

FORSCHUNGSBERICHTSBLATT

Projektnummer/ Förderkennzeichen:	PEF 3 96 004
Vorhaben:	Weiterentwicklung einer Niederdruck- Einspritzanlage für einen Zweitakt- Kleinmotor
Projektleiter:	U. Essers
Institution:	Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart
Förderzeitraum:	1.1.1997 – 31.7.1999
Förderbetrag:	263.000,-- DM

Was war Anlass und Ziel für die Förderung?

Zweitakt-Kleinmotoren werden auch heute noch im Bereich der Rasenmäher, Freischneider, Motorsägen, Heckenscheren, Häcksler, Notstrom-Aggregate, Bootsmotoren und Motorräder eingesetzt. Der Anteil der Zweitaktmotoren an den Gesamtemissionen ist zwar gering, aber der Bediener ist den Schadstoffemissionen bei den genannten Anwendungen meist unmittelbar ausgesetzt. Um absehbaren Verschärfungen der gesetzlich geforderten Emissionsgrenzwerte entsprechen zu können und somit den Einsatz von Zweitakt-Motoren in den oben genannten Bereichen weiterhin zu gewährleisten, besteht direkter Handlungsbedarf..

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, im Hinblick auf eine verbesserte Gemischbildung und Verbrennung und damit Verminderung der Emissionen, insbesondere der Kohlenwasserstoffemissionen, eine Niederdruck-Einspritzanlage weiterzuentwickeln. Parallel soll eine dreidimensionale Strömungssimulation unter Einschluß einer Verbrennungssimulation durchgeführt werden, um Kenntnisse der Strömungsverhältnisse im Zylinder über einen kompletten Zyklus zu erlangen.

Kurzbeschreibung der Forschungsergebnisse

Es wurde eine dreidimensionale Strömungssimulation der Zylinderinnenströmung mit Verbrennung mit einfacher Chemie durchgeführt, wobei zur Rechenzeit- und Aufwandsverringerung mit einem Halbmodell gearbeitet wurde. Der Beginn der Berechnung liegt bei 100° Kurbelwinkel nach oberem Totpunkt kurz bevor der Kolben die Steuerkante des Auslasses überstreicht. Die hohe Druckdifferenz zwischen Brennraum und Auslasskanal sowie der zunächst sehr kleine Spalt verursachen sehr hohe Strömungsgeschwindigkeiten, wobei die Auslassströmung mit ca. 30° zur Waagrechten nach unten geneigt ist. Die serienmäßige, waagrechte Richtung des Auslasses lässt die Strömung an die Wand prallen und verursacht einen Wirbel, der das Abströmen des nachfolgenden Abgases zum Teil erheblich behindert. Im Bereich des Überströmers wird kurz nach Öffnen des Kanals eine kurzzeitige Rückströmung von heißem Abgas in den Überströmkanal sichtbar. Nachdem dann Überströmer und Auslass weitgehend offen sind, zeigt sich eine gut sichtbare Kurzschlußströmung, die für hohe Kohlenwasserstoffemissionen und einem Wirkungsgradverlust verantwortlich ist.

Die Ausbreitung der Flamme im Brennraum zeigt, dass die Flamme sehr stark von der Zylinderinnenströmung in Richtung Auslass konvektiert wird. Die Flammenfront erreicht viel früher die auslassseitige Brennraumwand, wogegen sie die gegenüberliegende erst sehr spät oder teilweise gar nicht erreicht. Hier liegt eine weitere Ursache für hohe Kohlenwasserstoffkonzentrationen im Abgas.

Die in der Zylinderfertigung zugelassenen Toleranzen der Steuerkantenlage der Überströmkanäle von 1 mm haben zur Folge, dass die Überströmkanäle nicht gleichzeitig öffnen, wodurch sich eine Bevorzugung der Strömung der zuerst öffnenden Seite ergibt. In der Folge bildet sich eine asymmetrische Zylinderinnenströmung aus, bei der die Strömung in Richtung Auslass nicht mehr mittig unter der Zündkerze hindurch verläuft. Dies wiederum hat zur Folge, daß bei dezentraler Zündkerzenlage eine wesentlich schlechtere Entflammung stattfindet, was sich negativ auf den weiteren Verbrennungsablauf auswirkt.

Wissenschaftliche bzw. technologische Fortschritte durch das Vorhaben

Insbesondere die durchgeführten dreidimensionalen Strömungssimulationen mit eingeschlossener Verbrennungssimulation mit einfacher Chemie zeigen sehr deutlich, daß für verlässliche Aussagen ein Halbmodell des Motors, das auf der Annahme eines spiegelsymmetrischen Brennraums und spiegelsymmetrischer Strömung basiert, für die hier betrachtete Art von „Billig-Motoren“ ungeeignet ist. Dies liegt in den real vorhandenen großzügigen Fertigungstoleranzen begründet, die einen großen Einfluß auf die Höhe der Produktionskosten haben. Deshalb sollte für diesen Anwendungsfall unbedingt überprüft werden, ob ein Halbmodell die erwarteten Aussagen liefern wird, oder ob ein aufwendigeres Vollmodell vorzuziehen ist.

Bewertung

Das Ziel des Forschungsvorhabens wurde nur teilweise erreicht. Die Weiterentwicklung der Niederdruck-Einspritzanlage wurde eingestellt, da kein geeignetes Einspritzventil incl. Ventilsteuerung kommerziell erhältlich war und eine Eigenentwicklung einen zu hohen Aufwand erfordert hätte. Die Simulationsrechnungen zeigten Wege für Emissionsminderungsmaßnahmen auf, allerdings verbunden mit erhöhten Produktionskosten.

Empfehlung für die Umsetzung/Praxis

Aufgrund der kommenden Abgasgesetzgebung wird es unumgänglich, billig produzierte Kleinmotoren zu überarbeiten. Zunächst sollte überprüft werden, ob es die Kostensituation der Produktion nicht doch zulässt, Fertigungstoleranzen von Teilen, die die Strömungsführung oder Gemischbildung des Motors betreffen, einzuengen oder die betreffenden Teile durch verbesserte oder neue Konstruktionen anzupassen. Weiteres Potential steckt in einer verbesserten Zündanlage, die nicht, wie üblich, mit einem festen Zündzeitpunkt für den ganzen Drehzahl- und Lastbereich auskommt, sondern variabel ist und sich an den Drehzahl-Lastzustand des Motor anpasst. Damit erhält man i.d.R. einen Leistungsgewinn und häufig zusätzlich verbesserte Abgasemissionen.

Weiterhin ist die Applikation einer Einspritzung nur dann sinnvoll, wenn sich die Schwankungen der Zylinderinnenströmung, die aus Fertigungstoleranzen herrühren, in sehr engem Rahmen bewegen. Die Toleranzen bzgl. einer gleichen Höhe der Steuerkanten der Überströmkanäle sollten dabei nach unserem Wissen im Rahmen kleiner/gleich 0,3 mm bleiben.

Ist das Ergebnis für eine Veröffentlichung vorgesehen/geeignet?

Abschlussbericht wird als Bericht: FZKA-BWPLUS 59 veröffentlicht.

Weitere vorgesehene Schritte

keine