

(19)



österreichisches
patentamt

(10)

AT 504 523 A4 2008-06-15

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: **A 21/2007**

(22) Anmeldetag: **04.01.2007**

(43) Veröffentlicht am: **15.06.2008**

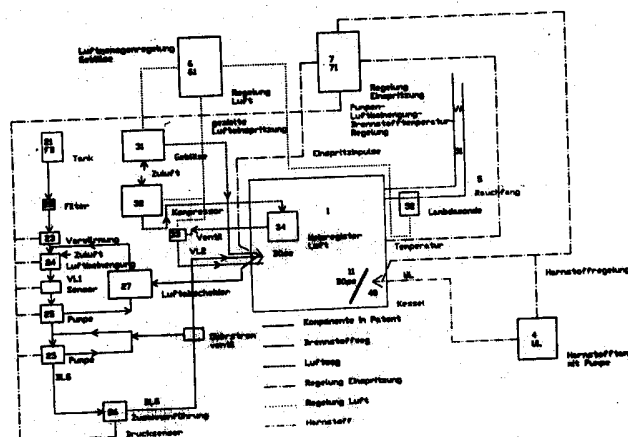
(51) Int. Cl.⁸: **F23D 11/10** (2006.01)

(73) Patentanmelder:

GLÜCK CHRISTOPH ING.
A-7411 MARKT ALLHAU (AT)
ZISCHKA WALTER
A-7411 MARKT ALLHAU (AT)

(54) VERFAHREN ZUM VERFEUERN VON FLÜSSIGEN BRENNSTOFFEN

(57) Verfahren zum Verfeuern von Flüssigbrennstoffen, dadurch gekennzeichnet, dass für einer hochvariable Gesamtheizleistung, insbesondere zumindest im Rahmen zwischen einfacher und fünfzigfacher Heizleistung ein und derselben Anlage -ein Mengenanteil (VL1) der für die Verbrennung insgesamt nötigen Luft (VL) in Form von kleinen Luftbläschen in den Flüssigbrennstoff (FB) eingebracht wird, das erhaltene Flüssigbrennstoff/Luftgemisch (BLG) auf mindestens 50 bar gebracht und intermittierend einer in den Brennraum (10) ragenden Einspritzdüse (20) zugeführt und dort explosionsartig zerstäubt wird, wobei jeweils die Zeitdauer (Δx) des mit jedem Brennstoffeinspritzimpuls (BI) eingebrachten Flüssigbrennstoff/Luftgemisches (BLG) auf einem gewünschten Wert konstant gehalten wird, und wobei die Gesamtmenge des pro Zeiteinheit eingespritzten Flüssigbrennstoff/Luft-Gemisches (BLG) durch Variation der Zeitdauer (Δt) zwischen den konstanten Brennstoffeinspritzimpulsen eingestellt wird, und dass der restliche Mengenanteil (VL2) der Verbrennungsluft (VL) durch eine die Öffnung der Einspritzdüse (20) ringartig umgebende Luftdüse (30), in den Brennraum (10) eingebracht wird.



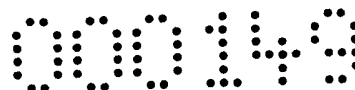
AT 504 523 A4 2008-06-15

Zusammenfassung:

Verfahren zum Verfeuern von Flüssigbrennstoffen, dadurch gekennzeichnet, dass für einer hochvariable Gesamtheizleistung, insbesondere zumindest im Rahmen zwischen einfacher und fünfzigfacher Heizleistung ein und derselben Anlage

- ein Mengenanteil (VL1) der für die Verbrennung insgesamt nötigen Luft (VL) in Form von kleinen Luftbläschen in den Flüssigbrennstoff (FB) eingebracht wird, das erhaltene Flüssigbrennstoff/Luftgemisch (BLG) auf mindestens 50 bar gebracht und intermittierend einer in den Brennraum (10) ragenden Einspritzdüse (20) zugeführt und dort explosionsartig zerstäubt wird, wobei jeweils die Zeitdauer (Δx) des mit jedem Brennstoffeinspritzimpuls (BI) eingebrachten Flüssigbrennstoff/Luftgemisches (BLG) auf einem gewünschten Wert konstant gehalten wird, und wobei die Gesamtmenge des pro Zeiteinheit eingespritzten Flüssigbrennstoff/Luft-Gemisches (BLG) durch Variation der Zeitdauer (Δt) zwischen den konstanten Brennstoffeinspritzimpulsen eingestellt wird, und dass der restliche Mengenanteil (VL2) der Verbrennungsluft (VL) durch eine die Öffnung der Einspritzdüse (20) ringartig umgebende Lufterdüse (30), in den Brennraum (10) eingebracht wird.

(Fig. 1)



Die vorliegende Erfindung betrifft ein neues Verfahren zum Verfeuern von flüssigem Brennstoffen in Heizeinrichtungen, Kesselanlagen od. dgl. mit zumindest einer in einen im Wesentlichen unter Umgebungsdruck stehenden und mit der Außenatmosphäre über die Abgasführung in direktem Kontakt stehenden Brennraum ragenden, mit einem unter Druck stehenden Flüssigbrennstoff intermittierend beschickbaren Einspritzdüse mit in unmittelbarer Nähe von deren Düsenöffnung angeordneter Zuführung für Verbrennungsluft.

Intermittierende Zufuhr des Brennstoffs über Einspritzdüsen in Brennräume von Verbrennungskraftmaschinen einerseits und Heizeinrichtungen sowie Kesselanlagen od. dgl. andererseits sind teilweise schon lange bekannt.

Was den diesbezüglichen Stand der Technik betrifft, seien einige der bekannten Druckschriften nachfolgend angeführt und kurz erörtert:

Aus der DE 1277499 gehen Einrichtungen zum Einspritzen von flüssigem Brennstoff in keramische Öfen mit hohem Druck und großer Impulszahl, insbesondere über besonders ausgebildete Elektroventile als Einspritzvorrichtungen, hervor.

Aus der DE 4113067 ist eine Zuführeinrichtung für flüssigen Brennstoff zu einem Heizungsbrenner, insbesondere Ölbrenner, bekannt, der eine Impulssteuerung aufweist, über die eine Leistungssteuerung auch bei gering eingestellter Leistung möglich ist. Dort ist ein durch entsprechende Impulse steuerbares Schaltventil vorgesehen.

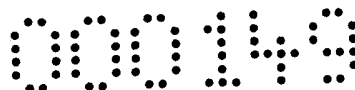
In der DE 10040868 ist ein Verfahren zur Reduzierung thermoakustischer Schwingungen beschrieben, wobei in einen Brenner über eine Brennstoffdüse ein Brennstoff-Luft-Gemisch eingebracht wird und dieser Brennstoff mit einer Frequenz zwischen 1 Hz und 1000 gepulst ist.

Aus der WO 2004/055437 ist eine Einspritzdüse für einen Brenner für flüssigen Brennstoff beschrieben, der auch für geringe Feuerungsraten ausgelegt ist. Hierbei ist ein Ventil vorgesehen, das den Zufluss des Brennstoffs pulsierend gestaltet.

Aus der US 5,158,261 ist ein Kontrollgerät für die Einspritzung eines flüssigen Brennstoffes in den Brenner eines Boilers od. dgl. bekannt, bei dem der Brennstoff über eine Spindel pulsiert und dosiert eingebracht werden kann.

Aus der US 3,798,901 ist eine Vorrichtung bekannt, bei der ein Brennstoffventil zu vorgegebenen Zeitintervallen periodisch öffnet und schließt.

Wenn auch einige dieser bekannten Feuerungs-Verfahren eine Heizleistungs-Variabilität innerhalb gewisser Grenzen aufweisen, hat es bis jetzt an einer Methode gemangelt, bei welcher eine Variation der Heizleistung einer Feuerungsanlage für die verschiedensten Zwecke der Erzeugung von Wärme innerhalb weiter Grenzen bei gleichzeitig über den gesamten Leistungsbereich günstiger Effektivität gesichert ist.



Die Erfindung hat sich die Aufgabe gestellt, ein derartig flexibles und gleichzeitig wärmetechnisch effektives Feuerungs-Verfahren zu schaffen, wobei eine neue, auf diesem Sektor bis jetzt nicht übliche Praxis der intermittierenden Zufuhr des flüssigen Brennstoffes zur Anwendung kommt.

Gegenstand der Erfindung ist somit ein neues Verfahren zum Verfeuern von flüssigen Brennstoffen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, welches die im kennzeichnenden Teil dieses Anspruches angeführten Merkmale aufweist.

Im Sinne der Erreichung einer möglichst hohen Effektivität bei der Nutzung des Brennwertes des Flüssig-Brennstoffs ist eine auf die intermittierende Einspritzung des Brennstoff/Luft-Gemisches abgestimmte Eindüsung eines zweiten Anteils der Verbrennungsluft gemäß Anspruch 2 vorteilhaft.

Es hat sich im Zuge der umfangreichen Untersuchungen im Rahmen der Entwicklung des erfindungsgemäßen Verfahrens als für die Verringerung der umweltschädigenden Komponenten im Verbrennungsabgas bzw. Rauchgas als besonders günstig erwiesen, jeweils abgestimmt auf die Impulse der Einspritzung von Flüssigbrennstoff/Luft-Gemisch und zweitem Verbrennungsluft-Anteil in die Brennkammer etwa im Nahbereich von deren Abgasabführung ebenfalls intermittierend Harnstoff als Lösung einzudüsen, wie dem Anspruch 3 zu entnehmen ist.

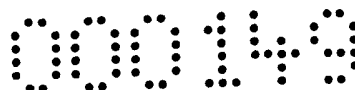
Gemäß dem Anspruch 4 ist eine günstige Art der Regelung der Einbringung der Luftbläschen des ersten Luftanteils in den Flüssig-Brennstoff unter Einsatz entsprechender Sensoren vorgesehen.

Insbesondere zur Verringerung der Gefahr einer Verlegung oder Verstopfung von Einrichtungen der Feuerungsanlage, wie z.B. der Hochdruckpumpe, durch Fest-Fettanteile und/oder zur Verringerung der Viskosität des Flüssigbrennstoffs, insbesondere Bio-Brennstoffs zu dessen verbesserter Verdüsung, ist eine Vorerhitzung desselben, wie dem Anspruch 5 zu entnehmen, von Vorteil.

Die Ansprüche 6 bis 9 geben im Hinblick auf hohe Wärmeausbeuten in dem Heizsystem besonders günstige Brennstoff-Einspritz-Impulszeiten, Intervallzeiten zwischen den Brennstoff-Einspritzimpulsen, Lufteinbringungs-Impulszeiträume und Harnstoffeindüsung-Impulszeiträume wider.

Der Anspruch 10 offenbart eine besonders ökonomische Methode der Vorwärmung des der Brenndüse direkt zuzuführenden zweiten Anteils der Verbrennungsluft.

Der Anspruch 11 hat einen günstigerweise vorgesehenen Einsatz einer Lambda-Sonde zum Gegenstand.



Was eine vorteilhafte Art der konkreten Umsetzung der intermittierenden Zufuhr des Brennstoffs betrifft, so gibt darüber der **A n s p r u c h 12** näher Auskunft.

Der **A n s p r u c h 13** beschäftigt sich mit der Rückführung überschüssigen Brennstoff/Luft-Gemischs aus der Hochdruckpumpe bzw. aus der Einspritzdüse und mit der Abscheidung der darin enthaltenden Luft aus demselben.

Eine günstige Art der Durchführung der Regelung der Lufteinbringungsmenge behandelt der **A n s p r u c h 14**.

Die Frage der Zündung des der Einspritzdüse zugeführten Brennstoff/Luftgemischs ist Gegenstand des **A n s p r u c h s 15**.

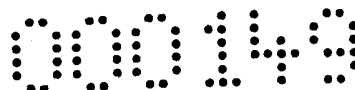
Schließlich ist dem **A n s p r u c h 16** noch eine weitere Luftzuführung in den Brennstoffnebel im Brennraum zu entnehmen.

Das neue Flüssig-Brennstoff-Verfeuerungsverfahren ist insbesondere für Pflanzenöle, Heizöl Leicht und Heizöl Extra Leicht einsetzbar. Dieser Brenner ist in der Lage, zwischen 10 und 100% stufenlos zu modulieren. Um diesen Effekt zu erzielen, ist, wie sich gezeigt hat, zur Erreichung der nötigen Zerstäubung bei Pflanzenöl vorteilhafter Weise ein Druck von über 100 bar oder 200 bar anzuwenden. Infolge dieses hohen Drucks ist ein kontinuierliches Einspritzen in den Brennraum nicht möglich, da auch bei der kleinst möglichen Düse mehr Brennstoff eingespritzt würde, als für die niedrigste Heizleistung des Brenners von 3 kW oder 0,3 l Heizöl bei einem Brennwert von 10 kW/l nötig ist.

Daher ist das pulsierende Einspritzen des Brennstoffes in den Brennraum unbedingt notwendig, um diese bisher nicht erreichte Modulierbarkeit zu erhalten.

Wesentliche Merkmale und Vorteile der neuen Feuerungsanlage sind folgende:

1. Verwendung von Einspritzdüsen in Brennräume, in welchen Umgebungsdruck herrscht und welche nicht für den Antrieb einer Brennkraftmaschine mit Luftkomprimierung dienen.
2. Die Einspritzung in den Brennraum erfolgt über einen Leistungsbereich immer mit jeweils konstanter Einspritzmenge an Flüssig-Brennstoff pro Einspritzung. Die Leistungsmodulierung erfolgt über die Veränderung der Einspritzfrequenz. Die Einspritzmenge pro Einspritzung kann für eine Erweiterung des Leistungsbereiches stufenweise oder stufenlos verändert werden.
3. Es erfolgt Luftbeimengung in den Flüssig-Brennstoff vor dessen Komprimierung, wofür ein erster Anteil der insgesamt für die Verbrennung des Brennstoffs benötigten Menge an Luft eingesetzt wird.
4. Es erfolgt eine Pulsierende gezielte Einblasung von Luft, und zwar des zweiten Anteils der insgesamt zur Verbrennung nötigen Luft in den Brennstoffnebel im Brennraum.



5. Es erfolgt vorteilhaft eine Vorwärmung des pulsierend einzudüsenden zweiten Luft-Anteils durch ein Heizregister im Brennraum.

6. Es erfolgt eine Einspritzung von Harnstoff in den Brennraum, der nur unter Umgebungsdrucks steht und eben nicht Teil einer Brennkraftmaschine ist, bei der vor dem Einspritzen des Brennstoffes die Luft komprimiert wird.

Anhand der Zeichnung wird die Erfindung näher erläutert:

Es zeigen die Fig. 1 ein Schema des neuen Verfahrens und die Fig. 2 ein Diagramm, welches eine typische Abfolge der intermittierenden Eindüsen von Brennstoff/Luft-Gemisch BLG, zweitem Verbrennungsluft-Anteil VL2 und Harnstoff UL in den Brennraum.

Das neue Feuerungsverfahren wird anhand der Funktion einer zu dessen Durchführung vorgesehenen Feuerungsanlage, wie sie die Fig. 1 zeigt, im Detail beschrieben:

Um die Hochdruckpumpe 25 und auch die Zerstäubungs-Düse 20 im Brennraum 10 zu schützen, wird das von einer Tankleuchtungsheizung vorzugsweise vorgewärmte Öl FB aus dem Tank 21 über ein oder mehrere Feinfilter 22 geführt und dort gefiltert. Durch die Vorwärmung wird ein Verkleben des Filters bzw. der Filter 22 mit festen Fettpartikeln verhindert.

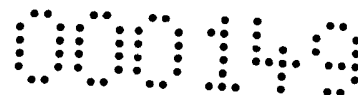
Hat das als Flüssig-Brennstoff FB vorgesehene Öl eine relativ hohe Viskosität, wie z.B. Rapsöl mit $38 \text{ mm}^2/\text{s}$ bei 40°C nach DIN EN ISO 3104, ist es erforderlich, den Brennstoff FB mittels einer, z.B. elektrischen, Heizung 23 auf eine Temperatur von 80°C vorzuwärmen. Diese Vorwärmung 23 trägt zur besseren Einspritzung und auch zur Erhöhung der Betriebssicherheit der Hochdruck-Pumpe 25 bei.

Die diesbezügliche Regelung im Betrieb erfolgt mittels nicht näher gezeigtem Temperatursensor in der schon behandelten Vorwärmeinrichtung 23.

Der Überlauf der Hochdruck-Pumpe 25 wird über einen Luftabschneider 27 direkt nach dem Vorwärmer 23 rückgeführt, um den Verbrauch an elektrischer Vorwärm-Energie im Betrieb zu senken und um gleichzeitig zu erreichen, dass der thermisch behandelte Flüssig-Brennstoff, insbesondere Pflanzenöl nicht mehr in den Tank 21 zurück gelangt, da andernfalls die Lagerfähigkeit des dort gelagerten Öls reduziert würde. Bei Stillstand der erfindungsgemäßen Heizanlage wird die Vorwärmung 23 abgeschaltet und sie wird vor dem Heizen eingeschaltet, um den Brennstoff im Vorwärmer 23 zu erwärmen.

Im Falle des Betriebes mit Heizöl Extra Leicht ist diese Vorwärm-Einrichtung 23 nicht nötig und daher auch nicht aktiv.

Um eine wesentlich bessere und effektivere Verbrennung im Brennraum 10 zu erreichen, wird durch den vorhandenen Unterdruck in der Saugleitung der Hochdruck-



Pumpe 25 in einer Luftbeimengungs-Einrichtung 24 durch eine dünne Injektionslanze, insbesondere mit einer Bohrung von unter 1 mm, in den Massenstrom des Brennstoffs FB und/oder mittels einer anderen Art von Dosiervorrichtung gereinigte und gefilterte Luft, nämlich ein relativ geringer erster Mengenanteil VL1 der insgesamt nötigen Verbrennungsluft VL, in kleinsten Bläschen eingebracht und so dem flüssigen Brennstoff FB beigemischt, und es wird dort ein Flüssigbrennstoff/Luft-Gemisch BLG gebildet.

Besteht in der Saugleitung kein Unterdruck, so wird für die Bläscheneinbringung ein Kompressor eingesetzt. Mittels einem Sensor, insbesondere mittels kapazitivem Sensor, wird nach erfolgter Luftbeimischung die Luftkonzentration im Brennstoff/Luft-Gemisch BLG gemessen und der Regelungseinheit 71 für die Einspritzung gemeldet.

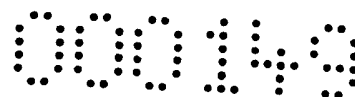
Dabei werden in einer Anwendungsform durch den Sensor zwei unabhängige Signale gesendet, und zwar „Ein“ und „Aus“ über eine Hysterese und ein Analogsignal der Luftkonzentration proportional von 0 bis 10 Volt. Durch „Ein“ und „Aus“ wird nur die Luftbeimischung über ein Ventil zu- und abgeschaltet, um eine zu hohe Luftkonzentration im Brennstoff/Luft-Gemisch BLG zu vermeiden.

Über das Analogsignal des Sensors 71 wird die Luftkonzentration im Brennstoff/Luft-Gemisch BLG über eine nicht gezeigte, geregelte Luftpumpe genau auf den gerade aktuellen Brennstoff-Volumenstrom abgestimmt und entsprechend dosiert beigemischt.

Sind mehrere Pumpen in Serie geschaltet, wird in jeder Druckstufe des Brennstoffs FB bzw. Brennstoff/Luft-Gemischs BLG Luft beigemischt. Mehrere Pumpen können auch zu einer insgesamt mehrstufigen Hochdruck-Pumpe 25 zusammengefasst sein.

Überschüssiges Brennstoff/Luft-Gemisch wird über ein Überstromventil an der Stelle der Hochdruck-Pumpe 25 mit dem höchsten Druck ausgeschieden und kann z.B. vor der letzten Druckpumpe oder vor der Druckpumpe mit dem niedrigsten Druck wieder eingespeist werden.

Durch die Druckerhöhung in der Hochdruck-Pumpe wird das Volumen der Luft-Bläschen um mehr als das 100-Fache verringert, sie haben dann z.B. einen Durchmesser von unter 0,5 mm. Beim Austritt aus der Zerstäubungsdüse 20 des Brenners im Brennraum 10 kommt es dann zu einer explosionsartigen Expansion der Luftbläschen, welche zusätzlich zur Zerstäubung des Brennstoffs beitragen. Ebenso ist in dem Austrittsstrahl der Zerstäubungs-Düse 20, nämlich zugeführt über die Düse 30 schon weitere Luft, nämlich der zweite Verbrennungsluft-Anteil VL2, enthalten, welcher die Verbrennung verbessert.



Mittels der Hochdruckpumpe 25 wird der Druck in der Leitung zur Zerstäubungsdüse 20 auf z.B. über 100 bar erhöht. Dabei können Pumpenelemente unterschiedlicher Technologien in einem Gehäuse integriert sein.

Wird im Brenner eine mechanische Einspritzdüse 20 eingesetzt, bei welcher die Düsennadel erst bei einem Mindestdruck abhebt und beim Unterschreiten des Öffnungsdrucks schließt, so wird der pulsierende Druck für die Einspritzung in einer Einspritzpumpe erzeugt. Die Einspritzmenge wird über die in der Einspritzpumpe komprimierte Menge an Flüssig-Brennstoff geregelt, wodurch sich für die Zerstäubungsdüse 20 unterschiedliche Öffnungszeiten bzw. -dauern ergeben.

Verfügt der Brenner über eine elektromechanische Magnetventil-Einspritzdüse 20 oder über eine Piezo-Einspritzdüse 20, so wird mittels der genannten Pumpe nur während des Brennerbetriebes der nötige Betriebsdruck erzeugt, welcher nicht direkt mit dem Einspritzzyklus in Zusammenhang steht.

Zur Sicherstellung des zu erbringenden Druckes und des benötigten Volumenstroms können verschiedene Verfahren eingesetzt werden: So wird entweder eine Druckregelung, eine Regelung über das zugeführte Volumen oder eine Regelung eingesetzt, welche eine Kombination aus diesen beiden Varianten darstellt. Die eingespritzte Menge an Flüssig-Brennstoff/Luft-Gemisch BLG und damit des Brennstoffs FB wird entweder durch die Öffnungsdauer und Öffnungsweite des Magnetventils oder durch die Öffnungsdauer der Piezo-Einspritzdüse geregelt.

Die Öffnungsfrequenz bleibt in beiden Fällen konstant und es wird zur Brennstoffmengenregelung eben nur die Öffnungsdauer und Öffnungsweite geändert. Das überschüssige Brennstoff-Öl der Hochdruckpumpe 25 einerseits und der Einspritzdüse 20 andererseits wird durch eine Überschuss- und Leckleitung über den Luftabscheider 27 dem Brennstoffkreis nach der Vorwärmung wieder zugeführt.

Bei Brennern höherer Leistung wird die Pumpenleistung mittels Frequenzumformer geregelt, um den elektrischen Energieverbrauch zu senken. Dabei wird bei geringer Leistung der Volumenstrom in der genannten Überschussleitung verringert. Dabei wird die Leistung und Drehzahl der Hochdruckpumpe 25 über einen Drucksensor in deren Hochdruckbereich geregelt.

Durch eine Luftanreicherung des Flüssig-Brennstoffes ist aus dem überschüssigen Brennstoff der Hochdruckpumpe 25 und der Einspritzdüse 20 vor dessen Wiederaufführung zur Hochdruckpumpe 25 die dort enthaltene Luft abzuscheiden. Dafür dient ein Absetzgefäß mit Luftabscheider 27 in dem Brennstoff-Überlaufkreis. Durch die geringere Viskosität, insbesondere infolge höherer Temperatur, werden die größeren Luftbläschen aus dem Brennstoff schnell abgeschieden. Bei konstant herrschender

Temperatur und Druck ist der Volumenstrom in der Überschussleitung im Absetzgefäß 27 entscheidend.

Verfügt die Einspritzpumpe 25 über mehrere Hochdruckanschlüsse zu den Einspritzdüsen, wie z.B. bei Brennkraftmaschinen, so können diese über einen oder mehrere Sammler bzw. Zusammenführungen 26 jeweils auf eine mechanische Düse zugeführt werden. Abhängig von der Anzahl der Hochdruckanschlüsse und Sammler kann die Drehzahl reduziert werden, um das gewünschte Einspritzintervall zu erhalten. Die Reihenfolge der Hochdruckanschlüsse ist nur relevant beim Einsatz von mehr als einer Einspritzdüse.

Bei Einsatz einer elektromechanischen Einspritzdüse entfällt dieser Teil und wird durch einen Teil mit Querschnittserhöhung ersetzt.

Mittels der Einspritzdüse 20 wird in Abhängigkeit von der Hochdruck-Pumpe 25 das Brennstoff- Luftgemisch BLG feinst zerstäubt und im unter Umgebungsdruck stehenden Brennraum 10, der eben nicht als Brennkraftmaschine eingesetzten neuen Feuerungsanlage mit dem über z.B. eine Ringdüse 30 zugeführten Anteil VL2 an Verbrennungsluft VL ohne Komprimierung gemischt und verteilt.

Hauptsächliches Anwendungsgebiet ist die Verwendung in Heizkesselanlagen zur Erwärmung von Wasser für Heiz- Prozess- und Warmwasserbereitungs- Wärmeenergie.

Trotz der pulsierenden bzw. intermittierenden Einspritzung kommt es zu einer ständigen, also ununterbrochenen Verbrennung des Brennstoff/Luft-Gemisches BLG im Brennraum 10, sodass nur eine anfängliche Entzündung desselben nötig ist.

Beim Einsatz von mechanischen oder elektromechanischen Einspritzdüsen ist zum Unterschied zu Brennkraftmaschinen die Einspritzdauer und somit die Einspritzmenge konstant und die Leistung wird über die Einspritzzyklen pro Zeiteinheit geregelt.

Dadurch ist beim Einsatz einer zusätzlichen Einspritzung einer Harnstofflösung UL in den Brennraum 10 für die Reduktion von NO_x in den durch die Abführung 52 entweichenden Verbrennungsabgasen VA die Einspritzmenge des über Düse 40 im Abschnitt 11 des Brennraums 10 in Nähe der Abgasabführung 52 aus dem Harnstofftank 4, ebenfalls intermittierend eingebrachten Harnstoffs UL auch konstant.

Im Zuge der Verdichtung bei der Beimengung von Luft in den Flüssig-Brennstoff erfolgen die Angaben in kWh/kg oder nur in kg.

Durch die erfindungsgemäß erreichbare, hohe und gleichzeitig stufenlose Modulierbarkeit des Brenners 300 werden je nach Einsatz und Art bzw. Bau des Kessels die Brennstoffmengen nach oben und unten begrenzt.

Exemplarisch sei ein Brenner für die maximale Heizleistung eines Brennraums 10 bzw. Kessels von 25 kW angeführt: Hier werden von der niedrigsten Heizleistung

0,3 kg/h (= 3kWh) Rapsöl stufenlos und an die geforderte Heizlast und Förderleistung der Pumpen in den Heizkreisen angepasst, durch Vorlauf- und Rücklaufregelung bis zu 2,5 kg/h (= 25 kWh) Rapsöl eingespritzt. Somit entspricht die minimale Heizleistung einer Einspritzung von 0,0833 g/s und bei maximaler Heizleistung des Beispiels 0,6944 g/s.

An den sonstigen heiztechnischen Angaben treten keine Veränderungen ein, egal, ob mechanische oder elektromechanische Einspritzdüsen Einsatz finden.

Zur Reduktion von NOX wird, wie schon erwähnt, nach der Hauptverbrennung des Flüssig-Brennstoffs in die bereits vor-abgekühlten Rauchgase VA am Ende der Verbrennung Harnstoff UL in den Brennraum 1 eingespritzt bzw. eingedüst. Es wird ein direkter zeitlicher Zusammenhang zwischen der Einspritzung des Brennstoff/Luft-Gemischs BLG und jener des Harnstoffs UL eingehalten. Im Unterschied zu Brennkraftmaschinen liegt das Rauchgas bzw. Verbrennungsabgas VA in einem nicht komprimierten Zustand vor und wird somit auch in keinem Zyklus für eine Expansionsarbeit eingesetzt, abgesehen von dem Druckaufbau durch die Strömungswiderstände innerhalb des Rauchgasweges 52.

Zur Entzündung des Flüssigbrennstoff- bzw. Öl/Luftgemischs BLG wird vorteilhafter Weise eine Hochspannungs- Lichtbogen- Zündeinrichtung eingesetzt.

Mittels einer Luftbegrenzungsclappe wird je nach Heizleistung die durch den Brennraum 1 geführte, im Heizregister 34 vorgewärmte oder aber nicht vorgewärmte Frischluftmenge im Zulauf begrenzt, um für die Verbrennung das jeweils optimale Mischverhältnis von Luft VL und Flüssig-Brennstoff FB zu erhalten.

Durch die stufenlose Modulierbarkeit der Menge an Flüssig-Brennstoff FB ist gefordert, dass auch die Menge der Luft in dem über die Lufteinbringungs-Düse 30 des Brenners in den Brennraum 10 eingebrachten zweiten Anteil VL2 an Verbrennungsluft VL anzupassen. Somit wird die gesamte Luftmenge moduliert.

Der Stellwert für den Stellantrieb der Luftbegrenzungsclappe wird durch die Lambdasonde 51 am Beginn der Abgasabführung 52 bestimmt. Daraus folgt, dass die Luftmenge aus den Hochdruckanschlüssen die insgesamt zur Verbrennung benötigte Luftmenge zur Verbrennung minus der Luftmenge, welche schon im Brennstoff/Luft-Gemisch vorhanden ist, beträgt.

Die Regelung der Luftmenge insgesamt erfolgt mittels der Luftmengenregelungseinheit 61 für das Gebläse 31 für die Zuführung von zusätzlicher Luft über eine Luftzufuhröffnung 313 in Nähe der Düse 20 und 30 in den Brennraum 10 und für den für die intermittierende Zufuhr des zweiten Anteils VL2 an Verbrennungsluft VL verantwortlichen Kompressor 32.

Bei Brennern mit höherer Leistung erfolgt vorteilhafterweise zusätzlich eine Drehzahlregelung über Frequenzumformer, um den Verbrauch des Gebläses 31 bzw. Kompressors 32 an elektrischer Energie zu senken.

Um im unteren Leistungsbereich die Abgas-Verluste zu senken, wird nicht nur das Brennstoff/Luftgemisch BLG pulsierend bzw. intermittierend eingespritzt, sondern im Wesentlichen im Intervall dieser Einspritzungen erfolgt, wie erwähnt, die zusätzliche, pulsierende, gezielte Einblasung des zweiten Anteils VL2 an Verbrennungsluft VL über mindestens eine Lufteinbringungsdüse 30 des Brenners in den Brennstoffnebel im Brennraum 10.

Diese Luft wird im komprimierten Zustand über ein im Brennraum 10 befindliches Heizregister 34 geführt und dort aufgewärmt, um eine leichtere Entzündung zu erreichen und somit die Verbrennung zu optimieren und die Luft wird über ein Ventil 33 der Düse 30 zugeführt.

Der Brenner benötigt zur Regelung der Gemischzusammensetzung und somit zur Abgaszusammensetzung einen Messwertgeber, der die Abgase messen kann bzw. erkennen kann, ob das Gemisch zu fett oder zu mager ist. Diese Aufgabe übernimmt nun die Lambdasonde 51 von der geringsten Teillast bis zu Volllast. Sie misst ständig durch eine vergleichende Sauerstoffmessung den Sauerstoffanteil im Abgas, der nach der Verbrennung überbleibt.

Die Lambdasonde 51, welche im Rauchgasabzug 52 positioniert ist, liefert die Regelabweichung zu den optimalen Brenndaten welche über den Stellmotor an der Luftbegrenzungsclappe über die Regelstrecke ausgleicht. Da die Abgaswerte unter der Betriebstemperatur von 300°C der Lambdasonde 51 liegen, ist es günstig, wenn dieselbe mit einer Heizung ausgestattet ist. Die Aufheizung erfolgt sofort mit dem Anforderungssignal, um schon beim Zündvorgang regeln zu können. Die dadurch zustande kommende Luftdrosselung nach dem Luftspülen kommt dem Effekt des Zündens zu Gute und eine zu magere Sauerstoffversorgung wird erst ausgeregelt.

Durch den pulsierenden Betrieb des Brenners wird zur Senkung der Abgasverluste die Lambdasonde 51 bei geringer Heizleistung im unteren optimalen Messbereich derselben betrieben. Um eine stabile Regelung zu erhalten wird die Ausregelung der Regeldifferenz proportional zur Zeitdifferenz zwischen zwei Einspritzungen verzögert.

Alle Elemente der Zündeinrichtung, Ablaufsteuerung und Sicherheitseinrichtungen sind laut Norm standardmäßig ausgebildet.

Die beim erfindungsgemäßen Verfahren einzusetzende Regelung mit der Aufgabe, die Einspritzintervalle zu steuern, hat insbesondere folgende zwei Aufgaben zu erfüllen,

nämlich Temperaturregelung des Energieträgermediums und Leistungsanpassung an den jeweils momentanen Verbrauch an Wärme

Der Aufgabe der nach dem neuen Verfahren zu betreibenden Anlage entsprechend, ist die Temperatur des Energieträgermediums konstant oder gemäß eingegebener Parameter variabel. Durch die Erfassung der Ausgangstemperatur wird in Abhängigkeit von den Anforderungen die mittlere Summentemperatur der Verbrennungsimpulse und Zeiten bzw. Intervalle zwischen den Verbrennungsimpulsen in der Brennkammer durch Änderung der Brennstoffmenge geregelt.

Ein entscheidendes Kriterium ist letztlich die benötigte Heizleistung. Dabei variiert die Vorlauftemperatur, um die Heizleistung an den Heizkörpern einer Heizanlage zu regeln. Bei konstanter Fließgeschwindigkeit des Heizmediums entspricht die benötigte Heizleistung der Differenz von Vorlauf und Rücklauf am Heizkessel. Die Aufgabe der Regelung ist es, diese einmal eingestellte Differenz konstant zu halten.

Zu diesem Zweck wird die eingespritzte Brennstoffmenge alleine durch das erfindungsgemäße Variieren der Einspritzfrequenz verändert. Durch die gleichzeitig erfolgende Konstanthaltung der Brennstoff-Einspritzmenge pro Einspritz-Takt ist auch die Menge des eingebrachten Harnstoffes UL pro Einspritz-Takt nahezu konstant und ist nicht explizit auszuregeln, sondern wird durch die jeweils eingestellte Brennstoff/Luft-Gemisch-Einspritzdauer und somit -Einspritzmenge als alleinige Führungsgröße gesteuert.

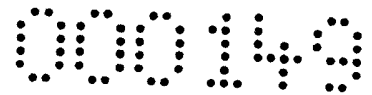
Die Fig. 2 zeigt ein konkretes Schema des zeitlichen Verlaufs der Einspritzungen von Brennstoff/Luft-Gemisch, zweitem Mengenanteil VL2 der Verbrennungsluft VL und Harnstofflösung UL in den Brennraum 10.

In y-Richtung sind die maximalen Mengen an Brennstoff/Luft-Gemisch-Einspritzimpulsen BLI, und an kurz vor deren Beginn jeweils schon beginnenden und erst kurz nach dessen Ende ebenfalls endenden Einbringungs-Impulsen des der Düse 30 zugeführten zweiten Mengenanteils VL2 der insgesamt benötigten Verbrennungsluft VL und des im hier etwa $\Delta t = 9,2$ ms dauernden Intervall II zwischen diesen beiden Einbringungs-Impulsen eingebrachten Impulses UI der auf der kühlen Seite des Brennraums 10 über die dortige Düse 40 in denselben eingebrachten Harnstofflösung UL aufgetragen.

In x-Richtung ist die Zeit in ms aufgetragen, und es sind dort die kurzen Zeiträume Δt zwischen dem Beginn des Luft-Impulses LI und dem Beginn des Brennstoff-Einspritz-Impulses und Δg zwischen dem Ende desselben und dem Ende des Luftimpulses LI sowie die Zeit zwischen Beginn und Ende jedes der Brennstoff/Luftgemisch-Impulses BLI abzulesen.

Patentansprüche:

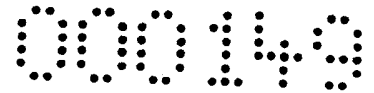
1. Verfahren zum Verfeuern von flüssigem Brennstoffen in Heizeinrichtungen, Kesselanlagen od. dgl. mit zumindest einer in einem im Wesentlichen unter Umgebungsdruck stehenden und mit der Außenatmosphäre über die Abgasführung (11) in direktem Kontakt stehenden Brennraum (1) ragenden, mit einem unter Druck stehenden Flüssigbrennstoff (FB) intermittierend beschickbaren Einspritzdüse (20) mit in unmittelbarer Nähe von deren Düsenöffnung (201) angeordneter Zuführung (30) für Verbrennungsluft (VL), dadurch gekennzeichnet,
- dass zur Erreichung einer hohen Variabilität der Gesamt-Heizleistung einer Anlage, insbesondere zumindest im Rahmen zwischen einfacher und fünfzigfacher Heizleistung ein und derselben Anlage
- ein geringer erster Mengen-Anteil (VL1) der für eine tatsächlich vollständige Verbrennung des Flüssigbrennstoffs (FB) nötigen Luft (VL) in Form von Luftbläschen mit geringem Durchmesser in den Flüssigbrennstoff (FB) eingebracht wird,
 - dass das so gebildete Flüssigbrennstoff/Luft-Gemisch (BLG), bevorzugt mehrstufig, auf einen Druck von mindestens 50 bar, insbesondere von mindestens 100 bar, gebracht und intermittierend einer in den Brennraum (10) der Anlage ragenden Brennstoff/Luft-Einspritzdüse (20) zugeführt und von dort in den Brennraum (10) hinein explosionsartig feinst zerstäubt wird,
 - wobei jeweils die Zeitdauer (Δx) und somit die Menge des mit jedem einzelnen Brennstoff-Einspritzimpuls (BI) eingebrachten Flüssigbrennstoff/Luft-Gemisches (BLG) auf einem jeweils gewünschten bzw. heizleistungsnötigen Wert konstant gehalten wird,
 - dass die, die Heizleistung der Anlage bestimmende Gesamt-Menge des pro Zeiteinheit in den Brennraum (10) eingespritzten Flüssigbrennstoff/Luft-Gemisches (BLG) durch Variation der Zeitdauer (Δt) der Intervalle bzw. Pausen (II) zwischen den einzelnen mengenmäßig untereinander gleichen bzw. konstanten Brennstoff/Luft-Einspritzimpulsen (BLI) eingestellt bzw. geregelt wird, und
 - dass der im wesentlichen restliche, zweite größere Mengenanteil (VL2) der Verbrennungsluft (VL) durch eine im Nahbereich der Öffnung der Brennstoff/Luft-Einspritzdüse (20) angeordnete, bevorzugt durch eine diese Öffnung ringartig umgebende Luftdüse (30), in den Brennraum (10) eingebracht wird.



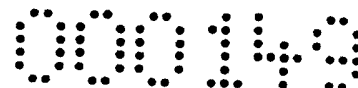
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass auch die Zufuhr des im wesentlichen restlichen größeren Mengenanteils (VL2) der Verbrennungsluft (VL) in den Nahbereich der Düsenöffnung (201) der Brennstoff/Luft-Einspritzdüsen (20) intermittierend vorgenommen wird, und zwar bevorzugt in der Weise, dass jeder der Lufteinbringungsimpulse (LI) jeweils eine kurze Zeitspanne (Δf) vor dem Beginn der einzelnen Brennstoff/Luft-Einspritzimpulses (BLI) beginnt und ebenfalls jeweils eine kurze Zeitspanne (Δg) nach dem Ende jedes einzelnen Brennstoff/Luft-Einspritzimpulses (BLI) endet.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass - zur Einhaltung der Grenzen der Stickoxid-Emission in den Verbrennungsabgasen (VA) - in den Bereich (11) des Brennraumes (10), von dem mindestens eine Abgasabführung (51) ausgeht, über mindestens eine Harnstoff-Einspritzdüse (40) ebenfalls intermittierend, eine Harnstofflösung (UL) eingedüst wird, wobei jeweils unter Anpassung an die Menge der jeweils pro Brennstoff/Luft-Einspritzimpuls (BLI) durch die Brennstoff/Luft-Einspritzdüse (20) eingebrachten Menge an Flüssigbrennstoff/Luft-Gemisch (BLG), die pro Harnstoff-Einspritzimpuls (UI) eingebrachte Harnstoffmenge geregelt wird, und so der Beginn des jeweiligen Harnstoff-Eindüsimpulses (UI) erst jeweils innerhalb eines kurzen Zeitintervalls nach dem Ende jedes der Einspritzimpulse (BLI) des Flüssigbrennstoff/Luft-Gemisches (BLG) und vor Beginn des jeweils nächsten Brennstoff/Luft-Einspritzimpulses (BLI), vorzugsweise innerhalb eines Zeitraums, in welchem keine Flamme in den Brennraum (10) brennt, vorgenommen wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass mittels mindestens eines entsprechenden Sensors die aktuelle reale Menge des ersten Mengenanteils (VL1) an Verbrennungsluft (VL), der in Form von kleinen Luftbläschen in den Flüssigbrennstoff (FB) eingebracht wird bzw. worden ist, bzw. der sich dort befindlichen tatsächlichen Menge an Flüssigbrennstoff (FB) durch kontinuierliche Messung der kapazitiven, densitometrischen und/oder Strahlungs-Absorptionseigenschaften des Flüssigbrennstoff/Luftgemisch-Stroms (BLG) vor dessen Eintritt in die Hochdruck-Brennstoffpumpe (25) bestimmt wird und dass mittels der von dem genannten Sensor erhobenen Daten der in den Flüssigbrennstoff (FB) nötigerweise einzubringende erste, geringere Mengenanteil (VL1) der tatsächlich nötigen Verbrennungsluft (VB) an eine Luftbeimengungsvorrichtung (24) steuernde Regelungseinheit (61) abgegeben wird.



5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet, dass die Viskosität des Flüssigbrennstoffs (FB) vor Einbringung des ersten, geringeren Verbrennungsluft-Mengenanteils (VL1) in denselben für die Bildung des Flüssigtreibstoff/Luft-Gemisches (BLG) durch Vorerhitzung (23) des Flüssigbrennstoffes (FB), insbesondere für den Fall, dass es sich um einen rezenten bzw. Bio-Brennstoff, wie z.B. Rapsöl, handelt, auf einen die Fließ- und Zerstäubungsfähigkeit an der Brennstoff/Luft-Einspritzdüse (20) gewährleistenden Wert abgesenkt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge (Δx) bzw. Zeitdauer der Brennstoff/Luft-Einspritzimpulse (BLI) jeweils für einen bestimmten Heizleistungsbereich der Anlage auf einen jeweils dann konstant gehaltenen Wert von 1 bis 100 ms, vorzugsweise von 1 bis 10 ms, und insbesondere von 2,5 bis 5 ms, eingestellt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitspannen bzw. Intervalle (Δt) zwischen den einzelnen, für einen bestimmten Heizleistungsbereich der Anlage eingestellten und konstant gehaltenen Brennstoff/Luft-Einspritzimpulsen (BLI) zwischen 0,1 ms und 1 s, vorzugsweise zwischen 1 und 10 ms, variiert werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitspannen (Δf , Δg) für die Einbringungsimpulse (LI) des restlichen bzw. zweiten, größeren, intermittierend eingebrachten Mengenanteils (VL2) der Verbrennungsluft (VL) zur Brennstoff/Luft-Einspritzdüse (20) von zwischen 0,1 bis 1,0 ms vor Beginn bis 0,1 bis 0,5 ms nach Ende jedes Brennstoff/Luft-Einspritzimpulses (BLI) eingestellt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Harnstoff-Einspritzimpulse (UI) eine Dauer von 0,5 bis 10 ms, insbesondere von 1 bis 5 ms aufweisen und im Wesentlichen etwa in der Mitte des Zeitintervalls (Δt) zwischen dem Ende eines vorhergegangenen Brennstoff/Luft-Einspritzimpulses (BLI) und dem Beginn des darauf folgenden Brennstoff/Luft-Einspritzimpulses (BLI) vorgenommen werden.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der restliche bzw. zweite größere Mengenanteil (VL2) der im Bereich der Flüssigbrennstoff/Luft-Einspritzdüse (20) zuzuführenden Verbrennungsluft (VL) zu dessen bzw. deren Erhitzung durch einen Wärmetauscher (34) im Brennraum (10) der Anlage geleitet wird.



11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelung der Zuführung, insbesondere des restlichen bzw. zweiten, größeren Mengenanteils (VL2) der Verbrennungsluft (VL) mittels einer an die Luftzufuhr-Regelungseinheit (61) angeschlossenen, in der Verbrennungsabgas-Abführung (52) angeordneten Lambda-Sonde (51) vorgenommen wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die intermittierende Zufuhr des Flüssigbrennstoff/Luft-Gemisches (BLG) zur Brennstoff/Luft-Einspritzdüse (20) und/oder des restlichen bzw. zweiten, größeren Mengenanteils (VL2) der Verbrennungsluft (VL) zur Lufteinbringungsdüse (30) mittels mindestens eines von der Regelungseinheit (61) gesteuerten bzw. steuerbaren Ventils (31) bewerkstelligt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das überschüssige Flüssigbrennstoff/Luft-Gemische (BLG) der Hochdruckpumpe (25) und/oder der Brennstoff/Luft-Einspritzdüse (20) vor Wiedereinführung in die Hochdruckpumpe (25) in einen Absetzgefäß (27) mit Luftabscheider von der im genannten Gemisch (BLG) enthaltenden Luft reduziert wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge des pro Lufteinbringungsimpulses (LI) durch die Lufteinbringungsdüse (30) in den Brennraum (10) eingebrachte Verbrennungsluft (VL) entweder mittels der Öffnungsdauer und/oder Öffnungsweite und/oder Druck der Verbrennungsluft (VL2) eines der genannten Luft-Einbringungsdüse (30) vorgeschalteten Ventils (33) oder mittels der Öffnungsdauer der Einspritzdüse (30) selbst, insbesondere einer Piezo-Einspritzdüse, geregelt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass für die Zündung des Flüssigbrennstoff/Luft-Gemisches (BLG) eine Hochspannungslichtbogen-Zündeinrichtung und/oder Glühkerze eingesetzt wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass im Nahbereich der Brennstoff-Einspritzdüse (20), eine gesonderte, von einem Gebläse (31), gegebenenfalls ebenfalls intermittierend mit Luft (LU) versorgbare Luftzuführung (313) für eine gegebenenfalls gewünschte bzw. notwendige Einblasung von Luft in den Brennstoffnebel im Brennraum (10) angeordnet ist.

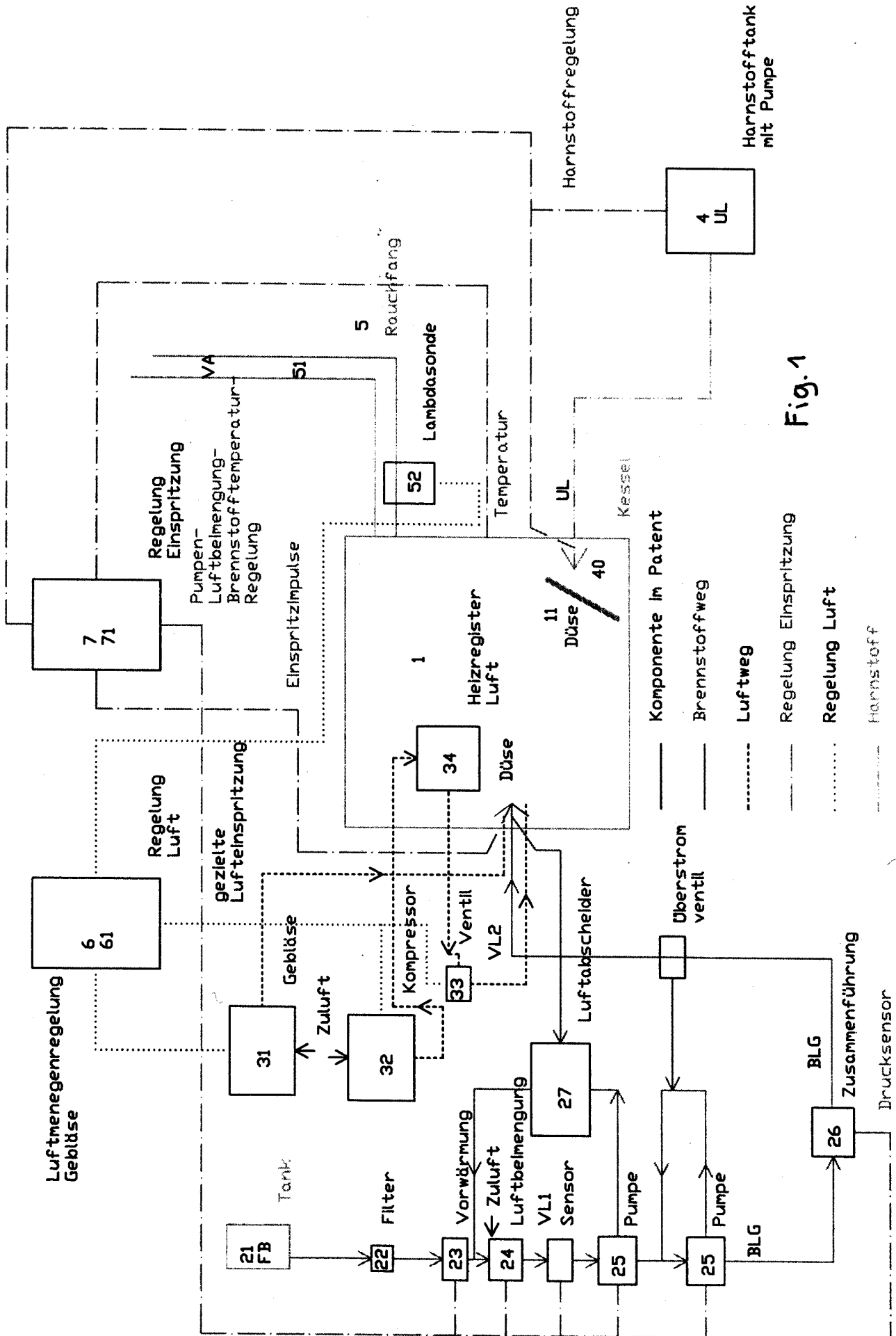


Fig. 1

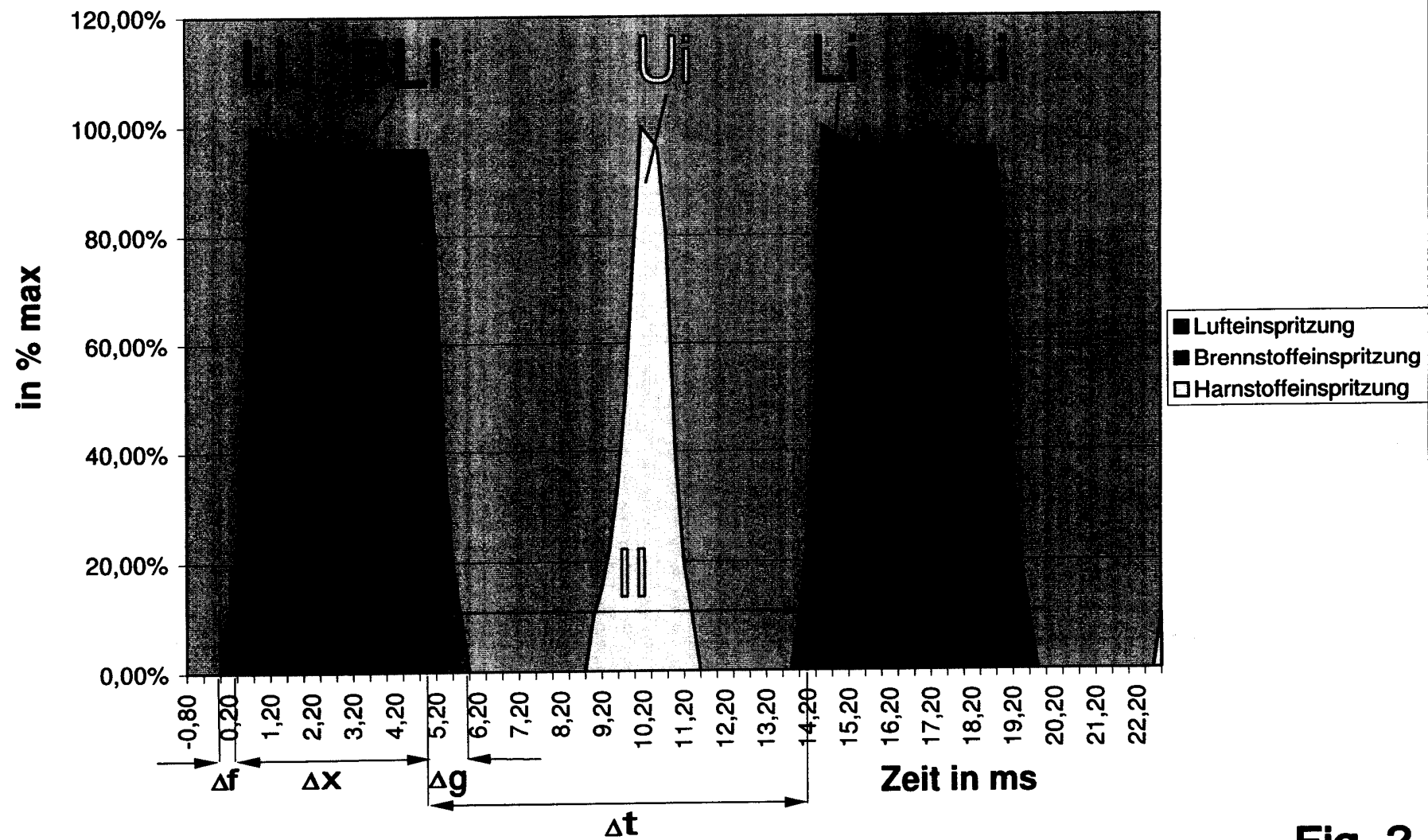


Fig. 2