

(19)



(11)

**EP 1 828 488 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**23.07.2008 Patentblatt 2008/30**

(51) Int Cl.:  
**E02D 7/12 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **05822549.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2005/012791**

(22) Anmeldetag: **01.12.2005**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2006/072297 (13.07.2006 Gazette 2006/28)**

(54) **DIESELHAMMER**

DIESEL PILE HAMMER

MOUTON DIESEL

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI  
SK TR**

(30) Priorität: **23.12.2004 DE 102004062043**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**05.09.2007 Patentblatt 2007/36**

(73) Patentinhaber: **Delmag GmbH & Co. KG  
73730 Esslingen (DE)**

(72) Erfinder:  
• **HEICHEL, Matthias**  
**64832 Babenhausen (DE)**  
• **MEWES, Stefan**  
**72770 Reutlingen (DE)**

(74) Vertreter: **Ostertag, Reinhard et al**  
**Ostertag & Partner**  
**Patentanwälte**  
**Epplestr. 14**  
**70597 Stuttgart (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**US-A- 4 580 641** **US-A- 4 860 835**

**EP 1 828 488 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen Dieselhammer mit

- a) einem Zylinder;
- b) einem in dem Zylinder verschiebbar geführten Kolben;
- c) einem in dem Zylinder verschiebbar geführten Schlagstück, welches in der Betriebsstellung des Dieselhammers unterhalb des Kolbens angeordnet ist;
- d) einem Arbeitsraum, der axial von einer im Inneren des Zylinders liegenden Stirnfläche des Schlagstücks und einer Stirnfläche des Kolbens begrenzt ist;
- e) einer Kraftstoffzuführeinrichtung, durch die bei jedem Arbeitszyklus eine vorgegebene Menge Kraftstoff, insbesondere Dieselöl, in den Arbeitsraum einbringbar ist.

**[0002]** Derartige Dieselhämmer, die auch als Dieselbären bezeichnet werden, werden insbesondere bei Gründungsarbeiten in der Bauindustrie zum Einrammen von Pfählen aller Art, wie Betonpfählen, Eisenträgern, Spundwandelementen oder dergleichen, in einen Baugrund eingesetzt.

**[0003]** Zum Starten eines solchen Dieselhammers wird der Kolben mit Hilfe einer Ausklinkvorrichtung nach oben gezogen und in einer bestimmten Höhe freigegeben, worauf er unter Einwirkung der Schwerkraft nach unten fällt. Der Kolben betätigt beim Niederfallen eine Kraftstoffpumpe, wodurch einer oder mehreren Einspritzdüsen Kraftstoff, insbesondere Dieselöl, zugeführt wird, die den Kraftstoff in den Arbeitsraum des Zylinders einspritzen.

**[0004]** Beim Niederfallen des Kolbens wird die im Arbeitsraum des Zylinders befindliche Luft komprimiert und dadurch derart erhitzt, daß sich das im Arbeitsraum vorliegende Kraftstoff/ Luft-Gemisch entzündet, worauf es explosionsartig verbrennt.

**[0005]** Die dabei freiwerdende Explosionsenergie schleudert einerseits den Kolben zu einem neuen Arbeitszyklus wieder nach oben und treibt andererseits das Rammgut in den Boden.

**[0006]** Bei solchen Dieselhämmern sind zwei Typen mit unterschiedlichen Arten zum Einspritzen von Kraftstoff in den Arbeitsraum bekannt.

**[0007]** Bei einer ersten Einspritzart, der Hochdruck-Einspritzung, wird der Kraftstoff während der Kompression der Luft durch den fallenden Kolben mit hohem Druck meist in Form eines fein zerstäubten Kraftstoffnebels in den Arbeitsraum des Zylinders eingespritzt. Dieser Nebel bildet zusammen mit der Luft ein zündfähiges Gemisch. Der Kraftstoff entzündet sich bei der Hoch-

druck-Einspritzung bereits während des Kompressionsvorganges, sobald die komprimierte Luft eine Temperatur erreicht, die zur Entzündung des Kraftstoffgemisches ausreicht.

**[0008]** Durch die explosionsartige Verbrennung baut sich im Arbeitsraum ein hoher Druck auf, durch den einerseits der Kolben abgebremst wird. Andererseits wirkt dieser Verbrennungsdruck auf das Schlagstück, welches eine Kraft auf das Rammgut ausübt, wodurch dieses in den Boden eingetrieben wird.

**[0009]** Der Verdichtungs Vorgang endet spätestens mit dem Auftreffen des Kolbens auf das Schlagstück, wobei der Kolben, der ja bereits vor dem Auftreffen auf das Schlagstück durch die expandierenden Verbrennungsprodukte abgebremst wurde, nicht mit voller kinetischer Energie auf das Schlagstück aufschlägt. Zeitweise, insbesondere bei einem harten Baugrund, kann sogar der Fall auftreten, daß der Kolben das Schlagstück überhaupt nicht berührt und ohne vorherigen Kontakt mit dem Schlagstück durch die Verbrennungsgase wieder nach oben geschleudert wird. Unter solchen Bedingungen wirkt das Schlagstück nur über das Verbrennungsgas-Polster auf das Rammgut ein.

**[0010]** Daher eignen sich Dieselhämmer, bei denen eine Hochdruckeinspritzung verwendet wird, weniger zum Einrammen von schwerem Rammgut oder bei schwierigen Bodenverhältnissen mit harten Schichten.

**[0011]** Zudem wird ein derartiger Dieselhammer im Betrieb sehr heiß und das System der Hochdruck-Einspritzung neigt bei Überhitzung zu Fehlzündungen. Ein solches System ist zudem reparaturanfällig und hat einen verhältnismäßig komplizierten Aufbau. Dies bringt den Nachteil mit sich, dass ein Dieselhammer mit Hochdruck-Einspritzung auf Baustellen vor Ort nur schlecht oder gar nicht reparierbar ist.

**[0012]** Vorteile der Hochdruck-Einspritzung liegen bei einer guten, relativ rückstandsfreien Verbrennung und einem guten Startverhalten des Dieselhammers sowie einer guten Rammwirkung bei weichen Bodenschichten.

**[0013]** Die zweite Einspritzart ist die sogenannte Schlagzerstäubung, die im Gegensatz zur Hochdruck-Einspritzung auch als Niederdruck-Einspritzung bezeichnet werden kann.

**[0014]** Dort wird der Kraftstoff zu Beginn des Kompressionsvorganges mit niedrigerem Druck, meist in Form eines Kraftstoffstrahls, in den Arbeitsraum eingebracht und liegt danach zunächst als Kraftstofffläche auf der oberen Stirnseite des Schlagstücks.

**[0015]** Die Luft im Arbeitsraum wird durch den niederfallenden Kolben solange komprimiert, bis dieser auf das Schlagstück aufschlägt. In diesem Moment wird der flüssige Kraftstoff durch die auftreffende Kolbenfläche zerstäubt und entzündet sich in diesem Zustand in der heißen komprimierten Luft. Der Kolben wird dann durch die Explosion nach oben geschleudert, worauf ein weiterer Arbeitszyklus beginnen kann.

**[0016]** Bis zum Aufschlagen auf das Schlagstück wird der Kolben lediglich durch die im Arbeitsraum befindliche

und durch ihn komprimierte Luft in seinem Fall gebremst. Dies bedeutet, die Bewegungsenergie des Kolbens wird zum großen Teil auf das Schlagstück übertragen, wodurch bei gleichem Gewicht des Kolbens deutlich höhere Schlagkräfte auf das Rammgut ausgeübt werden können als dies bei der oben erläuterten Hochdruck-Einspritzung der Fall ist. Der Aufschlag des Kolbens auf das Schlagstück erfolgt zeitlich vor der Verbrennung des Kraftstoffes.

**[0017]** Dieselhämmer, die eine Niederdruck-Einspritzung verwenden, sind weniger gut dafür geeignet, bei geringen Bodenwiderständen eingesetzt zu werden. In diesen Fällen verringert sich die Kompression auf Grund des geringeren Widerstandes des Erdreiches, denn bereits der sich aufbauende Kompressionsdruck wird über das sich nach unten bewegendes Schlagstück auf das Rammgut übertragen. Der Arbeitsraum wird dadurch faktisch vergrößert, was wiederum auf Kosten des Kompressionsdruckes geht.

**[0018]** Die Verbrennung läuft somit bei weichen Böden nur mit verminderter Qualität ab, was zu unerwünschten Rückständen (Ruß, unverbrannter Kraftstoff in den Verbrennungsgasen) führen kann, die die Umwelt belasten.

**[0019]** Vorteilhaft bei der Schlagzerstäubung ist, daß die Bewegungsenergie des Kolbens effektiv genutzt wird, da der Kolben hart auf dem Schlagstück aufschlägt. Zudem neigt ein Dieselhammer mit Schlagzerstäubung weniger zu einer Überhitzung, ist weniger stör anfällig und einfacher zu bedienen als ein Dieselhammer mit Hochdruck-Einspritzung.

**[0020]** Bislang mußte bei Dieselhämmern der Nachteil in Kauf genommen werden, daß ein nach einem der beiden Arbeitsprinzipien arbeitender Dieselhammer immer nur bestimmten örtlichen Gegebenheiten Rechnung tragen konnte. Stellte sich vor Ort heraus, daß die Bodenbeschaffenheit anders war oder wurde als vorausgeplant, mußte entweder mit dem nicht optimalen Gerät weitergearbeitet werden oder ein anderer Dieselhammer beschafft werden, was zu Zeitverlust und höheren Kosten führte.

**[0021]** Durch die Erfindung soll ein Dieselhammer geschaffen werden, der bei unterschiedlichen Bodenverhältnissen mit guter Schlageffektivität bei guter Verbrennungsqualität einsetzbar ist.

**[0022]** Diese Aufgabe ist bei einem Dieselhammer der eingangs angesprochenen Art dadurch gelöst, daß

f) die Kraftstoffzuführeinrichtung derart ausgebildet ist, daß der Kraftstoff in einer ersten Einspritzart als zerstäubter Kraftstoffnebel und in einer zweiten Einspritzart als Kraftstoffstrahl in den Arbeitsraum eingespritzt wird.

**[0023]** Dadurch wird es ermöglicht, daß der Dieselhammer bei weichen Bodenverhältnissen mit Hochdruck-Einspritzung arbeiten, bei harten Bodenschichten jedoch mit der oben angesprochenen Schlagzerstäubung betrieben werden kann.

**[0024]** So ist eine Anpassung der Wirksamkeit des Dieselhammers bei gleichzeitiger Optimierung der Verbrennung, die ja teilweise ebenfalls von dem Bodenwiderstand abhängt, an weiche oder harte Schichten des Bodens gewährleistet.

**[0025]** Es ist günstig, wenn der Kraftstoffnebel der ersten Einspritzart im wesentlichen senkrecht zur Bewegungsrichtung des Kolbens in der Nähe der oberen Stirnfläche des Schlagstücks in den Arbeitsraum einströmt. Dadurch wird eine gute Verteilung des Kraftstoffnebels im Arbeitsraum erreicht, was zu einer insgesamt guten und effektiven Verbrennung des entstehenden Kraftstoff/Luft-Gemischs führt.

**[0026]** Vorteilhaft wird der Kraftstoffstrahl der zweiten Einspritzart derart in den Arbeitsraum des Zylinders eingespritzt, daß er schräg auf die kolbenseitige Stirnfläche des Schlagstücks trifft. So ist gewährleistet, daß sich der flüssige Kraftstoff gut über die Stirnfläche verteilt, was zu einer besseren Zerstäubung beim Auftreffen des Kolbens auf das Schlagstück und damit zu einer guten und effektiven Verbrennung führt.

**[0027]** Ein baulich einfach umzusetzender Dieselhammer ergibt sich aus derjenigen Ausführungsform, bei der die Kraftstoffzuführeinrichtung wenigstens eine Hochdruck-Einspritzvorrichtung und wenigstens eine Niederdruck-Einspritzvorrichtung umfaßt, denen über jeweils eine Leitung durch wenigstens eine Kraftstoffpumpe, deren Einlaß mit einem Kraftstofftank kommuniziert, bei jedem Arbeitszyklus des Dieselhammers eine bestimmte Menge Kraftstoff zuführbar ist.

**[0028]** Auf diese Weise können vorteilhaft bereits bekannte Komponenten einer Hochdruck-Einspritzung bzw. einer Niederdruck-Einspritzung zur Realisierung eines erfindungsgemäßen Dieselhammers verwendet werden.

**[0029]** Es ist günstig, wenn die jeweils über eine Hochdruck-Einspritzvorrichtung und die jeweils über eine Niederdruck-Einspritzvorrichtung zugeführte Kraftstoffmenge einstellbar ist, vorzugsweise über die Kraftstoffpumpe selbst. Dadurch kann die Schlagintensität des Dieselhammers an unterschiedliche Bodenverhältnisse, je nach Härte des Baugrundes, angepasst werden.

**[0030]** Alternativ ist auch die Verwendung steuerbarer Drosseln oder in der Öffnungszeit steuerbarer Ventile möglich.

**[0031]** Eine gut funktionierende und zeitlich zuverlässig auf einen Arbeitszyklus des Dieselhammers abgestimmte Einspritzung des Kraftstoffes wird erzielt, wenn der niederfallende Kolben die Kraftstoffpumpe oder ein Einspritzventil steuert oder betätigt.

**[0032]** Ein Zusetzen der zumeist sehr feinen Einspritzdüsen der Hochdruck-Einspritzvorrichtung wird auf einfache Weise verhindert, wenn die Kraftstoffpumpe der Hochdruck-Einspritzvorrichtung bei jedem Arbeitszyklus eine Mindestmenge Kraftstoff zuführt. Dadurch wird die Einspritzdüse bei jedem Zyklus von Kraftstoff durchströmt und somit von Verunreinigungen befreit bzw. davon freigehalten.

**[0033]** Ein eine effektive Verbrennung gewährleisten-der Verbrennungsraum ist gegeben, wenn die den Arbeitsraum des Zylinders begrenzende Stirnfläche des Kolbens durch eine umlaufende radial außenliegende Stufe abgesetzt ist. So ist der Verbrennungsraum, der gebildet ist, wenn die Stirnfläche des Kolbens auf der inneren Stirnfläche des Schlagstücks aufliegt, toroidförmig und weist ein verhältnismäßig geringes Volumen auf.

**[0034]** Gemäß weiterer Fortbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Kraftstoff in einer dritten Einspritzart sowohl als zerstäubter Kraftstoffnebel als auch als Kraftstoffstrahl in den Arbeitsraum des Zylinders eingespritzt wird.

**[0035]** Man kann so einen Übergang zwischen der ersten und der zweiten Einspritzart realisieren.

**[0036]** Nachstehend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. In dieser zeigen:

Figur 1 einen dem Baugrund zugewandten unteren Abschnitt eines Dieselhammers in teilweisem Schnitt;

Figur 2 und 3 eine Niederdruck-Einspritzvorrichtung mit Kraftstoffpumpe, deren Betätigungsstößel in unterschiedlichen Ausgangsstellungen gezeigt ist; und

Figur 4 schematisch eine elektronische Steuerung der Kraftstoffmenge, die dem Arbeitsraum zugeführt wird.

**[0037]** Figur 1 zeigt einen Dieselhammer 10 mit einem beidseitig offenen Zylinder 12, der in der Praxis eine Länge von 5 bis 10 m und einen Durchmesser von 0,5 bis 1 m aufweisen kann.

**[0038]** In dem Zylinder 12 läuft ein Kolben 14. Ein hierzu koaxiales Schlagstück 16 greift verschiebbar in das offene untere Ende des Zylinders 12 ein. Das untere Ende des Zylinders 12 trägt eine mittels Schrauben; von denen in der Figur eine mit dem Bezugszeichen 18 gekennzeichnet ist, befestigte ringförmige Lagereinheit 20. In dieser ist ein mittiger Schaftabschnitt 22 des Schlagstücks 16 dicht und verschiebbar geführt, der einen gegenüber dem Innendurchmesser des Zylinders 12 verminderten Außendurchmesser hat.

**[0039]** An das untere Ende des Schaftabschnitts 22 ist eine unterhalb des Zylinders liegende Schlagplatte 24 angeformt, deren außenliegende untere konvexe Begrenzungsfläche 26 im Betrieb mit dem oberen Ende eines einzutreibenden Rammgutes wie einem Betonpfahl, einem Eisenträger, einem Spundwandelement oder dergleichen zusammenarbeitet.

**[0040]** An das obere Ende des Schaftabschnitts 22 des Schlagstücks 16 ist ein Kolbenabschnitt 28 mit mehreren umlaufenden, axial beabstandeten Dichtringen 30 angeformt, die auf der Innenmantelfläche 32 des Zylinders 12 laufen. Die Oberseite des Kolbenabschnitts 28 begrenzt

zusammen mit der Unterseite des Kolbens 14 und der Umfangswand des Zylinders 12 einen Arbeitsraum 34. Die dem Arbeitsraum 34 des Zylinders 12 zugewandte Stirnfläche 36 des Schlagstücks 16 ist plan mit einer flachen Brennstoffmulde 37 geschliffen.

**[0041]** Zwischen der Schlagplatte 24 des Schlagstücks 16 und der Lagereinheit 20 des Zylinders 12 ist ein Dämpfungsring 38 angeordnet. Ein weiterer Dämpfungsring 40 ist in der Nähe der Lagereinheit 20 zwischen der Oberseite der Lagereinheit 20 und der Unterseite des Kolbenabschnitts 28 des Schlagstücks 16 wirksam.

**[0042]** Im Inneren des Zylinders 12 läuft oberhalb des Schlagstücks 16 ein mit umlaufenden, axial beabstandeten Dichtringen 42 versehenes unteres Arbeitsende 44 des Kolbens 14.

**[0043]** Die untere freie plan geschliffene Stirnfläche 46 des Kolbens 14 ist durch eine radial außenliegende umlaufende Stufe 48 abgesetzt, so daß sich eine toroidförmige Gestalt des Verbrennungsraumes bildet, wenn die Stirnfläche 46 des Kolbens 14 auf der Stirnfläche 36 des Schlagstücks 16 aufliegt.

**[0044]** Das Arbeitsende 44 des Kolbens 14 ist an einen Massenabschnitt 50 desselben angeformt, der sich in den hier nicht dargestellten oberen Abschnitt des Zylinders 12 hinein erstreckt.

**[0045]** Um den Kolben 12 zum Starten des Dieselhammers ein erstes Mal anzuheben, weist der Massenabschnitt 50 eine hier nicht gezeigte Mitnahmeschulter auf, an welcher ein ausklinkbarer Haken einer hier ebenfalls nicht dargestellten Hebevorrichtung angreifen kann.

**[0046]** An der Umfangswand des Zylinders 12 ist eine Hochdruck-Einspritzvorrichtung 52 mit einer schematisch angedeuteten Kraftstoffpumpe 53 und einer Hochdruck-Einspritzdüse 54 angeordnet. In der in der Figur gezeigten oberen Endstellung des Schlagstücks 16, wenn also eine obere Ringfläche 56 der Schlagplatte 24 des Schlagstücks 16 gegen den Dämpfungsring 38 anliegt, mündet die Einspritzdüse 54 der Hochdruck-Einspritzvorrichtung 52 knapp oberhalb der Stirnfläche 36 des Schlagstücks 16 in den Arbeitsraum 34 des Zylinders 12.

**[0047]** Neben der Hochdruck-Einspritzdüse 54 können (vorzugsweise auf gleicher Höhe) weitere Hochdruck-Einspritzdüsen gleich verteilt in der Umfangswand des Zylinders 12 angeordnet sein.

**[0048]** Die Hochdruck-Einspritzdüse 54 ist über eine Leitung 58 mit dem Auslaß der auf der Außenseite des Zylinders 12 angeordneten Kraftstoffpumpe 53 verbunden, deren Einlaß mit einem mit Dieselöl gefüllten Kraftstofftank 55 kommuniziert. Die Kraftstoffpumpe 53 wird über einen Betätigungsstößel 57 betätigt, wenn der Kolben 14 nach unten fällt.

**[0049]** Die Hochdruck-Einspritzvorrichtung 52, insbesondere deren Einspritzdüse 54, ist so ausgebildet, daß sie das ihr zugeführte Dieselöl mit hohem Druck im wesentlichen als fein zerstäubten Nebel 76 in den Arbeitsraum 34 des Zylinders 12 einspritzt. Die Einspritzdüse 54 ist dabei so ausgerichtet, daß das Dieselöl im wesent-

lichen senkrecht zur Bewegungsrichtung des Kolbens 14 eingespritzt wird.

**[0050]** Eine weitere Kraftstoffpumpe 60, die durch einen ins Innere des Zylinders 12 vorgespannten Betätigungsstößel 61 beim Fallen des Kolbens 14 angetrieben wird, ist förderseitig über eine Leitung 64 mit einer Niederdruck-Einspritzdüse 66 verbunden und bildet mit dieser eine Niederdruck-Einspritzvorrichtung 68. Die Kraftstoffpumpe 60 kommuniziert mit einem mit Dieselöl gefülltem Kraftstofftank 62. Die Niederdruck-Einspritzvorrichtung 68 ist axial von der Hochdruck-Einspritzvorrichtung 52 in Richtung auf das obere Ende des Zylinders 12 beabstandet an und in der Umfangswand des Zylinders 12 vorgesehen. Ihre Einspritzdüse 66 ist derart ausgebildet und ausgerichtet, daß der abgegebene Kraftstoff in einem im wesentlichen zusammenhängenden Strahl etwa mittig auf die Stirnfläche 36 des Schlagstücks 16 gespritzt wird.

**[0051]** Auch hier können ergänzende weitere Niederdruck-Einspritzdüsen vorzugsweise auf gleicher Höhe liegend wie die Niederdruck-Einspritzdüse 66 um den Umfang des Zylinders 12 verteilt sein.

**[0052]** Insgesamt bilden also die Hochdruck-Einspritzvorrichtung 52, die Niederdruck-Einspritzvorrichtung 68 und die Kraftstofftanks 55 und 62 gemeinsam eine Kraftstoffzuführeinrichtung.

**[0053]** Die Kraftstoffpumpen 53 und 60 sind unabhängig voneinander in ihrer Fördermenge einstellbar, so daß die der Hochdruck-Einspritzdüse 54 und die der Niederdruck-Einspritzdüse 66 zugeführte Kraftstoffe kontinuierlich variierbar ist, wie nachfolgend noch erläutert wird.

**[0054]** Oberhalb der Niederdruck-Einspritzvorrichtung 68 ist die Umfangswand des Zylinders 12 von schräg nach oben verlaufenden Arbeitsstutzen 70 und 72 durchsetzt, wie dies aus der Figur ersichtlich ist. Über sie wird Verbrennungsluft angesaugt und werden Verbrennungsgase abgegeben.

**[0055]** Schließlich umfaßt der Dieselhammer 10 hier nicht extra dargestellte Schmiermittelpumpen und in Umfangsrichtung des Zylinders 12 verteilte Schmiermitteldüsen, über die Schmiermittel zwischen den Kolben 14 und die Innenmantelfläche 32 des Zylinders 12 gegeben wird.

**[0056]** Die Figuren 2 und 3 zeigen die Kraftstoffpumpe 60 der Niederdruck-Einspritzvorrichtung 68, wobei ihr Betätigungsstößel 61 in zwei unterschiedlichen Ausgangsstellungen gezeigt ist.

**[0057]** Der Betätigungsstößel 61 erstreckt sich durch die Umfangswand des Zylinders 12 hindurch. Er endet außen in einem Pumpenkolben 80 und im Inneren des Zylinders 12 in einem in einer passenden Ausnehmung 81 in der Umfangswand des Zylinders 12 laufenden keilförmigen Betätigungsabschnitt 82, die über eine Kolbenstange 84 miteinander verbunden sind. Eine zum Innenraum des Zylinders 12 zeigende konkave Betätigungsfläche 86 des Betätigungsabschnitts 82 weist eine Krümmung auf, die derjenigen der Innemantelfläche 32 des Zylinders 12 entspricht, und ist nach oben und radial nach

außen geneigt.

**[0058]** Je nach Ausgangsstellung des Betätigungsstößels 61 ragt dessen Betätigungsfläche 86 vollständig, wie in Figur 2 zu erkennen ist, oder mit einem unteren Bereich, was in Figur 3 gezeigt ist, in den Innenraum des Zylinders 12 hinein.

**[0059]** Etwa mittig zwischen dem Pumpenkolben 80 und dem Betätigungsabschnitt 82 ist mit der Kolbenstange 84 eine nach oben weisende Anschlagplatte 88 verbunden, welche mit einer radial verstellbaren gehäusefesten Anschlagplatte 90 einer Hubeinstelleinrichtung 92 zusammenarbeitet. Die Anschlagplatte 90 läuft über eine Gewindebohrung 94 auf einer radial nach außen verlaufenden Gewindespindel 96, die über einen Servomotor 98, der in der Zeichnung nur schematisch angedeutet ist, verdreht werden kann.

**[0060]** Der Pumpenkolben 80 läuft in einem außen an der Umfangswand des Zylinders 12 angeordneten Pumpenzylinder 100, welcher einen Kraftstoffauslaß 102, der mit der Einspritzdüse 66 kommuniziert, und einen Kraftstoffeinlaß 104 aufweist, der mit dem Kraftstofftank 62 in Fluidverbindung steht.

**[0061]** Der Betätigungsstößel 61 wird durch eine Feder 106 stets in Richtung auf den Innenraum des Zylinders 12 gedrückt, so daß die Anschlagplatte 88 in der Ausgangsstellung gegen die Anschlagplatte 90 der Hubeinstellvorrichtung 92 anliegt.

**[0062]** Die Figur 2 zeigt diejenige Stellung der Anschlagplatte 90, in welcher der Pumpenkolben 80 seinen größten Hub hat. Dies bedeutet, daß in dieser Stellung der Anschlagplatte 90 die von der Kraftstoffpumpe 60 pro Hub abgegebene Kraftstoffmenge maximal ist.

**[0063]** Wird nun, ausgehend von der in Figur 2 gezeigten Stellung, die Gewindespindel 96 der Einstellvorrichtung 92 verdreht, wird die Anschlagplatte 90 radial nach außen bewegt.

Dadurch verringert sich der Hub des Pumpenkolbens 80 im Pumpenzylinder 100 und damit das Volumen des Arbeitsraums 108 der Kraftstoffpumpe, was so zu einer Verringerung derjenigen Kraftstoffmenge führt, die pro Hub gefördert werden kann. Eine solche Stellung der Hubeinstelleinrichtung 92 ist in Figur 3 gezeigt.

**[0064]** Die Hochdruck-Einspritzvorrichtung 52 kann dem oben erläuterten Ausführungsbeispiel der Niederdruck-Einspritzvorrichtung 68 entsprechend ausgebildet sein. Komponenten der Hochdruck-Einspritzvorrichtung 52 sind in den Figuren 2 und 3 mit entsprechenden Bezugszeichen versehen.

**[0065]** Die durch die Hochdruck-Einspritzvorrichtung 52 bzw. durch die Niederdruck-Einspritzvorrichtung 68 in den Arbeitsraum 34 des Zylinders 12 abgegebene Kraftstoffmenge ist folglich durch die jeweilige Stellung der zugehörigen gehäusefesten Anschlagplatte 90 vergebbar.

**[0066]** In Figur 4 ist eine elektronische Steuerung der dem Arbeitsraum 34 des Zylinders 12 zugeführten Kraftstoffmenge gezeigt, wobei denjenigen der Figuren 1 bis 3 entsprechende Komponenten mit denselben Bezugs-

zeichen gekennzeichnet sind.

**[0067]** Die Hochdruck-Einspritzdüse 54 und die Niederdruck-Einspritzdüse 66 stehen jeweils mit einem federbeaufschlagten Magnetventil 110 in Fluidverbindung. Letztere kommunizieren jeweils mit einem unter Druck stehenden Kraftstoffspeicher 112, die von den entsprechenden Kraftstoffpumpen 53 bzw. 60 über Rückschlagventile 113 gespeist sind.

**[0068]** Die Kraftstoffmenge, die der Hochdruck-Einspritzdüse 54 bzw. der Niederdruck-Einspritzdüse 66 zugeführt werden soll, wird einem Rechner 114 mit einem Anzeigemonitor 116 über ein Tastenfeld 118 eingegeben. Als Eingabeparameter sind auch Angaben über die vorliegenden Bodenverhältnisse möglich, anhand derer dann von einer entsprechenden Software geeignete Daten für die Hochdruck-Einspritzvorrichtung 52 und die Niederdruck-Einspritzvorrichtung 68 berechnet werden.

**[0069]** Der Rechner 114 berechnet aus den Eingabedaten denjenigen Zeitraum, über den die Magnetventile 110 geöffnet werden, wodurch entsprechend deren Öffnungsdauer eine bestimmte Kraftstoffmenge durch die Hochdruck-Einspritzdüse 54 bzw. durch die Niederdruck-Einspritzdüse 66 in den Arbeitsraum 34 des Zylinders 12 eingespritzt wird.

**[0070]** Die vom Rechner ermittelten Öffnungszeiten werden einer Steuereinheit 120 übermittelt, die diese als Steuersignale an jeweils einen steuerbaren Monoflop 122 der Hochdruck-Einspritzvorrichtung 52 bzw. der Niederdruck-Einspritzvorrichtung 68 weitergibt.

**[0071]** Die Monoflops 122 stehen eingangsseitig über Kontaktklemmen 124 mit in Figur 4 lediglich schematisch angedeuteten in die Kolbenbahn ragenden Betätigungsstößeln 126 in Verbindung und werden bei einer Bewegung der Betätigungsstößel 126 aktiviert. Alternativ können berührungsfrei arbeitende Sensoren eingesetzt werden, die ansprechen, wenn der Kolben 14 beim Fallen eine vorgegebene Stellung erreicht.

**[0072]** Ausgangsseitig sind die Monoflops 122 jeweils mit einem Verstärker 128 verbunden, der das verstärkte Signal der Monoflops 122 an das entsprechende Magnetventil 110 leitet, worauf dieses entsprechend der jeweils eingestellten Impulsbreite des Monoflops 122 seine Offenstellung einnimmt. Ist die Schaltzeit der beiden Monoflops 110, die für die Hochdruck-Einspritzvorrichtung 52 und für die Niederdruck-Einspritzvorrichtung 68 unterschiedlich gewählt sein kann, erreicht, werden die Magnetventile 110 durch Federkraft wieder in ihre Schließstellung überführt.

**[0073]** Somit bilden ein Magnetventil 110, ein Kraftstoffreservoir 112 und ein Monoflop 122 gemeinsam eine in der Förderleistung steuerbare Kraftstoffquelle.

**[0074]** Der oben beschriebene Dieselhammer 10 arbeitet folgendermaßen:

**[0075]** Im Ausgangszustand sei der Kolben 12 durch die bereits angesprochene nicht dargestellte Haltevorrichtung in eine obere Stellung angehoben. Nach Ausklinken fällt er von dort unter Einwirkung der Schwerkraft nach unten, verschließt die Arbeitsstutzen 70 und 72 und

betätigt mit seiner Stirnfläche 46 die Betätigungsstößel 57, 61 der Hochdruckeinspritzvorrichtung 52 bzw. der Niederdruck-Einspritzvorrichtung 68.

**[0076]** wird die in den Figuren 2 und 3 gezeigte Ausführungsform der Einspritzvorrichtungen 52 bzw. 68 verwendet, so bedeutet dies, daß der Kolben 14 von oben auf die Betätigungsfläche 86 des Betätigungsabschnitts 82 des Betätigungsstößels 61 trifft. Beim weiteren Niederfallen des Kolbens 14 wird dieser, in den Figuren 2 und 3 nach links, verschoben. Dadurch wird der Pumpenkolben 80 in Richtung auf den Auslaß 102 des Pumpenzylinders 100 verschoben, wodurch der im Arbeitsraum 108 befindliche Kraftstoff zur Einspritzdüse 54 bzw. 66 gefördert und in den Arbeitsraum 34 des Zylinders eingespritzt wird.

**[0077]** Dort bildet sich, sei es schon durch das Hochdruck-Einspritzen, sei es durch Schlagzerstäubung, ein zündfähiges Gemisch aus Kraftstofftröpfchen und Luft. Die Einspritzdüsen 54 und 66 werden nun einzeln oder in Kombination, je nach Einstellung der Kraftstoffpumpen 53 und 60, eine bestimmte Menge Dieselöl in der jeweils oben geschilderten Art in den Arbeitsraum 34 des Zylinders 12 einspritzen. Soll eine der Einspritzvorrichtungen 52, 68 keinen Kraftstoff in den Arbeitsraum 34 des Zylinders 12 einspritzen, so wird ihr Betätigungsstößel 57 bzw. 61 durch Steuerung des Servomotors 98 so weit radial nach außen verschoben, bis der jeweilige Betätigungsabschnitt 86 nicht mehr in den Innenraum des Zylinders 12 ragt.

**[0078]** Bei der Verwendung einer elektronischen Steuerung, die in Figur 4 gezeigt ist, werden die gewünschten Parameter über den Rechner 114 programmiert. Soll dabei eine der beiden Einspritzvorrichtungen 52, 68 keinen Kraftstoff in den Arbeitsraum 34 des Zylinders 12 einspritzen, so wird in diesem Fall das entsprechende Monoflop 122 auf Impulsbreite null gesteuert, so daß das entsprechende Magnetventil 110 beim Niederfallen des Kolbens 14 nicht geöffnet wird.

**[0079]** Mit dem Aufschlagen des Kolbens 14 auf das Schlagstück 16 und/oder über das Gaskissen zwischen Kolben und Schlagstück wird auf das Schlagstück und über dieses auf das Rammgut eine nach unten gerichtete Kraft ausgeübt, welche das Rammgut weiter in das Erdreich treibt;

**[0080]** Bei der anschließend durch die explosive Verbrennung des Dieselöls ausgelösten Aufwärtsbewegung des Kolbens 14 gibt dieser die Arbeitsstutzen 70, 72 frei, wodurch sich die Verbrennungsgase entspannen und über die Arbeitsstutzen 70, 72 abströmen. Der Kolben 14 wird nun unter Ansaugen von frischer Verbrennungsluft, was ebenfalls durch die Arbeitsstutzen 70, 72 erfolgt, weiter nach oben geschleudert, bis er seine obere Endstellung erreicht und sich der beschriebene Arbeitszyklus wiederholt.

**[0081]** Der Dieselhammer kann also wahlweise nur mittels der Hochdruck-Einspritzvorrichtung 52 in einer ersten Einspritzart als zerstäubter Kraftstoffnebel, nur mittels der Niederdruck-Einspritzvorrichtung 68 in einer

zweiten Einspritzart als Kraftstoffstrahl oder durch eine Kombination dieser beiden in einer dritten Einspritzart sowohl als zerstäubter Kraftstoffnebel als auch als Kraftstoffstrahl betrieben werden. Dadurch ist er an unterschiedliche Bodenverhältnisse anpaßbar.

**[0082]** Zu Beginn einer Rammung liegen meist weiche Bodenverhältnisse, d.h. geringe Bodenwiderstände, vor, wodurch es günstig ist, zu diesem Zeitpunkt den Dieselhammer 10 nur bzw. überwiegend mit Hochdruck-Einspritzung mittels der Hochdruck-Einspritzvorrichtung 52 zu betreiben. Gegebenenfalls kann auch die Niederdruck-Einspritzvorrichtung 68 mit einer geringen Menge Kraftstoff versorgt werden, so daß auch die bereits erläuterte Schlagzerstäubung unterstützend zur Anwendung kommt.

**[0083]** Erreicht das Rammgut tragfähigere und damit meist härtere Schichten des Erdreichs, kann der Anteil der Niederdruck-Einspritzung durch entsprechende Veränderung der zugeteilten Kraftstoffmenge über die Niederdruck-Einspritzvorrichtung 68 erhöht werden, wodurch die direkte Kraftübertragung des Kolbens 14 auf das Schlagstück 16 und damit auf das Rammgut erhöht wird, wie dies bereits erläutert wurde.

**[0084]** Sollten sich die Bodenverhältnisse in größeren Tiefen wieder zu weicheren Schichten wie beispielsweise Sandschichten verändern, so kann das Verhältnis der durch die Einspritzvorrichtungen 52 und 68 zugeführten Kraftstoffmengen entsprechend angepaßt werden. So ist eine individuelle Anpassung der Arbeits- und Wirkweise des Dieselhammers 10 an unterschiedliche und an sich verändernde Bodenverhältnisse möglich, wobei eine gute und vollständige Verbrennung des Dieselöls gewährleistet ist.

**[0085]** Vorzugsweise wird die Hochdruck-Einspritzvorrichtung 52 bei Arbeiten in harten Schichten des Erdreichs, bei denen das Prinzip der Schlagzerstäubung verwendet wird, bei jedem Arbeitszyklus mit geringer Kraftstoffmenge weiterbetrieben. Die Kraftstoffpumpe 53 der Hochdruck-Einspritzvorrichtung 52 führt also bei jedem Arbeitszyklus der Hochdruck-Einspritzdüse 54 eine Mindestmenge Kraftstoff zu. Dadurch wird vermieden, daß die in der Regel sehr fein ausgebildete Einspritzdüse 54 der Hochdruck-Einspritzvorrichtung 52 durch Verbrennungsrückstände oder andere Verunreinigungen wie Schmierölreste zugesetzt wird und nicht mehr funktioniert.

**[0086]** In Abwandlung kann man auch nur eine einzige Pumpe zur Bereitstellung von unter Druck stehendem Kraftstoff verwenden, die gleichermaßen für die Hochdruckeinspritzung und die Niederdruckeinspritzung (ggf. über einen Druckminderer oder eine Drossel) dient.

**[0087]** Und in weiterer Abwandlung kann man auch auf eine Steuerung der Kraftstoffmenge im laufenden Betrieb verzichten, wenn ein besonders einfach aufgebauter Dieselbär gewünscht wird und/oder die Belastungsänderungen klein sind.

## Patentansprüche

### 1. Dieselhammer (10) mit

- 5 a) einem Zylinder (12);
- b) einem in dem Zylinder (12) verschiebbar geführten Kolben (14);
- c) einem in dem Zylinder (12) verschiebbar geführten Schlagstück (16), welches in der Betriebsstellung des Dieselhammers (10) unterhalb des Kolbens (14) angeordnet ist;
- 10 d) einem Arbeitsraum (34), der axial von einer im Inneren des Zylinders (12) liegenden Stirnfläche (36) des Schlagstücks (16) und einer Stirnfläche (46) des Kolbens (14) begrenzt ist;
- 15 e) einer Kraftstoffzuführeinrichtung (52, 55, 62, 68), durch die bei jedem Arbeitszyklus eine vorgegebene Menge Kraftstoff, insbesondere Dieselöl, in den Arbeitsraum (34) einbringbar ist, **dadurch gekennzeichnet, daß**
- 20 f) die Kraftstoffzuführeinrichtung (52, 55, 62, 68) derart ausgebildet ist, daß der Kraftstoff in einer ersten Einspritzart als zerstäubter Kraftstoffnebel (76) und in einer zweiten Einspritzart als Kraftstoffstrahl (74) in den Arbeitsraum (34) eingespritzt wird.

2. Dieselhammer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Kraftstoffzuführeinrichtung (52, 55, 62, 68) derart eingerichtet ist, daß der Kraftstoffnebel (76) der ersten Einspritzart im wesentlichen senkrecht zur Bewegungsrichtung des Kolbens (14) in der Nähe der Stirnfläche (36) des Schlagstücks (16) in den Arbeitsraum (34) einströmt.

3. Dieselhammer nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Kraftstoffzuführeinrichtung (52, 55, 62, 68) derart eingerichtet ist, daß der Kraftstoffstrahl (74) der zweiten Einspritzart schräg auf die kolbenseitige Stirnfläche (36) des Schlagstücks (16) auftrifft.

4. Dieselhammer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Kraftstoffzuführeinrichtung (52, 55, 62, 68) wenigstens eine Hochdruck-Einspritzdüse (54) und wenigstens eine Niederdruck-Einspritzdüse (66) umfaßt, denen über jeweils eine Leitung (58, 64) durch wenigstens eine Kraftstoffpumpe (53, 60; 110, 112, 122), deren Einlaß mit einem Kraftstofftank (55, 62) kommuniziert, bei jedem Arbeitszyklus des Dieselhammers (10) eine bestimmte vorzugsweise einstellbar vorgegebene Menge Kraftstoff zuführbar ist.

5. Dieselhammer nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** mindestens eine Kraftstoffpumpe (53, 60; 110, 112, 122) der Kraftstoffzuführeinrichtung (52, 55, 62, 68) derart ausgebildet ist, daß die

jeweils einer Hochdruck-Einspritzvorrichtung (52) und die jeweils einer Niederdruck-Einspritzvorrichtung (68) zugeführte Kraftstoffmenge einstellbar ist.

6. Dieselhammer nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Kraftstoffpumpe (53, 60; 110, 112, 122) durch den niederfallenden Kolben (14) steuerbar oder betätigbar ist.
7. Dieselhammer nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Kraftstoffzuführeinrichtung (52, 55, 62, 68) derart ausgebildet ist, daß sie der Hochdruck-Einspritzdüse (54) bei jedem Arbeitszyklus eine Mindestmenge Kraftstoff zuführt.
8. Dieselhammer nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** die den Arbeitsraum (34) begrenzende Stirnfläche (46) des Kolbens (14) durch eine umlaufende radial außenliegende Stufe (48) abgesetzt ist.
9. Dieselhammer nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** in einer dritten Einspritzart der Kraftstoff sowohl als zerstäubter Kraftstoffnebel (76) als auch als Kraftstoffstrahl (74) in den Arbeitsraum (34) des Zylinders (12) eingespritzt wird.

## Claims

1. Diesel pile hammer (10) comprising
  - a) a cylinder (12),
  - b) a piston (14) slidably guided in the cylinder (12),
  - c) an impact piece (16) that is slidably guided in the cylinder (12) and in the operating position of the diesel pile hammer (10) is arranged below the piston (14),
  - d) a working compartment (34) which is axially delimited by an end face (36), located inside the cylinder (12), of the impact piece (16) and an end face (46) of the piston (14),
  - e) a fuel supply device (52, 55, 62, 68) through which a predefined amount of fuel, in particular diesel oil, can be introduced into the working compartment (34) with every working cycle,
  - f) the fuel supply device (52, 55, 62, 68) is constructed in such a way that the fuel is injected into the working compartment (34) in a first mode of injection as an atomised fuel mist (76) and in a second mode of injection as a fuel jet (74).
2. Diesel pile hammer according to claim 1, **characterised in that** the fuel supply device (52, 55, 62, 68) is designed in such a way that the fuel mist (76) of

the first mode of injection flows into the working compartment (34) in the vicinity of the end face (36) of the impact piece (16) substantially vertically to the direction of movement of the piston (14).

3. Diesel pile hammer according to claim 1 or 2, **characterised in that** the fuel supply device (52, 55, 62, 68) is designed in such a way that the fuel jet (74) of the second mode of injection obliquely strikes the piston-side end face (36) of the impact piece (16).
4. Diesel pile hammer according to any one of claims 1 to 3, **characterised in that** the fuel supply device (52, 55, 62, 68) comprises at least one high pressure injection nozzle (54) and at least one low-pressure injection nozzle (66), to which, via one pipe (58, 64) in each case and by way of at least one fuel pump (53, 60; 110, 112, 122), of which the inlet communicates with a fuel tank (55, 62), a specific, preferably adjustable, predefined amount of fuel can be supplied with every working cycle of the diesel pile hammer (10).
5. Diesel pile hammer according to claim 4, **characterised in that** at least one fuel pump (53, 60; 110, 112, 122) of the fuel supply device (52, 55, 62, 68) is constructed in such a way that the amount of fuel supplied to a high-pressure injection device (52) in each case and the amount of fuel supplied to a low-pressure injection device (68) in each case can be adjusted.
6. Diesel pile hammer according to claim 4 or 5, **characterised in that** the fuel pump (53, 60; 110, 112, 122) can be controlled or actuated by way of the dropping piston (14).
7. Diesel pile hammer according to any one of claims 4 to 6, **characterised in that** the fuel supply device (52, 55, 62, 68) is constructed in such a way that it supplies the high-pressure injection nozzle (54) with a minimum amount of fuel with every working cycle.
8. Diesel pile hammer according to any one of claims 1 to 7, **characterised in that** the end face (46) of the piston (14) delimiting the working compartment (34) is stepped by a circumferential, radially external step (48).
9. Diesel pile hammer according to any one of claims 1 to 8, **characterised in that** in a third mode of injection the fuel is injected into the working compartment (34) of the cylinder (12) as both an atomised fuel mist (76) and as a fuel jet (74).



## Revendications

### 1. Mouton Diesel (10) comprenant

- a) un cylindre (12) ;
  - b).un piston (14) guidé de façon mobile dans le cylindre (12) ;
  - c) un élément percuteur (16) guidé de façon mobile dans le cylindre (12), qui est situé sous le piston (14) lorsque le mouton Diesel (10) est en position de fonctionnement ;
  - d) un espace de travail (34) qui est délimité dans la direction axiale par une surface frontale (36) de l'élément percuteur (16) située à l'intérieur du cylindre (12) et par une surface frontale (46) du piston (14) ;
  - e) un dispositif d'alimentation en carburant (52, 55, 62, 68) permettant, lors de chaque cycle opératoire, d'alimenter l'espace de travail (34) avec une quantité prédéfinie de carburant, notamment de gazole,
- caractérisé en ce que**
- f) le dispositif d'alimentation en carburant (52, 55, 62, 68) est réalisé de telle sorte que, selon un premier mode d'injection, le carburant est injecté dans l'espace de travail (34) sous forme de carburant vaporisé (76) et selon un second mode d'injection, il y est injecté sous forme de jet de carburant (74).

### 2. Mouton Diesel selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le dispositif d'alimentation en carburant (52, 55, 62, 68) est conçu de telle sorte que le carburant vaporisé (76) du premier mode d'injection pénètre dans l'espace de travail (34) à proximité de la surface frontale (36) de l'élément percuteur (16), essentiellement perpendiculairement à la direction de déplacement du piston (14).

### 3. Mouton Diesel selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le dispositif d'alimentation en carburant (52, 55, 62, 68) est conçu de telle sorte que le jet de carburant (74) du second mode d'injection heurte en biais la surface frontale (36) de l'élément percuteur (16) qui est située côté piston.

### 4. Mouton Diesel selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le dispositif d'alimentation en carburant (52, 55, 62, 68) comprend au moins une buse d'injection haute pression (54) et au moins une buse d'injection basse pression (66) qui, lors de chaque cycle opératoire du mouton Diesel (10), peuvent chacune être alimentées via un tuyau (58, 64) avec une certaine quantité de carburant, de préférence prédéfinie de façon réglable, par au moins une pompe à carburant (53, 60 ; 110, 112, 122) dont l'entrée communique avec un réservoir de carburant (55, 62).

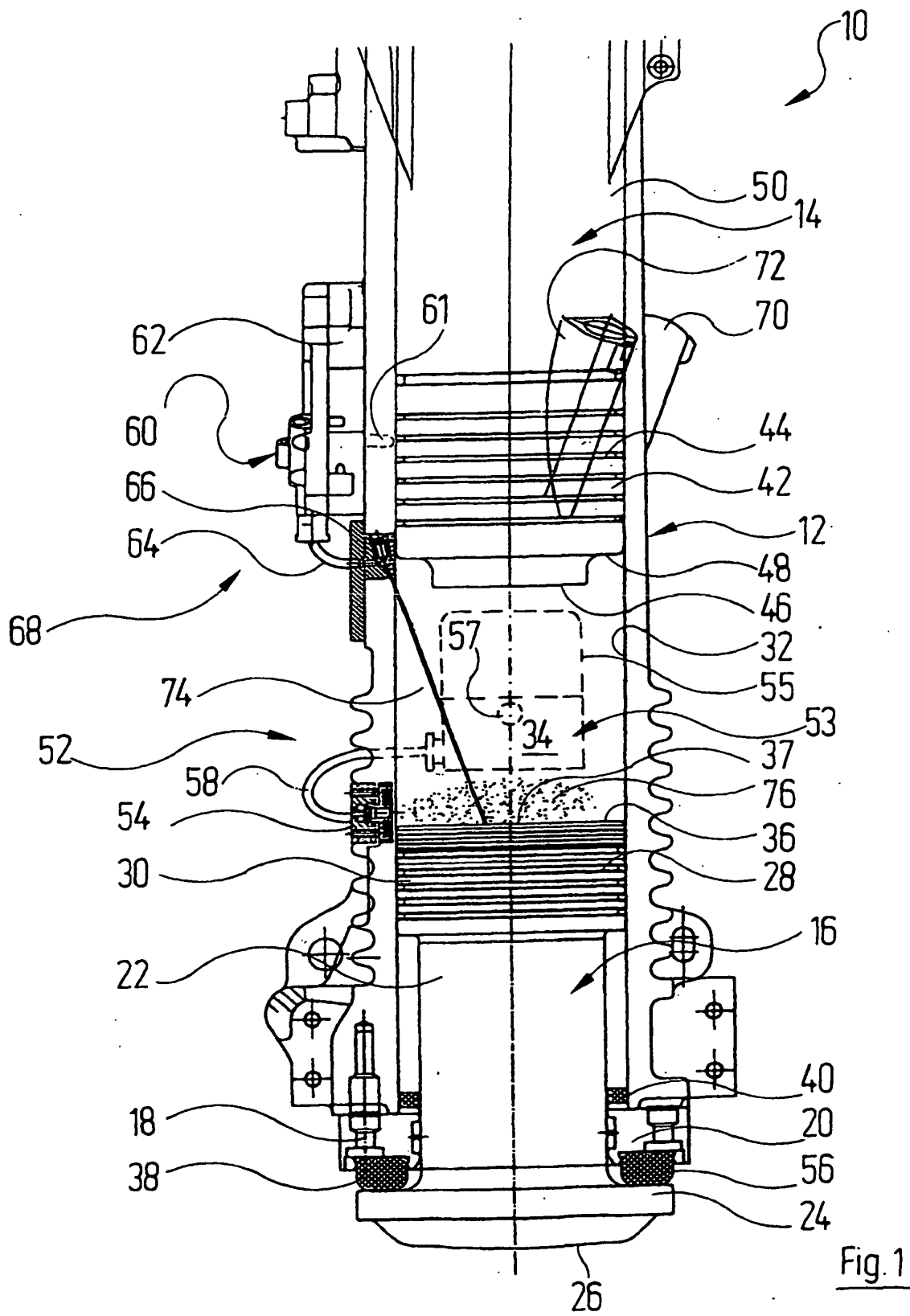
### 5. Mouton Diesel selon la revendication 4, **caractérisé en ce qu'**au moins une pompe à carburant (53, 60 ; 110, 112, 122) du dispositif d'alimentation en carburant (52, 55, 62, 68) est réalisée de manière à pouvoir régler la quantité de carburant alimentant chaque fois un dispositif d'injection haute pression (52) et un dispositif d'injection basse pression (68).

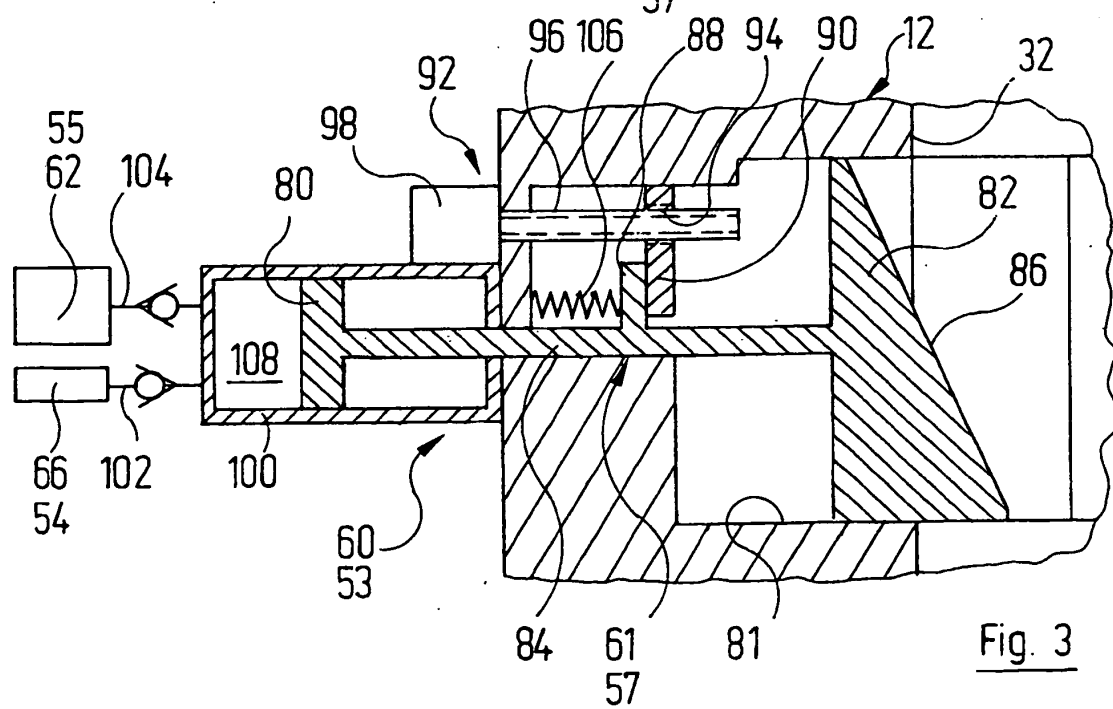
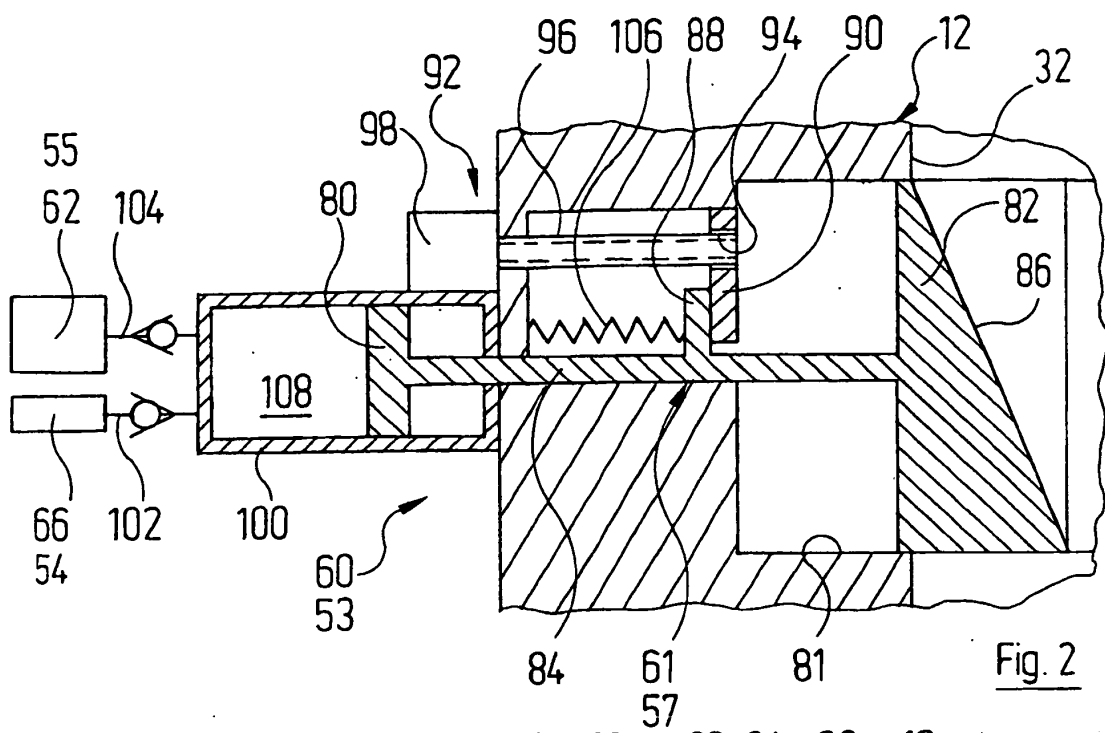
### 6. Mouton Diesel selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que** la pompe à carburant (53, 60 ; 110, 112, 122) peut être commandée ou actionnée par le piston (14) qui tombe.

### 7. Mouton Diesel selon l'une des revendications 4 à 6, **caractérisé en ce que** le dispositif d'alimentation en carburant (52, 55, 62, 68) est réalisé de telle sorte qu'à chaque cycle opératoire, il alimente la buse d'injection haute pression (54) avec une quantité minimale de carburant.

### 8. Mouton Diesel selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la surface frontale (46) du piston (14) qui délimite l'espace de travail (34) est étagée par un gradin (48) circulaire situé radialement à l'extérieur.

### 9. Mouton Diesel selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** selon un troisième mode d'injection, le carburant est injecté dans l'espace de travail (34) du cylindre (12) à la fois en tant que carburant vaporisé (76) et jet de carburant (74).





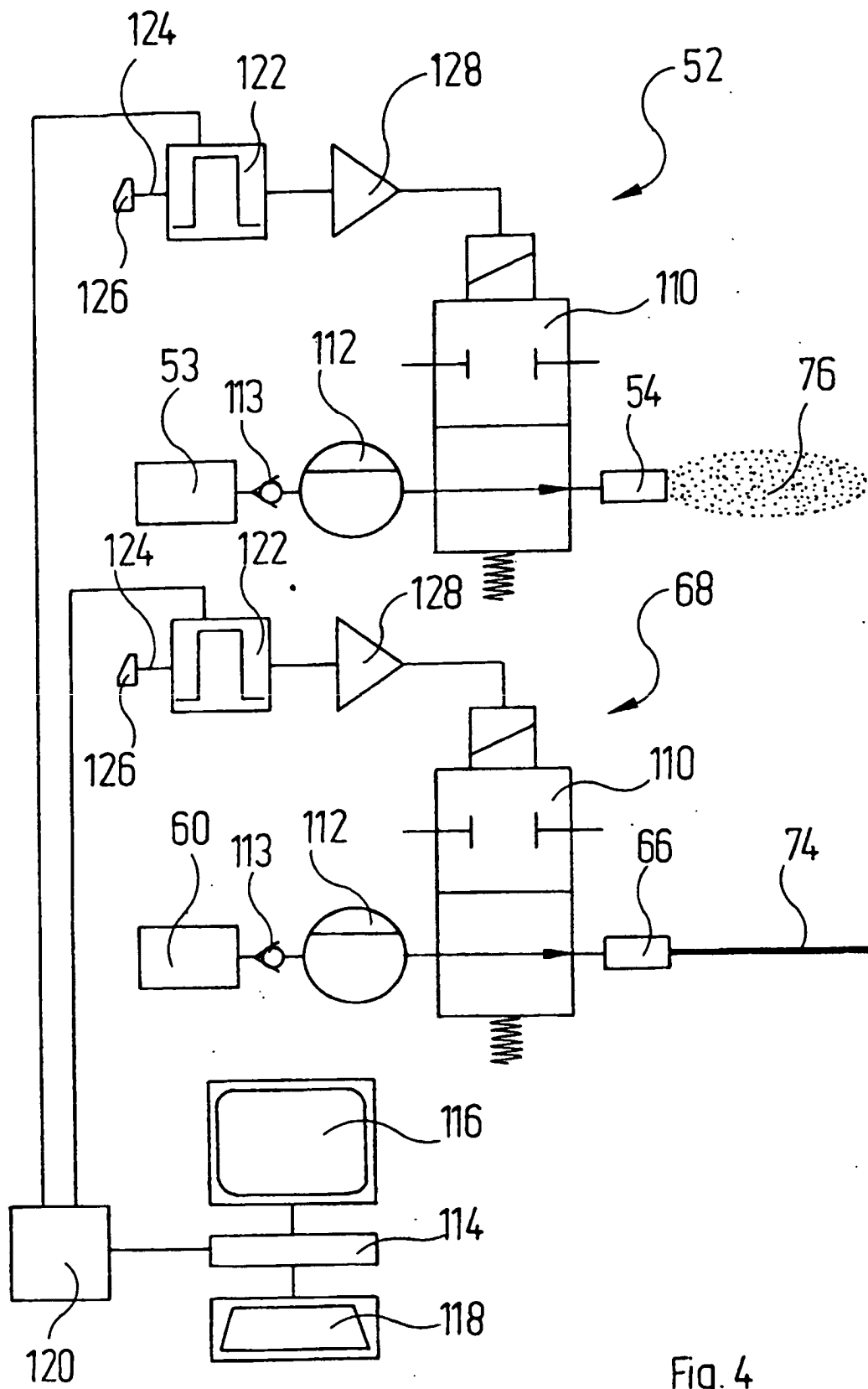


Fig. 4