbrauch in einem Betriebspunkt mit permanentem Fluid-Durchfluss, der durch eine Zirkulationspumpe aufrechterhalten wird. Die Zirkulationspumpe und das Stellventil können dabei bevorzugt in einer Zirkulationsleitung zwischen dem Entlüftungstank und der Zulaufleitung des Kraftstoffs angeordnet sein. Auch vorteilhaft kann die Anordnung in einer Entnahmeleitung des Entlüftungstanks oder an einem Entgasungsanschluss desselben sein.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren kann entsprechend vorteilhafterweise eine stetige Zirkulationsströmung von Kraftstoff zwischen Entlüftungstank und entweder Zulauf oder Entnahmeleitung des Kraftstoffes erfolgen. Andererseits kann vorteilhafterweise auch eine stetige Zu- bzw. Abfuhr von gasförmigem Medium am Entgasungsanschluss des Entlüftungstanks vorgenommen werden.

In allen Varianten kann das jeweilige Medium bzw. der stetige Mediumfluss durch das gesteuert geöffnete Stellventil je nach Ort seiner Installation entweder andauernd in den Entlüftungstank ein- oder aus diesem herausströmen, womit einerseits eine hysteresefreie Füllstand-Regelung erfolgen kann und andererseits nicht nur ein Ansteigen sondern auch ein Absinken der letztendlich konstant zu haltenden Kraftstoffmasse berücksichtigt werden kann.

Das im Stellventil und in der Zirkulationspumpe strömende Fluid kann damit (vorteilhafterweise) gasblasenfreier Kraftstoff an einem der Anschlüsse des Entlüftungstanks sein, oder sogar auch das Gas bzw. die Luft in der Entgasungsleitung des Entlüftungstanks.

In einer der oben beschriebenen Ausführungen bewirkt die von der Zirkulationspumpe aufrecht erhaltene Zirkulationsströmung des Fluids (Kraftstoff und/oder Entlüftungsgas) aus dem und wieder zurück in den Entlüftungstank, dass das Fluid durch das teilweise geöffnete Stellventil andauernd in den Entlüftungstank hineinströmt. Dabei bestimmt die in Abhängigkeit vom Füllstand des Kraftstoffs im Entlüftungstank gesteuerte Regelstellung des Stellventils ob dem Entlüftungstank mehr Fluid zugeführt oder entnommen wird. Auf diese Art wird der Füllstand im Tank konstant gehalten und einer sonst möglichen Überfüllung des Tanks entgegengewirkt.

Sinnvollerweise und im Allgemeinen wird die Zirkulationspumpe so betrieben, dass sie von einem niedrigeren zu einem höheren Druckniveau fördert. Daher kann es nach den gegebenen Druckverhältnissen im System auch vorteilhaft sein, die oben genannte Strömungsrichtung umzukehren, sodass dann der andauernde Fluid-Durchfluss durch das Stellventil nicht in den Tank sondern aus dem Tank heraus führt.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann parallel zur Zirkulationspumpe ein Überdruckventil angeordnet sein, dass dann öffnet, wenn die von der Zirkulationspumpe erzeugte Druckdifferenz höher als ein zulässiger Wert ist, und bewirkt, dass ein unzulässig hoher Druck entsprechend abgebaut wird.

In weiterer Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, dass der Entlüftungstank zumindest zwei durch Einbauten getrennte Bereiche aufweist, welche mit vernachlässigbar geringem Strömungswiderstand hydraulisch kommunizieren und an ihrer Verbindung einen jeweils gleichen Druck aufweisen. Wenn nun der Füllstand in einem dieser mit beruhigtem und blasenfreiem Kraftstoff gefüllten Bereiche zur Steuerung des Stellventils herangezogen und konstant gehalten wird, wird auf diese Art erreicht, dass bei entsprechender Geometrie (nämlich Füllvolumen proportional zur Füllhöhe) und bei sonst gleichbleibenden Bedingungen von Druck und Temperatur, die im gesamten Entlüftungstank enthaltene Kraftstoffmasse konstant und weitgehend unabhängig von der Durchschäumung und von der Füllhöhe des anderen, zur Gasabscheidung dienenden Bereichs bleibt. Der gegebenenfalls durchschäumte und gasblasenreiche Kraftstoff gelangt dabei vorteilhafterweise in einen Bereich zum optimalen Abscheiden der mitgeführten Gasblasen, was beispielsweise durch eingebaute Gitter, Netze oder Prallplatten, die mit passender Strömungsgeschwindigkeit angeströmt werden, oder durch zyklonartige Einrichtungen oder dergleichen unterstützt werden kann. Von diesem Gasabscheide-Bereich gelangt der Kraftstoff über Einbauten, die ein weiteres Mitführen von Gasbläschen verhindern dann praktisch gasblasenfrei und beruhigt in einen anderen Bereich, in dem vorteilhafterweise der Füllstand zum Steuern des Stellventils abgegriffen wird, beispielsweise auf übliche Art mit einem Schwimmkörper oder durch Sensoren, die nach einem der vielen möglichen Messprinzipien (kapazitiv, induktiv, optisch, thermisch, akustisch, usw.) arbeiten.

Der Entlüftungstank mit Stellventil kann am Zusammenfluss des vom Verbrauchssensor gelieferten und des von der Brennkraftmaschine rückgeführten Kraftstoffes angeordnet sein, wobei es vorteilhaft ist, wenn Stellventil und Zirkulationspumpe im Kraftstoff-Zulauf vom Verbrauchssensor in den Entlüftungstank angeordnet sind und die Zirkulationspumpe andauernd blasenfreien Kraftstoff aus dem Entlüftungstank ansaugt und der Leitung zwischen Verbrauchssensor und Zulaufventil zuführt. Auf diese Art kann nicht nur einem drohenden Absinken des Füllstands im Entlüftungstank durch ein weiteres Öffnen des Stellventils und einem erhöhten Zufluss vom Verbrauchssensor entgegengewirkt werden, sondern auch einem drohenden Pegelanstieg, in dem nämlich das Zulaufventil weniger weit öffnet und die Zirkulationspumpe den überschüssigen Kraftstoff dem Verbrauchssensor zuführt, sodass dieser den momentan negativen Verbrauch zeitaktuell messen kann. Zum Einsatz kommt also

ein sogenannter „offener“ Verbrauchssensor, der auch eine Rückströmung zulässt und diese korrekt erfassen kann.

Bei der Auslegung des Stellventils für die erfindungsgemäße Vorrichtung ist natürlich zu beachten, dass die durch das Stellventil strömende Fluidmenge durch die Summe aus Zirkulationsströmung und Zu- bzw. Ablaufströmung gegeben ist.

Nach einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist der Entlüftungstank mit Stellventil nahe an der Brennkraftmaschine angeordnet, vorzugsweise dort, wo eine Bypass-Leitung und die Rücklaufleitung zusammengeführt sind. Auf diese Weise wird auch die Rücklaufleitung bis hin zur Verbindung mit dem Kraftstoff-Zulauf mit blasenfreiem Kraftstoff betrieben, womit nicht nur die im Entlüftungstank, sondern auch die im Rücklauf enthaltene Kraftstoffmasse weitgehend konstant gehalten werden kann.

Als Zirkulationspumpe kann im Falle von Kraftstoff als zirkulierendem Fluid unmittelbar eine im Messsystem auch sonst benötigte Kraftstoffpumpe dienen, etwa die in der Zulaufleitung zur Entnahme von Kraftstoff aus dem Tank angeordnete Pumpe, oder die in der Konditioniereinheit angeordnete Pumpe zum Aufrechterhalten der Zirkulation im gesamten Messkreis. Auf diese Art kann weiterer diesbezüglicher Aufwand vermieden werden.

Im Falle der Anordnung von Zirkulationspumpe und Stellventil an einem Entgasungsanschluss des Entlüftungstanks kann stets dafür gesorgt werden, dass die genau richtige Entlüftungsgasmenge bzw. Luft eingebracht oder entnommen wird, um den Füllstand im Entlüftungstank und den Druck im Rücklauf aufrecht und konstant zu halten. In diesem Fall, und wenn der Druck im Entlüftungstank größer als der Atmosphärendruck zu halten ist, kann vorteilhafterweise als Zirkulationspumpe unmittelbar eine Kompressorpumpe eines Druckluftnetzes der Brennkraftmaschine (falls vorhanden) dienen und Druckluft zum Aufrechterhalten einer Entgasungsströmung in den Entlüftungstank fördern.

In vielen Fällen ist es aber auch im letztgenannten Zusammenhang vorteilhaft, wenn das Stellventil von blasenfreiem Kraftstoff durchflossen wird, wozu es sinnvollerweise in der Entnahmeleitung des Entlüftungstanks, also in der Rückführleitung zum Verbrauchssensor und zur Konditioniereinheit im Vorlauf, angeordnet wird. Dabei ist allerdings auf das Vorzeichen der Regelung zu achten: Das Stellventil in der Entnahmeleitung muss bei steigendem Füllstand weiter öffnen und bei sinkendem Füllstand

weiter schließen. Bei dieser Anordnung ist weiters von Vorteil, dass als Zirkulationspumpe unmittelbar die in der Konditioniereinheit bereits vorhandene Kraftstoffpumpe dienen kann, die ja eine andauernde Zirkulation des Kraftstoffs im gesamten Messkreis aufrecht erhält.

Vorteilhafterweise kann weiters eine zusätzliche Konditioniereinheit zur Temperaturkonditionierung des rückgeführten Kraftstoffes vorgesehen sein. Für das Ziel, die Kraftstoffmasse im Messkreis möglichst konstant zu halten, genügt es nicht, der Forderung zu entsprechen, Druck und Temperatur des Vorlaufs zu konditionieren, sondern es sollten auch der Rücklauf und der Entlüftungstank bei einer optimalen und weitgehend konstanten Temperatur betrieben werden und somit also ein Überschuss der von der Brennkraftmaschine in den Rücklauf eingebrachten Wärmemenge abgeführt werden. Dabei von großer Bedeutung ist die regelungstechnische Berücksichtigung auch der mit den Gasblasen transportierten latenten Wärme und deren Änderungen. Im Fall der Verdampfung des heißen Kraftstoffs in die Gasblasen hinein muss Verdampfungswärme aufgebracht werden, die den Kraftstoff abkühlt. Andererseits wird in Falle der Kondensation der in den Gasblasen enthaltenen Dämpfe Kondensationswärme frei und bewirkt eine Erwärmung des Kraftstoffs. Das Abscheiden der Gasbläschen im Entlüftungstank erfolgt vorteilhafterweise bei einer hohen Kraftstofftemperatur, die eine geringere Viskosität des Kraftstoffs zur Folge hat und das Aufsteigen und Entweichen der Gasbläschen erleichtert. Dazu geeignet ist beispielsweise die von der Brennkraftmaschine gelieferte erhöhte Rücklauftemperatur oder vorteilhafterweise eine eigene in der Rücklaufkonditionierung bewirkte Nacherwärmung beziehungsweise Thermostatisierung. Für eine gute Durchmischung des rückgeführten mit dem vom Verbrauchssensor zugeführten Kraftstoffs sollten die beiden Flüssigkeiten möglichst die gleiche Temperatur aufweisen wobei diese möglichst konstant und nahe der Solltemperatur der Vorlaufkonditionierung sein sollte. Daher ist es besonders vorteilhaft, die Vorkonditioniereinheit in einem Bereich der hydraulischen Verbindung von Abscheidebereich und Mischbereich des Entlüftungstanks anzuordnen. Es ist dabei weiters vorteilhaft, wenn der Mischbereich des Entlüftungstanks strömungstechnische Einbauten besitzt, die eine turbulente Strömung und Durchmischung des rückgeführten und des vom Sensor zugeführten Kraftstoffs unterstützen.

Zur möglichst genauen rechnerischen Berücksichtigung der verbliebenen und eventuell unvermeidlichen Schwankungen der Kraftstoffmasse im Messkreis, wie sie insbesondere aus folgenden, sich ändernden Einflüssen resultieren:

- Menge an eingetragem Gas (das ist insbesondere verdampfter Kraftstoff sowie Kompressionsluft und Verbrennungsgas der Brennkraftmaschine), das den im Messkreis befindlichen Kraftstoff zum Teil verdrängt und die effektive Kompressibilität und den effektiven Ausdehnungskoeffizienten des Kraftstoffs verändert
- Drücke in den zugehörigen Teilvolumina des Messkreises bei gegebener Elastizität der Wandungen (Rohrleitungen, Schläuche) des Messkreises und effektive Kompressibilität des Kraftstoffs samt darin enthaltener Gasmenge
- Temperaturen in den zugehörigen Teilvolumina des Messkreises bei gegebenen Ausdehnungskoeffizienten der Volumswandungen und effektiver Druckabhängigkeit der Dichte des Kraftstoffs samt darin enthaltener Gasmenge

ist bei einem erfindungsgemäßen Verfahren weiters vorgesehen, dass in einer Identifikationsphase bei zumindest einem Betriebspunkt der Brennkraftmaschine mit vorbekanntem Kraftstoffverbrauch der auftretende Scheinverbrauch gemessen und in Abhängigkeit von den zumindest näherungsweise bestimmten Werten für Temperatur und Druck des Kraftstoffs in den Teilvolumina des Messkreises und von wesentlichen Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine, insbesondere von den von der Brennkraftmaschinensteuerung (ECU) ausgegebenen Werten für Drehzahl, aktuellen Kraftstoffverbrauch und Rail-Druck, erfasst wird, wonach aus diesen Daten die für einen Scheinverbrauch maßgeblichen Parameter bestimmt und bei der eigentlichen Verbrauchsmessung modellbezogen berücksichtigt werden. Dies geht aus von einem an sich bekannten Modell des Messkreises mit Teilvolumina, für die jeweils eine einheitliche, mittlere Konzentration an eingetragem Gas angenommen oder zumindest näherungsweise bestimmt werden kann, in denen es je einheitliche effektive Druck- und Temperaturabhängigkeiten der darin enthaltenen Kraftstoffmasse gibt und in denen zumindest eine der Größen Druck und Temperatur gemessen oder zumindest näherungsweise bestimmt werden kann.

Als Betriebsart der Brennkraftmaschine in der Identifikationsphase kommt bevorzugt der geschleppte Betrieb mit Nullverbrauch zur Anwendung, wobei das Schleppen entweder (auf dem Prüfstand) durch einen externen Antrieb oder aber auch durch

das Trägheitsmoment der Brennkraftmaschine selbst oder eines angeschlossenen Schwungrades oder dergleichen erfolgen kann. Es ist hier anzumerken, dass die erfindungsgemäße Verbrauchsmessung (Vorrichtung und Verfahren) natürlich sowohl auf dem Prüfstand als auch an einer bestimmungsgemäß verwendeten und eingebauten Brennkraftmaschine (beispielsweise stationär oder in einem Fahrzeug) erfolgen kann - bei nicht stationärer Anwendung sind aber Beeinträchtigungen, insbesondere durch wechselnde Beschleunigungen nicht auszuschließen.

In weiters bevorzugter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens können an sich bekannte selbstlernende Algorithmen zur Anpassung an Änderungen während des Messbetriebs und zur laufenden Optimierung der Messgenauigkeit eingesetzt werden, wobei vorzugsweise die gemessenen oder vorgegebenen Werte für insbesondere Drücke, Temperaturen und Kraftstoffverbrauch und die von der Brennkraftmaschinensteuerung gegebenen Werte für Drehzahl, Rail-Druck und aktuellen Kraftstoffverbrauch jeweils nicht nur mit ihrem Absolutwert, sondern insbesondere auch mit dem Wert ihrer Änderung gemeinsam ausgewertet werden, um die modellbezogene Redundanz dieser Werte für die Bestimmung wichtiger Systemgrößen, insbesondere Volumina, Dichten, Kompressibilitäten, Ausdehnungskoeffizienten, Zeitkonstanten des Ansprechverhaltens der Messleitungen und Sensoren, zu bestimmen. Bei Kenntnis derartiger Systemgrößen und dazu gehöriger Zustandsgrößen kann der aktuelle Scheinverbrauch modellbezogen berechnet werden und der tatsächliche Verbrauch kann aus den aktuellen Messwerten und Berechnungswerten des Scheinverbrauchs laufend kompensiert bzw. ermittelt und ausgegeben werden.

Die benötigten Größen können entweder auf übliche Art gemessen oder näherungsweise bestimmt werden. Die in den Teilvolumina des Kraftstoff-Vorlaufs enthaltene Kraftstoffmasse wird wesentlich durch die im Messverfahren vorbekannten Drücke und Temperaturen beeinflusst. Im Kraftstoff-Rücklauf ist der Gaseintrag in hohem Maß abhängig von Drehzahl und Last der Brennkraftmaschine, wobei die Last im Wesentlichen mit dem aktuellen Kraftstoffverbrauch korreliert ist und das Kennfeld des Gaseintrags näherungsweise durch eine Messung im geschleppten Betrieb bei Nulllast bestimmt werden kann. Gleiches gilt auch für die Temperatur des Kraftstoffrücklaufs nach einem befeuerten Betrieb der Brennkraftmaschine.

Ein dermaßen identifiziertes Modell des Messsystems kann vorteilhaft auch zur Überwachung des Messkreises und zur Fehlerdiagnose verwendet werden, indem

ein bekannter oder auf andere Art ermittelter Kraftstoffverbrauch, vorzugsweise ein Nullverbrauch, mit dem vom Messsystem ermittelten Verbrauch verglichen wird. Nützlich dafür sind auch die ständig aktuell gehaltenen Systemparameter und die Beobachtung von eventuell auftretenden Änderungen, die dem Benutzer oder Service-Ingenieur nützliche Hinweise auf unzulässige Veränderungen und Fehler des Messkreises und Messsystems liefern können. Zur wesentlichen Verbesserung der Messgenauigkeit genügt dabei aber häufig statt einer komplizierten modelbasierten Berechnung mit vielen nur näherungsweise bekannten Parametern auch bereits eine sehr pragmatische, additive beziehungsweise subtraktive Berücksichtigung des in charakteristischen Phasen des Prüflaufs auftretenden Scheinverbrauchs, wie er in der Identifikationsphase erkannt wurde. Solche charakteristischen Phasen zur Ermittlung und Berücksichtigung von Scheinverbrauchskennwerten sind insbesondere durch die Übergänge zwischen unterschiedlichen Betriebspunkten der Brennkraftmaschine gekennzeichnet. Beispielsweise kann an der kalten Brennkraftmaschine und im geschleppten Betrieb (Nullverbrauch) ein Start- Stop-Manöver durchgeführt und der dabei auftretende Scheinverbrauch sowie gegebenenfalls die Temperatur des Kraftstoffrücklaufs gemessen werden. Bei einem ähnlichen Manöver im gefeuerten Betrieb der Brennkraftmaschine tritt praktisch der gleiche Scheinverbrauch auf und kann damit sehr einfach additiv beziehungsweise subtraktiv berücksichtigt werden, wobei sinnvollerweise noch eine Skalierung mit der aktuellen Rücklauftemperatur durchgeführt werden kann.

In ähnlicher Weise kann man bei einer raschen Drehzahländerung (Drehzahlrampe) einen Scheinverbrauch zusammen mit der aktuellen Drehzahl der Brennkraftmaschine und/oder dem Druck des Kraftstoffs am Eintritt und/oder Austritt der Brennkraftmaschine bestimmen und dann in vergleichbaren Phasen (bei gefeuertem Betrieb) berücksichtigen. Weiters kann man auch den Scheinverbrauch zusammen mit dem Hochdruck (Rail-Druck) des Einspritzsystems bestimmen, wenn dieser zum Beispiel nach einem Notstop der Brennkraftmaschine plötzlich absinkt. Oder man bestimmt während der Erwärmung der Brennkraftmaschine den Scheinverbrauch in Abhängigkeit von der sich ändernden Temperatur des Kraftstoff-Rücklaufs. Dabei kann es auch vorteilhaft sein, solche charakteristischen Betriebsphasen in der Identifikationsphase mehrfach zu durchfahren und in Abhängigkeit von anderen sich dabei ändernden Parametern zu erfassen, zum Beispiel in Abhängigkeit von sich ändernden Drücken und/oder Temperaturen in den Teilvolumina des Messkreises.

Die Erfindung wird im Folgenden noch anhand der in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiel von erfindungsgemäßen Vorrichtungen näher erläutert. Fig.1 zeigt dabei eine Vorrichtung zur Messung des dynamischen Kraftstoffverbrauchs einer Brennkraftmaschine nach dem bisher bekannten Stand der Technik, Fig.2 -6 zeigen Detailansichten der Umgebung des Entlüftungstanks einer entsprechenden erfindungsgemäßen Vorrichtung in unterschiedlichen Ausgestaltungen, und die Fig.7-9 zeigen weitere Ausführungsbeispiele erfindungsgemäßer Vorrichtungen.

Bei der einen bekannten Stand der Technik darstellenden Vorrichtung nach Fig.1 fließt der einer nicht weiter dargestellten Versorgungsleitung oder einem Kraftstofftank an einem Anschluss 1 entnommene Kraftstoff durch ein Absperrventil 2 und ein Kraftstoff-Filter 3 zu einer Zulaufpumpe 4, welche parallel geschaltet ein Überströmventil 5 aufweist. Nach der Zulaufpumpe ist der eigentliche Verbrauchssensor 6 angeordnet, der den tatsächlichen Kraftstoffverbrauch des Kraftstoffsystems 7 einer hier nicht weiter dargestellten Brennkraftmaschine ermittelt. Zur genauen Regelung des Druckes im Zulauf q des Kraftstoffs kann ein Zulaufdruckregler 8 vorgesehen sein, der den damit druckmäßig vorkonditionierten Kraftstoff an ein hier als Schwimmerventil ausgebildetes Stellventil 9 eines Entlüftungstanks 10 liefert.

Der Entlüftungstank 10 ist mit einer Rücklaufleitung 11 von der Abströmseite 12 des Kraftstoffsystems 7 sowie mit der Zulaufleitung 13 vom Stellventil 9 verbunden und weist eine hier aus dem Stellventil 9 und dem zugehörigen Schwimmer 14 gebildete Füllstand-Regeleinrichtung 15 auf, mittels der die Kraftstoffmasse im Füllvolumen des Entlüftungstanks 10 samt seinen Anschlussleitungen zumindest weitgehend konstant gehalten werden kann.

In der Zulaufleitung 13 zum Kraftstoffsystem 7 ist nach dem Entlüftungstank 10 ein Konditioniersystem 16 mit Systempumpe 17 angeordnet, mittels welchem beispielsweise der Kraftstoffdruck und/oder die Kraftstofftemperatur genau eingestellt werden kann. Weiters ist dann von der Zulaufleitung 13 abzweigend eine Bypassleitung 18 (optional mit Differenzdruckregler bzw. Druckregler 19) vorgesehen, womit Vorlauf und Rücklauf auf eine vernachlässigbar geringe Druckdifferenz oder aber ein für den Vorlauf im System vorgeschriebener Druck eingestellt werden kann.

Mit q_{vent} ist der Entlüftungsstrom am Entlüftungsanschluss 20 des Entlüftungstanks 10 bezeichnet; mit q_v der Vorlaufstrom zum Kraftstoffsystem 7; mit q_R der Rücklauf-

strom vom Kraftstoffsystem 7; mit q_B der Bypassstrom über die Bypassleitung 18; mit q_M der Rücklaufstrom des Messkreises in den Entlüftungstank 10 und mit $q + q_M$ der Entnahmestrom in der Entnahmeleitung 24 aus dem Entlüftungstank 10.

Der überschüssige Kraftstoff von der Abströmseite 12 des Kraftstoffsystems 7 (Rücklaufstrom q_R), welcher unter anderem auch zur Kühlung und Schmierung des Kraftstoffsystems 7 dient, darf der Messung wegen nicht vorbei am Verbrauchssensor 6 zurück in einen Tank oder in die Kraftstoffzuleitung geführt werden, sondern muss im eigentlichen Messkreis verbleiben und also der Leitung zwischen Verbrauchssensor 6 und Konditioniersystem 16 zugeführt werden. Nachdem aber die Menge der mit dem rückgeführten Kraftstoff transportierten Gase (verdampfter Kraftstoff und gegebenenfalls auch Kompressionsluft und Verbrennungsgas aus der Brennkraftmaschine) auch beträchtlich sein kann, müssen diese Gase möglichst rasch vollständig aus dem rückgeführten Kraftstoff entfernt werden, wozu der Entlüftungstank 10 vor dem oder am Zusammenfluss des rückgeführten und des vom Verbrauchssensor 6 frisch zugeführten Kraftstoffs vorgesehen ist, womit das Konditioniersystem 16 und in der Folge das Kraftstoffsystem 7 mit blasenfreien Kraftstoff versorgt werden können. Damit der Verbrauchssensor 6 den tatsächlichen Verbrauch zeitaktuell und genau messen kann und möglichst keinen Scheinverbrauch mitanzeigt muss die Kraftstoffmasse im gesamten Messbereich und natürlich vor allem im Entlüftungstank 10 mit seinem relativ großen Volumen möglichst konstant sein. Dazu dient das Stellventil 9 mit seinem Schwimmer 14, das den Zulauf dann öffnet wenn der Füllstand im Entlüftungstank 10 unter einen bestimmten Pegel sinkt. Damit kann gewährleistet werden, dass vom Verbrauchssensor 6 gerade soviel Kraftstoff in den Entlüftungstank gelangt, dass die Kraftstoffmasse im Entlüftungstank 10 konstant bleibt.

Bei dieser Vorrichtung nach dem Stand der Technik funktioniert das aber nur unter der Bedingung, dass dem Entlüftungstank 10 zu jedem Zeitpunkt über die Entnahmeleitung 24 zumindest soviel oder mehr Kraftstoffvolumen entnommen als über die Rücklaufleitung 11 zugeführt wird. Es kann aber beispielsweise beim Abstellen der Brennkraftmaschine, wenn die im Hochdruckteil des Einspritzsystems gespeicherte Kraftstoffmenge zurückflutet, oder beim Reduzieren der Einspritzmenge und der Drehzahl der Brennkraftmaschine (coast-down) durchaus zeitweise mehr Volumen zugeführt als entnommen werden, womit der Füllstand im Entlüftungstank 10 bei gesperrtem Stellventil 9 weiter ansteigt und der Verbrauchssensor 6 nicht die Rückströmung als negativen Scheinverbrauch sondern Nullverbrauch anzeigt.

Um von Änderungen der im Messkreis gespeicherten Kraftstoffmasse bedingte Scheinverbräuche und die davon hervorgerufenen Messfehler zu verhindern oder zumindest bei der Ermittlung des tatsächlichen Verbrauchs berücksichtigen zu können, weisen die Vorrichtungen nach der vorliegenden Erfindung gemäß den Fig. 2-9 Füllstand-Regeleinrichtungen 15 an einem der Anschlüsse des Entlüftungstanks 10 auf, welche mittels einer Zirkulationspumpe 22 sowie ein damit verbundenes, ständig durchströmtes, abhängig vom zu regelndem Füllstand mehr oder weniger geöffnetes Stellventil 9 nicht nur einen geregelten Zulauf sondern auch eine geregelte Kraftstoffentnahme aus dem Entlüftungstank 10 ermöglichen. Dieses Stellventil 9 wird also nicht wie üblich in der Nähe des Schaltpunktes „auf/zu“ betrieben sondern unabhängig vom aktuellen Kraftstoffverbrauch in einem Betriebspunkt mit permanentem Fluid-Durchfluss, was vorteilhaft für die möglichst stetige genaue Beibehaltung des Füllvolumens ist.

Gemäß Fig. 2 ist der Entlüftungstank 10 mit dem entsprechenden Zirkulationskreis auf der Einströmseite (entsprechend Zuströmleitung 13 in Fig. 1) versehen und weist ein zum Entlüftungstank 10 hin durchströmtes Stellventil 9 auf. Je nachdem ob das Stellventil 9 abhängig von der Position des Schwimmers 14 mehr oder weniger geöffnet wird kann damit der Füllstand im Entlüftungstank 10 positiv oder negativ korrigiert werden. Parallel zur Zirkulationspumpe 22 ist weiters noch ein Überdruckventil 23 angeordnet, welches hier den Abbau von erhöhtem Druck im Zirkulationskreis zum Tank hin ermöglicht.

Gemäß Fig.3 ist wiederum der Zirkulationskreis mit Zirkulationspumpe 22 und Stellventil 9 auf der Einströmseite (Zulaufleitung 13) vorgesehen, wobei das Stellventil 9 nun vom Entlüftungstank 10 weg durchströmt wird, die Zirkulationspumpe 22 also im Gegensatz zu der Anordnung nach Fig.2 nicht aus dem Entlüftungstank 10 sondern in den Entlüftungstank 10 fördert. Auch damit ist in vorteilhafter Weise eine positive und negative Korrektur des Füllstands im Entlüftungstank 10 unter stetiger Durchströmung des mehr oder weniger geöffneten Regelventils 9 möglich. Das Überdruckventil 23 ermöglicht hier einen Druckabbau in Richtung Zulaufleitung 13.

Gemäß Fig. 4 ist der Zirkulationskreis auf der Ausströmseite des Entlüftungstanks 10 vorgesehen. Der Zustrom q_1 von blasenfreiem Kraftstoff von der Zuströmleitung 13 in Fig.1 oder gegebenenfalls von der Bypassleitung 18 in Fig.1 ist hier unten am Entlüftungstank 10 einmündend gezeigt. Der Zustrom q_2 von gasblasenreichem Kraft-

stoff vom hier nicht gezeigten Rücklauf der Brennkraftmaschine 12 in Fig.1 erfolgt über die Rücklaufleitung 11. Die Ablaufleitung 24 ist mit dem hier nicht weiter dargestellten Konditioniersystem 16 in Fig.1 verbunden. Die Füllstand-Regeleinrichtung 15 ist hier also gebildet von dem am Ablaufanschluss des Entlüftungstanks 10 angeordneten, ständig mehr oder weniger durchströmten Stellventil 9 samt der Zirkulationspumpe 22 – auch hier ist wiederum ein Druckabbau in die Zulaufleitung zum Konditioniersystem ermöglichendes Überdruckventil 23 vorgesehen. Die Strömungsrichtung in den Komponenten des Zirkulationskreises 9, 22, 23 kann so wie hier gezeigt oder natürlich auch anders gerichtet erfolgen, sinngemäß wie bei Fig.2 und 3.

Gemäß Fig.5 ist der Zirkulationskreis auf der Entlüftungsseite des Entlüftungstanks 10 vorgesehen. Das vom Schwimmer 14 gesteuerte Stellventil 9 regelt also den ständigen Gasfluss über die Zirkulationspumpe 22, womit der Gasdruck im Entlüftungstank und damit ebenfalls der Füllstand im Entlüftungstank 10 sowohl positiv als auch negativ korrigiert werden kann. Die Strömungsrichtung in den Komponenten des Zirkulationskreises 9, 22, 23 kann so wie hier gezeigt oder natürlich auch anders gerichtet erfolgen, sinngemäß wie bei Fig.2 und 3.

Gemäß Fig.6 weist der Entlüftungstank 10 einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zwei durch Einbauten 25 getrennte Bereiche 26, 27 auf, welche mit vernachlässigbar kleinem Strömungswiderstand und bezüglich der Schwerkraft auf selbem Niveau hydraulisch kommunizieren und so an ihrer Verbindung einen jeweils gleichen Druck aufweisen. Außerdem sind im mit der Rücklaufleitung 11 vom Kraftstoffsystem verbundenen Bereich 26 gitterartige Einbauten 28 zur Verbesserung des Abscheidens der Gasblasen vorgesehen. Der zur Füllstand-Regeleinrichtung 15 gehörige Schwimmer 14 ist im zweiten Bereich 27 angeordnet, der damit bereits weitestgehend blasenfreien Kraftstoff enthält. Er dient zur Füllstandsregelung gemäß beispielsweise Fig. 2 – 4, oder gegebenenfalls auch nach Fig. 5, da die Entlüftungsleitung 20 ebenfalls an beide Bereiche 26, 27 angeschlossen ist.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung nach Fig.7 entspricht vom grundsätzlichen Aufbau her der bekannten und anhand von Fig.1 beschriebenen Ausführung. Gleiche Teile sind wiederum mit gleichen Bezugszeichen wie in Fig.1 versehen. Abweichend zu Fig.1 ist in Fig.7 die erfindungsgemäße Anordnung eines Zirkulationskreises auf der Einströmseite zum Entlüftungstank wie im Detail in Fig.2 dargestellt und zu Fig.2

oben beschrieben. Zur Vermeidung von Wiederholungen wird hier also lediglich auf die Beschreibung von Fig.1 und Fig.2 verwiesen.

Fig.8 entspricht im Wesentlichen der erfindungsgemäßen Ausgestaltung nach Fig.3 bei einer grundsätzlich aus Fig.1 bekannten Vorrichtung. Auch hier wird hinsichtlich der Beschreibung auf die Ausführungen zu Fig.1 und Fig.3 verwiesen. Abweichend zu Fig.1 und Fig.7 ist bei der Vorrichtung nach Fig.8 keine Zulaufpumpe 4 und kein Zulaufdruckregler 8 vorgesehen, da die in den Entlüftungstank 10 und gegen den dort eingestellten Druck fördernde Zirkulationspumpe 22 die Funktion auch der Zulaufpumpe 4 übernimmt und also diese vorteilhafte Einsparung ermöglicht.

Bei der Ausführung nach Fig.9 ist der Entlüftungstank 10 nun an der Zusammenführung der Bypass-Leitung 18 mit der Rücklaufleitung 11 vom Kraftstoffsystem angeordnet, wobei das Stellventil 9 vom Entlüftungstank 10 weg durchströmt ist und sich an dessen Ausströmseite befindet. Als Zirkulationspumpe 22 (in den bisherigen erfindungsgemäßen Ausführungen) dient hier vorteilhafterweise gleichzeitig die Systempumpe 17 im Konditionierungssystem 16, die eine stetige Durchströmung des Messkreises und somit auch des Stellventils 9 aufrecht erhält.

Patentansprüche

- 1) Vorrichtung zur kontinuierlichen Messung des dynamischen Kraftstoffverbrauchs einer Brennkraftmaschine, mit einem in einer Rücklaufleitung (11) von der Abströmseite (12) des Kraftstoffsystems (7) der Brennkraftmaschine angeordneten Entlüftungstank (10), der auch mit der Zulaufleitung (13) des Messsystems zur Versorgung des Kraftstoffsystems (7) der Brennkraftmaschine verbunden ist und eine Füllstand-Regeleinrichtung (15) zur zumindest weitgehenden Konstanthaltung der Kraftstoffmasse im Füllvolumen aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die an einem Anschluss des Entlüftungstanks (10) befindliche Füllstand-Regeleinrichtung (15) eine Zirkulationspumpe (22) sowie ein damit verbundenes, ständig durchströmtes, abhängig vom zu regelnden Füllstand mehr oder weniger geöffnetes Stellventil (9) aufweist.
- 2) Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Zirkulationspumpe (22) und Stellventil (9) in einer Zirkulationsleitung zwischen Entlüftungstank (10) und Zulaufleitung (13) angeordnet sind.
- 3) Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Zirkulationspumpe (22) und Stellventil (9) in einer Entnahmeleitung (24) des Entlüftungstanks (10) angeordnet sind.
- 4) Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Zirkulationspumpe (22) und Stellventil (9) an einem Entgasungsanschluss (20) des Entlüftungstanks (10) angeordnet sind.
- 5) Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass parallel zur Zirkulationspumpe (22) ein Überdruckventil (23) angeordnet ist.
- 6) Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Entlüftungstank (10) zumindest zwei durch Einbauten (25) getrennte Bereiche (26, 27) aufweist, welche mit vernachlässigbar geringem Strömungswiderstand hydraulisch kommunizieren.
- 7) Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Entlüftungstank (10) mit Stellventil (9) nahe an der Brennkraftmaschine angeordnet ist, vorzugsweise dort, wo eine Bypass-Leitung (18) zwischen Vorlaufleitung und Rücklaufleitung (11) der Brennkraftmaschine und die Rücklaufleitung (11) zusammengeführt sind.

- 8) Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass als Zirkulationspumpe (22) unmittelbar eine im Messsystem auch sonst benötigte Kraftstoffpumpe (4 bzw. 17) dient.
- 9) Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass als Zirkulationspumpe (22) unmittelbar eine Kompressorpumpe eines Druckluftnetzes der Brennkraftmaschine dient.
- 10) Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich ein Konditioniersystem (16) zur Temperaturkonditionierung des rückgeführten Kraftstoffes vorgesehen ist.
- 11) Verfahren zur kontinuierlichen Messung des dynamischen Kraftstoffverbrauchs einer Brennkraftmaschine, wobei der vom Kraftstoffsystem (7) der Brennkraftmaschine rückgeführte, unverbrauchte Kraftstoff in einem Entlüftungstank (10), dessen Füllstand zumindest weitestgehend konstant gehalten wird, entgast und dem Zulauf (24) zur Anströmseite des Kraftstoffsystems (7) der Brennkraftmaschine wieder zugefügt wird, dadurch gekennzeichnet, dass an einem Anschluss des Entlüftungstanks (10) eine ständige, füllstandsabhängig geregelte Strömung des Mediums (Zu- bzw. Abfuhr) erfolgt.
- 12) Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine ständige Zirkulationsströmung von Kraftstoff zwischen Entlüftungstank (10) und Zulauf (13) des Kraftstoffes erfolgt.
- 13) Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine ständige Zirkulationsströmung von Kraftstoff zwischen Entlüftungstank (10) und Entnahmeleitung (24) des Kraftstoffs erfolgt.
- 14) Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine ständige Zu- bzw. Abfuhr von gasförmigem Medium am Entgasungsanschluss (20) des Entlüftungstanks (10) erfolgt.
- 15) Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass Medium durch das teilweise geöffnete Stellventil (9) andauernd in den Entlüftungstank (10) hineinströmt.
- 16) Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der ständige Mediumfluss durch das teilweise geöffnete Stellventil (9) aus dem Entlüftungstank (10) geführt wird.

17) Verfahren zur kontinuierlichen Messung des dynamischen Kraftstoffverbrauchs einer Brennkraftmaschine mit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1-10 und nach einem Verfahren nach einem der Ansprüche 11-16, dadurch gekennzeichnet, dass in einer Identifikationsphase bei zumindest einem Betriebspunkt der Brennkraftmaschine mit vorbekanntem Kraftstoffverbrauch der auftretende Scheinverbrauch gemessen und in Abhängigkeit von den zumindest näherungsweise bestimmten Werten für Temperatur und Druck des Kraftstoffs in den Teilvolumina des Messkreises und von wesentlichen Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine, insbesondere von den von der Brennkraftmaschinensteuerung (ECU) ausgegebenen Werten für Drehzahl, aktuellen Kraftstoffverbrauch und Rail-Druck, erfasst wird, wonach aus diesen Daten die für einen Scheinverbrauch maßgeblichen Parameter bestimmt und bei der eigentlichen Verbrauchsmessung modellbezogen berücksichtigt werden.

18) Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine in der Identifikationsphase mit Nullverbrauch geschleppt wird.

19) Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass an sich bekannte selbstlernende Algorithmen zur Anpassung an Änderungen während des Prüfbetriebs und zur laufenden Optimierung der Messgenauigkeit eingesetzt werden, wobei vorzugsweise die gemessenen oder vorgegebenen Werte für insbesondere Drücke, Temperaturen und Kraftstoffverbrauch und die von der Brennkraftmaschinensteuerung ausgegebenen Werte für Drehzahl, Rail-Druck und aktuellen Kraftstoffverbrauch jeweils zumindest mit dem Wert ihrer Änderung gemeinsam ausgewertet werden, um die modellbezogene Redundanz dieser Werte für die Bestimmung wichtiger Systemkenngrößen, insbesondere Volumina, Dichten, Kompressibilitäten, Ausdehnungskoeffizienten, Zeitkonstanten des Ansprechverhaltens der Messleitungen und Sensoren, zu bestimmen.

Fig. 1 (Stand der Technik)

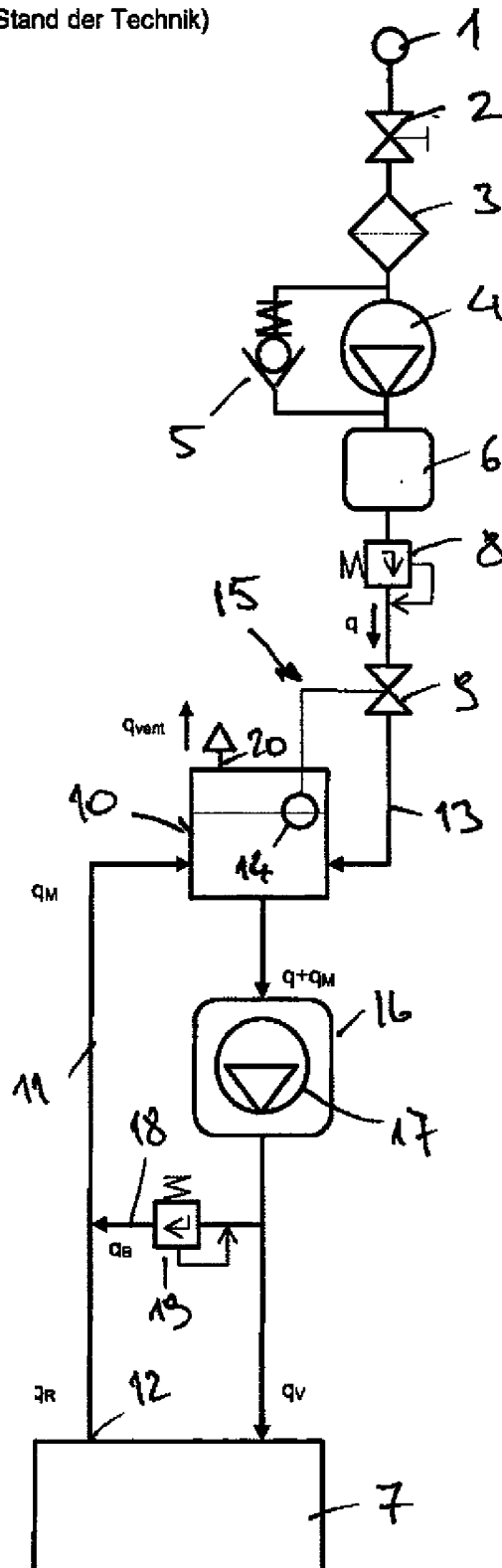


Fig. 2

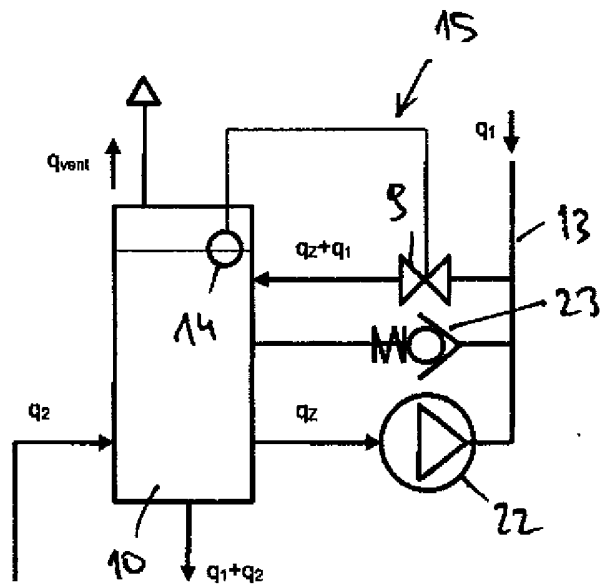


Fig. 3

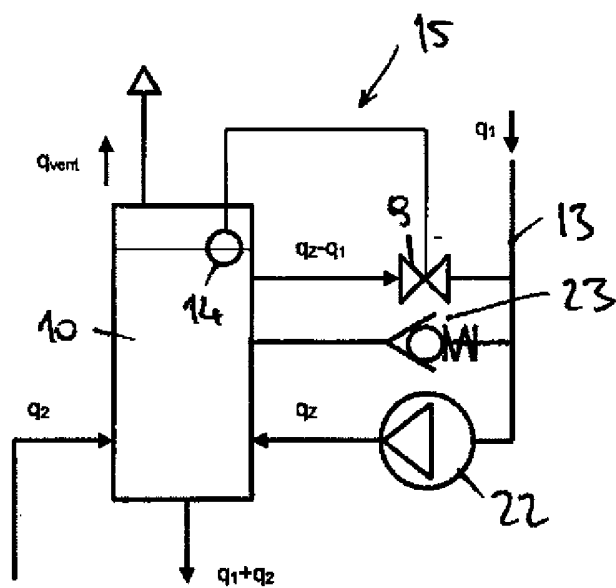


Fig. 4

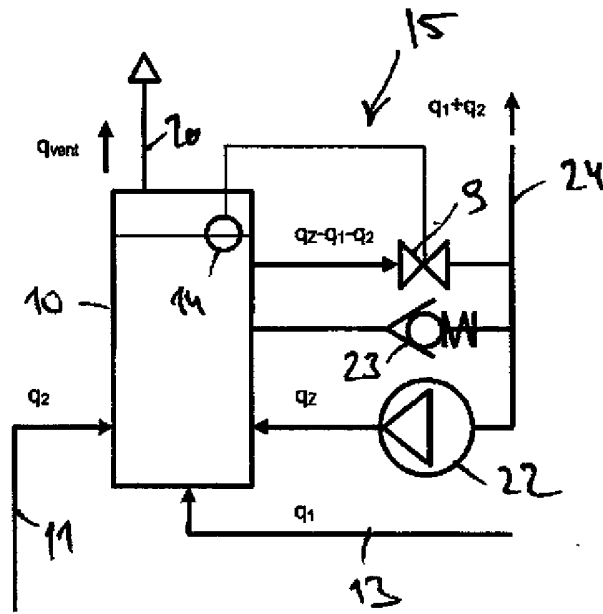


Fig. 5

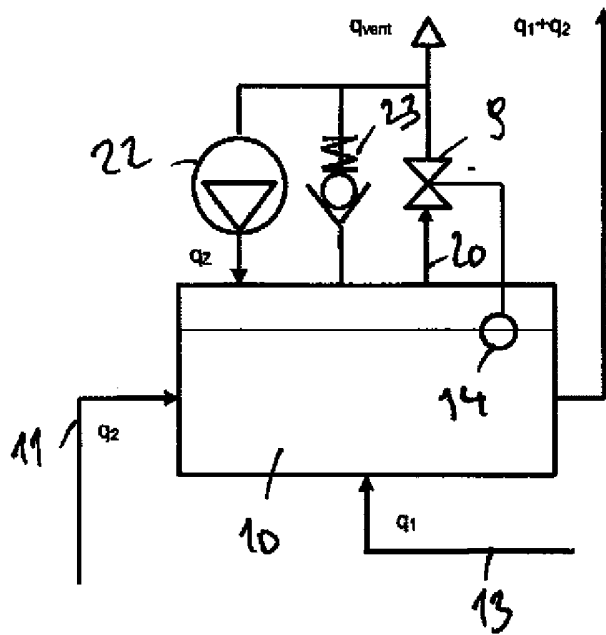


Fig. 6

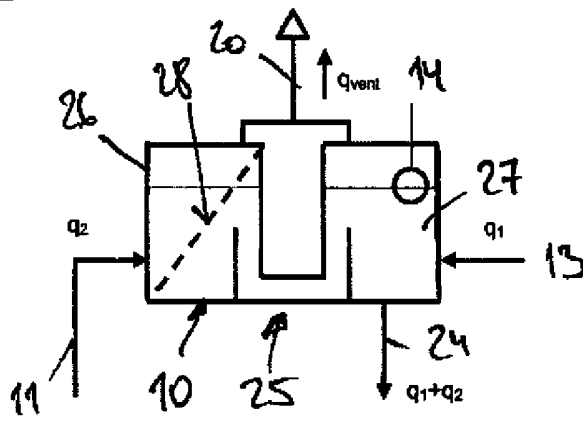


Fig. 8

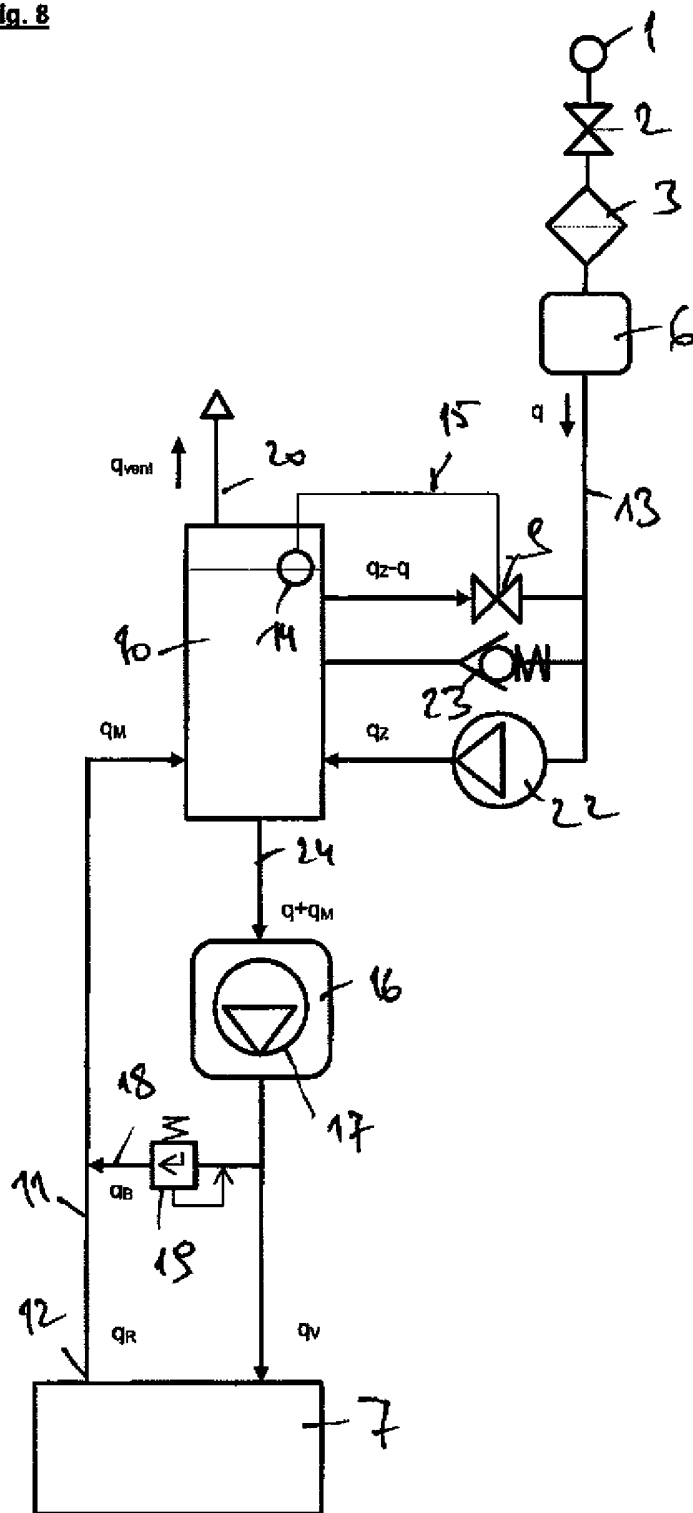


Fig. 9

