



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer : **93810182.1**

(51) Int. Cl.⁵ : **F02B 75/02, F02B 3/08**

(22) Anmeldetag : **12.03.93**

(30) Priorität : **20.03.92 CH 901/92**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung :
22.09.93 Patentblatt 93/38

(84) Benannte Vertragsstaaten :
DE DK FR GB IT SE

(71) Anmelder : **Lars Collin Consult AB**
Västerbergsgatan 3
S-43139 Mölndal (SE)

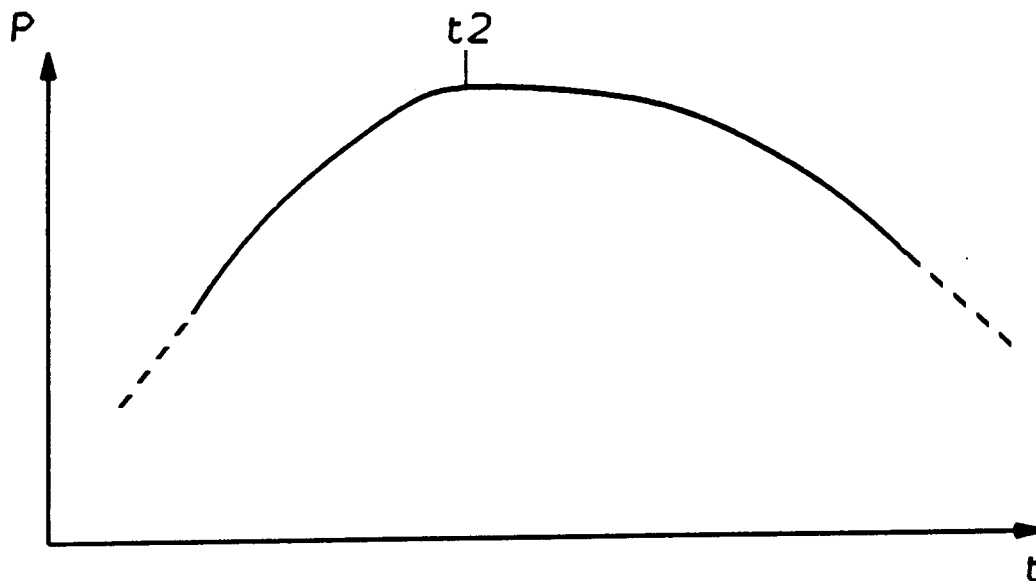
(72) Erfinder : **Collin, Lars Thorbjörn**
Västerbergsgatan 3
S-431 39 Mölndal (SE)

(74) Vertreter : **Hepp, Dieter et al**
Hepp, Wenger & Ryffel AG, Marktgasse 18
CH-9500 Wil (CH)

(54) **Verfahren zum Betreiben eines Dieselmotors und Dieselmotor.**

(57) Bei einem Verfahren zum Betreiben eines Dieselmotors wird der Kompressionsdruck, die Steuerung der Treibstoff-Einspritzung und die Zündung derart gesteuert, dass der maximale Gesamtdruck im Zylinder nach der Gemischzündung im wesentlichen nicht mehr ansteigt.

Fig. 3



Verfahren und Vorrichtungen zum Einspritzen und Zünden von Dieseltreibstoff in einen Verbrennungsmotor sind in Vielzahl bekannt und gebräuchlich. In der Praxis wird dabei der Treibstoff mittels einer Pumpe auf einen bestimmten Einspritzdruck gebracht und gleichzeitig das Einspritzventil geöffnet. Das Ventil kann dabei ebenso wie die Einspritzpumpe durch eine mit dem Motor synchronisierte Einrichtung betätigt werden. Es sind auch Ausführungsvarianten gebräuchlich, bei denen das Ventil in Abhängigkeit vom Treibstoffdruck automatisch öffnet, sobald ein bestimmter Druckwert überschritten wird.

In der Praxis werden Einspritzventile heute zu Beginn des Druckaufbaus durch die Einspritzpumpe geöffnet und nach Absinken des Drucks wieder geschlossen. Bei druckgesteuerten Ventilen liegt der Öffnungswert in der Regel bei etwa 20% oder 30% des maximalen Arbeitsdrucks der Treibstoffpumpe.

Das Luft-Treibstoff-Gemisch wird sodann im Zylinder weiter komprimiert und kommt dann zur Zündung. Bei bekannten Motoren baut sich dabei unmittelbar nach dem oberen Totpunkt (OT) des Kolbens im Zylinder ein Verbrennungsdruck auf, der wenigstens das 1,5 bis 2-fache des Kompressionsdrucks des Motors beträgt.

Derartige Motoren weisen einen guten Wirkungsgrad auf. Auf der anderen Seite sind Parameter, die guten Wirkungsgrad gewährleisten, häufig geeignet, schlechte Emissionswerte (vor allem NO_x) hervorzurufen. Dazu gehört z.B. Temperatur, Sauerstoffüberschuss bei der Verbrennung, Verbrennungsdruck und Verbrennungsdauer.

Um NO_x Erzeugung zu reduzieren, sind verschiedene Methoden bekannt:

Es wurde vorgeschlagen, Auspuffgase zu rezirkulieren, um die O_2 Konzentration und damit die Maximaltemperatur zu reduzieren; es wurde vorgeschlagen, in die Ansaugluft Wasser zu sprühen, um die Kompressions-Temperatur zu reduzieren und die O_2 Konzentration zu verringern. Es wurde auch schon vorgeschlagen, den Zeitpunkt der Einspritzung zu verzögern, um im Motorzyklus die Zeit für die NO_x Bildung zu verringern.

Alle diese bekannten Verfahren sind einerseits aufwendig und erfordern zusätzliche Vorrichtungen und können andererseits den Wirkungsgrad des Motors reduzieren.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Nachteile des Bekannten zu vermeiden, insbesondere also ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, das bei hohem Wirkungsgrad die Schadstoffemission von NO_x verringert.

Erfindungsgemäss wird diese Aufgabe in erster Linie gemäss den Patentansprüchen gelöst.

Durch die erfindungsgemässen Massnahmen wird eine Mehrzahl von Parametern des Verbrennungsvorgangs in vorteilhafter Weise verändert:

Durch die Begrenzung des Druckanstiegs während der Verbrennung wird erreicht, dass während der Verbrennung kein druckbedingter zusätzlicher Temperaturanstieg bzw. eine Temperaturüberhöhung stattfindet, wodurch vor allem die Erzeugung von NO_x wesentlich verringert wird. Statt eines scharfen Druck- und Temperaturanstiegs bei Beginn der Energiefreigabe erfolgt ein kontrollierter Verbrennungsvorgang im Zylinder, der durch gleichzeitige Volumenvergrösserung bei Absenkung des Kolbens eine etwa konstante oder vorteilhafter Weise sogar leicht abfallende Druckkurve ermöglicht. Dies bedingt höhere Verdichtung des Motors, wobei sich vor allem Verdichtungsverhältnisse von 1:16 bis 1:20, vorzugsweise 1:18 bis 1:20 und/oder eine Verdichtung auf 175 oder 180 bar bewährt haben. Der Motor wird dabei auf diese hohen Verdichtungswerte verdichtet und es wird in der Expansionsphase der Zündvorgang herbeigeführt.

Gleichzeitig ist erfindungsgemäss vorgesehen, den Treibstoff erst in den Verbrennungsraum einzuspritzen, wenn der Treibstoffdruck wenigstens 75% und vorteilhaft zwischen etwa 80% und 90% seines maximalen Einspritzdrucks erreicht hat. Dies bewirkt eine Verkürzung der Einspritzdauer, bessere Verteilung des Treibstoffs in kleineren Tröpfchen und dadurch eine schnellere Vergasung des Treibstoffs. Dies wiederum führt zu homogenen Verhältnissen im Brennraum und gewährleistet gleichmässige Verbrennung. Das verbrennbare Gemisch wird in einer wesentlich kürzeren Zeitspanne erzeugt. Ausserdem wird die Verzögerung für Vorverbrennungs-Reaktionen zwischen den Kohlenwasserstoffen und dem Sauerstoff verkürzt und die Verbrennung optimiert. Wesentliche Verbesserung lässt sich dabei bereits erreichen, wenn das Ventil erst geöffnet wird, wenn der Treibstoff-Druck wenigstens 80% seines maximalen Einspritzdrucks erreicht hat.

Die Erfindung ist im folgenden in Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 die schematische Darstellung eines Ausschnitts aus einem Verbrennungsmotor,

Figur 2 den Verlauf der Ventilöffnung in Abhängigkeit vom Treibstoffdruck,

Figur 3 die schematische Darstellung des Druckverlaufs im Verbrennungsraum des Dieselmotors zum Zeitpunkt der Zündung und

Figur 4 ein Diagramm mit Vergleichswerten von NO_x -Anteil im Abgas eines Verbrennungsmotors bei verschiedenen Betriebsbedingungen.

Wie in Figur 1 schematisch dargestellt ist, wird durch ein Einspritzventil 1 Treibstoff dem Verbrennungsraum 2 eines schematisch dargestellten Dieselmotors zugeführt. Das Einspritzventil 1 wird durch eine Steu-

eranordnung 3 im gewünschten Zeitpunkt des Verbrennungszyklus geöffnet. Das Einspritzventil 1 wird von einer Pumpe 4 mit Treibstoff versorgt, wobei die Pumpe 4 ebenfalls in Abhängigkeit vom Kurbelwellen-Winkel bzw. vom jeweiligen Zeitpunkt des Motor-Zyklus gesteuert wird. Der durch die Pumpe 4 erzeugte Treibstoffdruck beträgt maximal etwa 1000 bis 1500 atm (Atmosphären).

5 (Der Maximaldruck schwankt bei verschiedenen Motorentypen von ca. 200 atm bis 1700 atm. In gleicher Weise kann die Anstiegscharakteristik der Treibstoff-Druckkurve variieren.)

Der Verlauf des Treibstoff-Drucks ist in Figur 2 dargestellt. Während bei herkömmlichen Dieselmotoren das Einspritzventil zu Beginn des Druckaufbaus durch die Pumpe 4 öffnet (spätestens bei 200 - 300 atm), ist erfindungsgemäss vorgesehen, dass das Einspritzventil 1 erst zum Zeitpunkt T1 öffnet, wenn der am Einspritzventil anliegende Treibstoffdruck bereits etwa 1000 atm, d.h. etwa 83 % des Maximaldrucks von ca. 1200 atm erreicht hat. Durch den hohen Druck wird der Dieseltreibstoff mit ausserordentlich hoher Geschwindigkeit und vor allem mit kleinstem Tröpfchendurchmesser in den Verbrennungsraum 2 eingespritzt, so dass der Verbrennungsablauf optimiert und vor allem auch verkürzt wird. Das Einspritzventil 1 schliesst wieder bei T2, wobei der Treibstoffdruck immer noch ca. 900 - 950 atm, also über 70 % des Maximaldrucks beträgt. Dies gewährleistet, dass nicht in der Schliessphase noch grosse Treibstoff-Tropfen eingespritzt werden, welchen den Verbrennungsablauf in dieser Phase beeinträchtigen können.

15 Unabhängig vom spezifischen Maximaldruck eines bestimmten Motor-Typs wird durch die relative Anhebung des Drucks während der Einspritzphase das Schadstoffverhalten des Motors verbessert.

Aus Figur 3 ist ersichtlich, dass der Druckanstieg im Verbrennungsraum eines erfindungsgemäss betriebenen Motors bis zum Zeitpunkt der Zündung kontinuierlich erfolgt und allmählich abflacht. Der Zündzeitpunkt t_z ist relativ spät, so dass die Expansion der gezündeten Gaswolke in die Expansionsphase des Motors fällt. Dadurch wird erreicht, dass nach der Zündung kein wesentlicher Druckanstieg erfolgt, wodurch zusätzliche Erhitzung durch Druckzunahme während der Verbrennung vermieden wird. Auf diese Weise lässt sich optimal einfach der Schadstoffausstoss, vor allem der NO_x -Anteil im Abgas drastisch reduzieren. Dies lässt sich mit einfachen Mitteln erreichen: der Kompressionsdruck des Motors muss auf einen Wert erhöht werden, der die späte Zündung und die Gasausdehnung in der Expansionsphase des Motors ermöglicht. Es müssten also lediglich die wichtigsten Verbrennungsparameter, wie Kompressionsdruck, Einspritzung des Treibstoffs und Zündung derart gesteuert werden, dass der Gesamtdruck im Zylinder bestehend aus Kompressionsdruck und Verbrennungsdruck den maximalen Kompressionsdruck nicht wesentlich übersteigt, dass also keine weitere Druckzunahme nach der Zündung erfolgt. Ein leichter Anstieg, z.B. um 10% lässt sich dabei manchmal nicht vermeiden. Besonders optimal ist es aber, wenn vom Zeitpunkt der Zündung an der Druck im Verbrennungsraum nicht mehr ansteigt sondern möglichst sogar etwas abfällt, wie dies im Diagramm gemäss Figur 3 gezeigt ist.

Figur 4 zeigt einen Vergleichstest an einem konventionellen Dieselmotor. Der Motor wurde bei verschiedenen Drehzahl/Lastverhältnissen 1 bis 8 betrieben und dabei wurde der NO_x -Ausstoss in Gramm NO_x/kWh gemessen und aufgetragen. Die oberste Kurve zeigt den Test 1, bei dem der Motor ohne Veränderung betrieben wurde. Der Öffnungsdruck des Einspritzventils beträgt dabei 280 atm; die Einspritzung beginnt bei 20° vor OT Druck aufzubauen und das Verdichtungsverhältnis beträgt 1:13.

Beim zweiten Test wurden die ersten beiden Parameter gleichgelassen und lediglich das Verdichtungsverhältnis auf 1:16 erhöht. Ersichtlicherweise ist dabei bereits eine Abnahme des NO_x -Gehalts zu verzeichnen.

Beim dritten Test ist der Einspritzdruck immer noch bei 280 atm; jetzt beginnt jedoch die Einspritzung erst bei 14° vor OT Druck aufzubauen und im Bereich von OT einzuspritzen. Dadurch wird der Zeitpunkt der Zündung so verschoben, dass die Verbrennung in die Expansionsphase des Motors fällt. Bei diesem Test findet keine Druckzunahme im Zylinder nach der Zündung statt. Das Verdichtungsverhältnis beträgt 1:18.

45 Beim untersten und letzten Test wurde der Zeitpunkt der Einspritzung und das Verdichtungsverhältnis des Tests 3 übernommen. Der Öffnungsdruck des Ventils wurde aber auf 900 atm angehoben, was ersichtlicherweise noch einmal eine Absenkung des NO_x -Ausstosses bewirkt.

Wie das Diagramm gemäss Figur 4 ergibt, lässt sich auf einfachste Weise und ohne grosse Änderungen am Motor eine Reduzierung des NO_x -Ausstosses auf etwa den halben Wert erreichen. Dabei wurde nur ein unwesentlicher, in der Praxis zu vernachlässigender Anstieg des Verbrauchs beobachtet.

Patentansprüche

- 55 1. Verfahren zum Betreiben eines Dieselmotors mit einer Treibstoff-Einspritzanordnung, dadurch gekennzeichnet, dass der Kompressionsdruck im Zylinder, die Steuerung der Einspritzung des Treibstoffs und der Zündung des Gemischs sowie der Treibstoffdruck derart gesteuert werden, dass der Gesamtdruck im Zylinder nach Einsetzen der Verbrennung im wesentlichen nicht mehr ansteigt, und dass der Treibstoff

erst in den Verbrennungsraum eingespritzt wird, wenn der Treibstoffdruck wenigstens 75% seines maximalen Einspritzdrucks erreicht hat.

- 5
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Treibstoff erst bei wenigstens 80% seines Maximaldrucks eingespritzt wird.
3. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbrennungsparameter des Motors derart gesteuert werden, dass der maximale Gesamtdruck nach der Zündung nicht höher ist als etwa der 1,1-fache Wert des maximalen Kompressionsdrucks durch den Kolben.
- 10
4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbrennungsparameter des Motors derart gesteuert werden, dass der Gesamtdruck im Zylinder nach dem Zündvorgang im wesentlichen abfällt.
- 15
5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Zylindervolumen wenigstens im Verhältnis 1:16 bis 1:20, vorteilhaft im Verhältnis von etwa 1:18 verdichtet wird.
- 20
6. Dieselmotor mit einer Treibstoff-Einspritzanordnung, gekennzeichnet durch wenigstens eine Einrichtung zum Steuern des Zeitpunktes der Einspritzung sowie des Einspritzdrucks und zur Zündung in einem solchen Zeitpunkt, dass der Gesamtdruck im Zylinder nach Einsetzen der Verbrennung im wesentlichen nicht mehr ansteigt, durch eine Einspritzanordnung zum Einspritzen des Treibstoffs nach Erreichen von wenigstens 75% des maximalen Einspritzdrucks, und durch ein Verdichtungsverhältnis von wenigstens 1:16 bis 1:20, vorzugsweise von etwa 1:18.

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

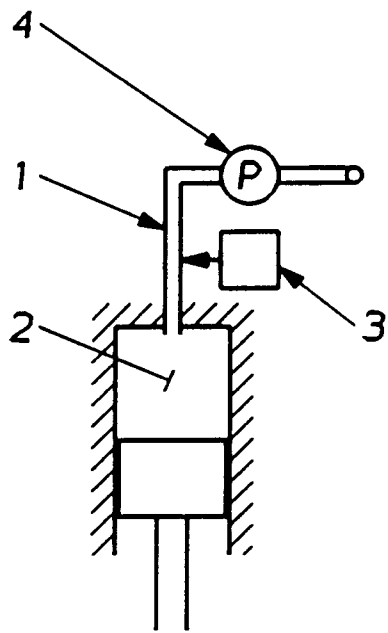
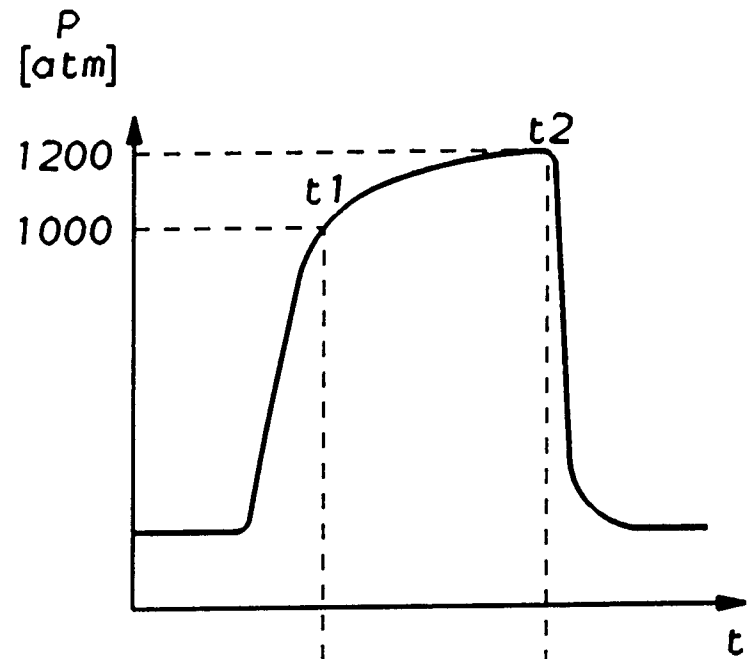


Fig. 2



Ventil-
öffnung
[s]

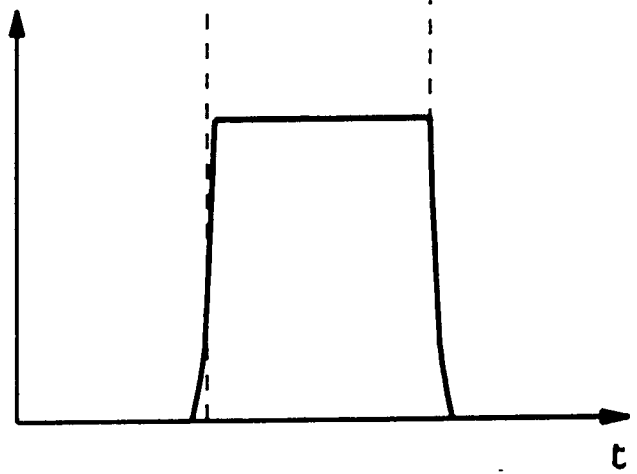
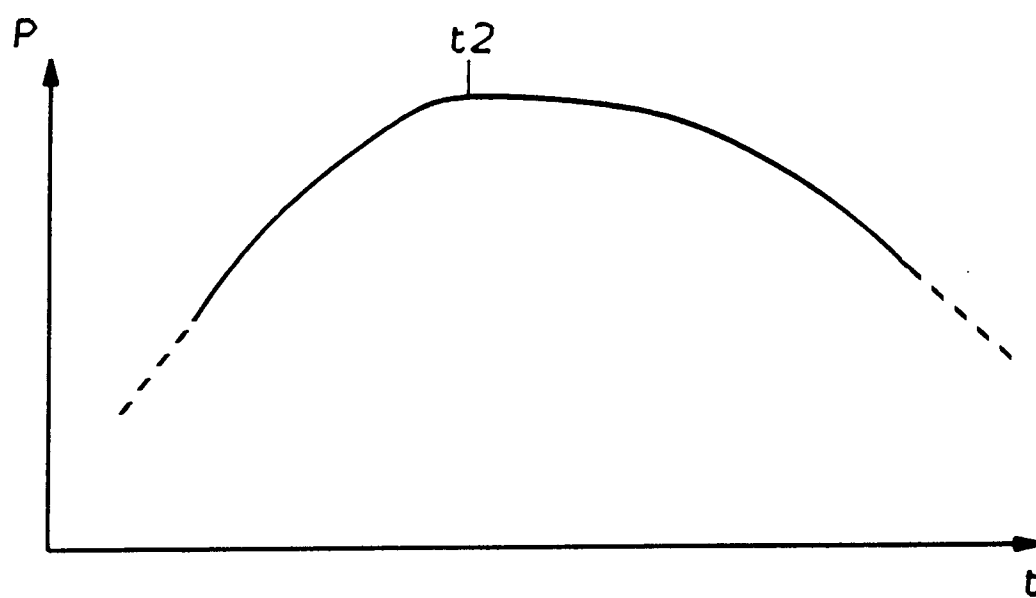


Fig. 3



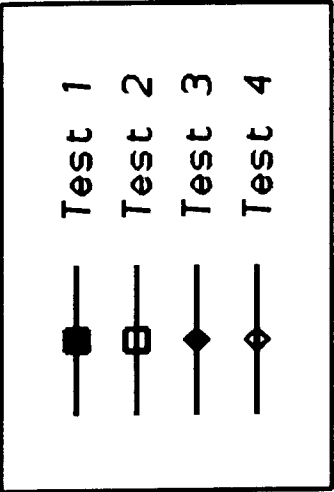
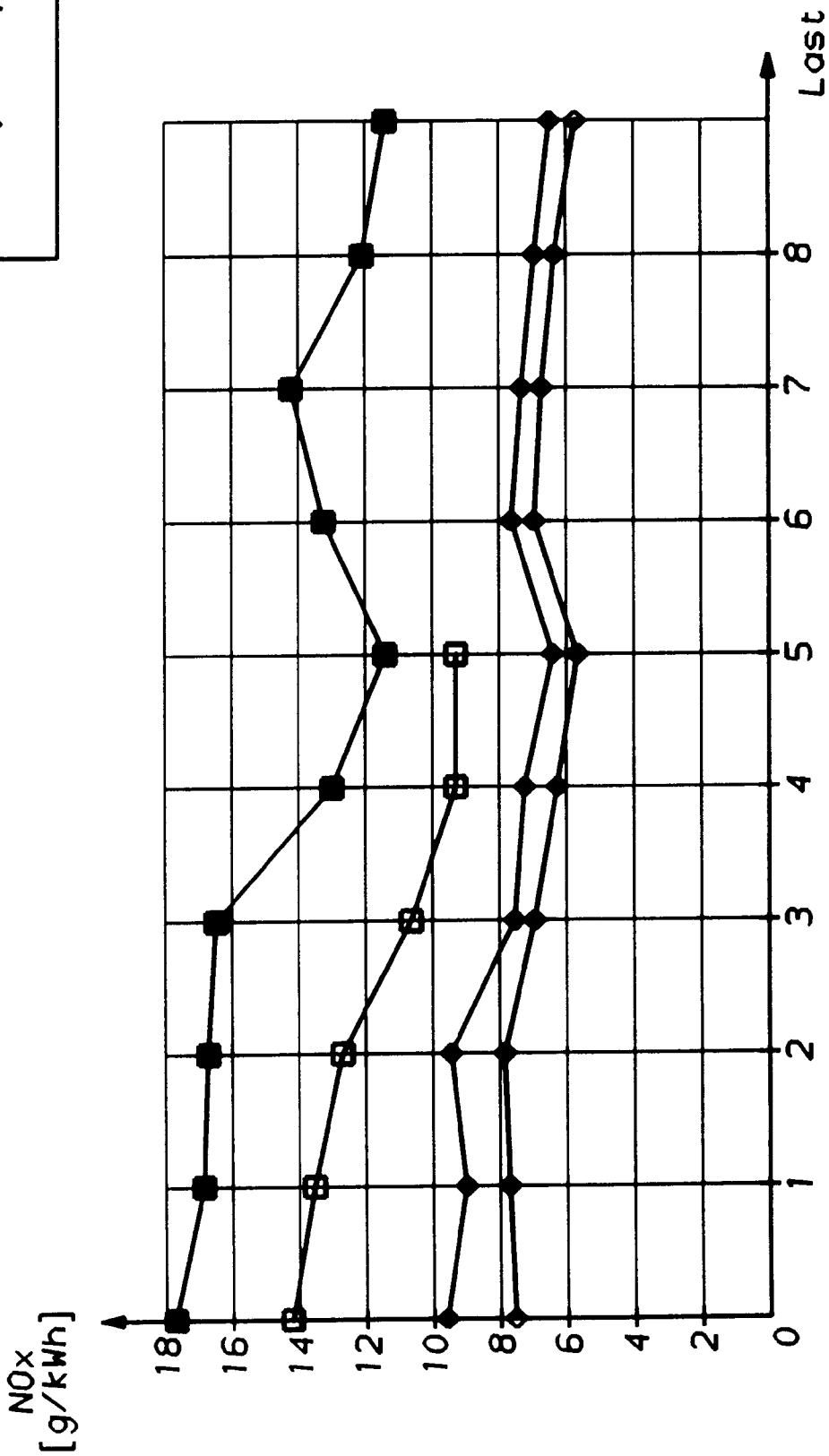


Fig. 4





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 93 81 0182

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
X	J.J.BROEZE 'COMBUSTION IN PISTON ENGINES' 10. Oktober 1963, H.STAM N.V., HAARLEM, HOLLAND * Seite 113, Absatz 238 - Seite 119, Absatz 242 *	1-4,6	F02B75/02 F02B3/08
X	US-A-4 883 032 (HUNTER) * das ganze Dokument *	1-6	
A	DE-A-3 032 656 (HIEMER) * das ganze Dokument *	1-4	
A	US-A-5 012 786 (VOSS) * Spalte 7, Zeile 39 - Spalte 10, Zeile 51 *	1,6	
A	US-A-4 674 448 (STEIGER) * das ganze Dokument *	1,6	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			F02B F02M
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 04 MAI 1993	Prüfer WASSENAAR G.C.C.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P0403)