

Mit der Versuchseinrichtung der kleinen Kältekammer, wie sie im Versuchsbericht P 137 beschrieben ist, wurden weitere Einzylinderversuche an dem Daimler-Benz M 136 Motor zur Ermittlung des günstigsten Einspritz- und Zündzeitpunktes für das Anlassen durchgeführt. Über das Ergebnis dieser Untersuchungen wird demnächst berichtet.

A) Anlassversuche mit Mehrzylinder-Boschpumpe.

Nachdem von der Firma R. Bosch Stuttgart, Abt. EVD, eine 4-Zylinder-Einspritzpumpe PZ 4 K 60 V 1100 freundlicherweise für die Versuche angeliefert worden ist, wurden sogleich Anlassversuche mit dieser Pumpe aufgenommen. Ziel dieser Versuche war zunächst, festzustellen, ob die Zündungen wie sie vorher bei den Einzylinderversuchen noch bis zu sehr tiefen Temperaturen (bis  $-50^{\circ}\text{C}$ ) erreicht wurden, kräftig genug sind um die Maschine zum Laufen zu bringen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1.

Kälte-Anlassen mit Kraftstoffeinspritzung in den Zylinder.

Motor: Daimler Benz M 136		Einspritzpumpe: Bosch PZ 4 K 60V1100							
Öl: 1987 (Synth. RCH)		Düsen: 4 T Bosch 1940							
Kraftstoff: B 4 - Flugkraftstoff.		4 T Bosch 2337							
Versuch Nr.	Datum	Antrieb	Einspritzzeit-pkt.	Zünd-pkt.	Drehzahl U/min	Temperaturen			Ergebnis
						Raum	Öl	Kühlw.	
41/3	29.10.43	Anlasser (12V)	$20^{\circ}$ voll	ot	70	-43	-44	-39	Zunächst nicht voll Füllg. Zündungen nach 10 sec, dann volle Füllg. Zündet sofort, läuft nach 4 sec allein weiter
41/4	"	" 6V	"	"	30	-48	-47	-43	Keine Einspritzungen
41/5	"	" 12V	"	"	?	-40	-38	-35	Zündet sofort, läuft nach 10 sec allein weiter.
43/1	16.11.43	Pendel-Motor	$8^{\circ}$ voll	"	28	-52	-51	-48	Zündet sofort (Durchlaufversuch, wegen Antrieb nicht durchführbar).
43/2	"	Anlasser (6 V)	"	"	45	-43	-38	-33	Zündet sofort, läuft nach 10 sec allein weiter
43/3	"	"	"	"	60	-47	-42	-38	Zündet nach 3 sec, läuft nach 20 sec allein weiter
43/4	"	"	"	"	48	-51	-46	-43	Zündet nach 5 sec, läuft nach 35 sec allein weiter.

Es geht daraus hervor, dass mit der zur Verfügung stehenden Pumpe der Motor entsprechend den Einzylindervorversuchen noch unter  $-40^{\circ}\text{C}$  ohne jede Vorwärmung in wenigen Sekunden zum Zünden und nach kurzer Zeit auch zum Laufen zu bringen ist, vorausgesetzt, dass beim Durchdrehen eine ausreichende Drehzahl erreicht wird. Die Durchdrehzahlgrenze liegt bei etwa 40 - 50 U/min. Die bei den oben angegebenen Versuchen mit dem Anlasser erreichten Drehzahlen sind relativ hoch und auf die Verwendung eines synthetischen Versuchsöles mit besonders gutem Kälteverhalten zurückzuführen. Die Drehzahlgrenze für das Anlassen ist dadurch bedingt, dass bei der verwendeten Pumpenart mit niedrigerer Kolbengeschwindigkeit die eingespritzte Kraftstoffmenge wegen der steil abfallenden Fördermengencharakteristik zu gering wird. Es wird dann kein zündbares Gemisch mehr erreicht. Bei der Fortsetzung der Versuche mit dieser Pumpe wurde die Fördermenge langsam, aber stetig geringer, was darauf zurückzuführen ist, dass die Leckverluste anscheinend infolge geringfügigen Verschleisses am Pumpenstempel anstiegen. Eine rohe Messung der Fördermengen ergab für Pumpendrehzahlen von 12 bis 45 U/min Fördermengen von 50 bis 120 mm<sup>3</sup> pro Hub. Dabei war der Druck auf der Saugseite der Pumpe schon bis auf 6 atü erhöht worden. Eine Einspritzmenge von 60 mm<sup>3</sup>/Hub entspricht bei dem verwendeten Motor etwa einer Luftzahl  $\lambda = 1$ . Schon bei den Einzylindervorversuchen hatte sich gezeigt, dass zum Anlassen mit Einspritzung am Verdichtungsende bei Temperaturen von  $-40^{\circ}$  und darunter eine Luftzahl von  $\lambda = 0,5$  bis 0,7 erforderlich ist, um mit ziemlicher Sicherheit ein zündfähiges Gemisch zu erreichen. Dieses Mischungsverhältnis, das zwar im Vergleich zum Anlassen mit Vergaser oder Einspritzung im Saughub als verhältnismässig sehr mager bezeichnet werden kann, wurde also bei der vorliegenden Pumpe schliesslich nur noch bei relativ hohen Anlasserdrehzahlen erreicht. Bei den Versuchen ergab sich noch, dass bei niedrigen Drehzahlen (unter 50 U/min) die Einspritzdüsen nicht mehr einwandfrei zerstäuben.

Es hat sich ferner gezeigt, dass beim Anlassen eine unnötige Überfettung des Gemisches ungünstig ist, weil dadurch Ausbildung sowohl am Kerzen-Isolator, als auch an den Ventilsitzen und -führungen eintreten und zu Störungen führen kann. Die Russchicht auf dem Isolator bewirkt, dass der Punkte über den Stein kriecht und nicht an den Elektroden überschlägt. Durch die Anwendung einer Hochspannungsspule konnte hier eine gewisse Verbesserung bemerkt werden. Durch das Ver-rüssen wurden die Ventile nach einiger Zeit undicht. Ausserdem blieben sie unter Umständen in den Führungen hängen.

Um die Mehrzylinderversuche mit der Einspritzpumpe fortsetzen zu können, sollen Pumpenstempel mit grösserem Fördervolumen eingebaut werden. Ausserdem will die Fa. Bosch Einspritzdüsen zur Verfügung stellen, welche sich besonders für das Einspritzen bei niedrigen Drehzahlen eignen.

### B) Versuche mit Kraftstoffverteiler.

Da grundsätzlich die Verwendung der üblichen Einspritzpumpe wegen ihrer steil abfallenden Fördercharakteristik im niedrigen Drehzahlbereich für das Kälteanlassen bei sehr niedrigen Drehzahlen ungeeignet erscheint, wurden Versuche mit Druckspeicherung des Kraftstoffes und Verteilung auf die einzelnen Zylinder durch einen Drehschieber durchgeführt. Hierfür wurden dieselben Einspritzdüsen wie bei den Versuchen mit Pumpe beibehalten. Ein Kraftstoffverteiler vom FKFS-Stuttgart

wies eine für den vorliegenden Zweck zu grosse Undichtigkeit zwischen Verteilerschieber und Hülse auf. Von der Versuchsabteilung der Firma Fordwerke Köln wurde entgegenkommenderweise ein etwas abgeändertes Verteileraggregat mit möglichst enger Passung für unsere Versuche angefertigt. Zunächst wurden damit in Vorversuchen die ungefähren Fördermengen bei verschiedenen Verteilerdrehzahlen festgestellt und erwartungsgemäss eine umgekehrte Abhängigkeit wie bei Einspritzpumpen beobachtet. Es zeigte sich aber, dass anscheinend auch mit einer sehr engen Passung bei der langsamen Drehbewegung der Kraftstoff schon zu den Düsen durchgelassen wird, noch ehe ein eigentliches Überschneiden der Steuerkanäle eintritt. Die Regelung ist also sehr schwierig und es ergeben sich im Gegensatz zur Einspritzpumpe bei den niedrigen Drehzahlen viel zu grosse und ungleichmässige Fördermengen für die einzelnen Zylinder.

Die bisherigen Versuche mit dem Verteiler verliefen wegen Überfettung und Verrussen weniger erfolgreich, als die mit der Einspritzpumpe. Aber auch hier konnten noch bei Temperaturen von unter  $-40^{\circ}$  Zündungen erzielt werden. Wegen der unregelmässigen Belieferung der einzelnen Zylinder kam der Motor aber nicht zum vollständigen Weiterlaufen. Es soll noch einmal versucht werden, mit einem neuen Verteiler mit noch feinerer Passung die mit diesem Einspritzsystem erzielbaren Werte festzustellen.

#### Zusammenfassung.

Durch Einspritzen des Kraftstoffes am Ende des Verdichtungshubes mit kurz danach folgender Zündung konnte ein Daimler-Benz 1,7 l-Motor (M 136) mit im Zylinderkopf angebrachten Einspritzdüsen, durch Anlassen mit dem Starter ohne Vorheizung und mit normal siedendem Kraftstoff (Flugkraftstoff B 4) noch bei Temperaturen unter  $-40^{\circ}$ C zum Zünden und nach etwa 30 sec. langem Durchdrehen zum Laufen gebracht werden, wie es auf Grund der vorhergegangenen Einzylinderversuchen erwartet worden ist.

Mit der vorhandenen Einspritzpumpe ergab sich die Grenze für das Anlassen durch die mit sinkender Anlassdrehzahl stark abfallende Fördermenge. Die Drehzahlgrenze betrug im vorliegenden Falle ca. 45 U/min. Bei ausreichender Fördermenge wird diese und damit die niedrigste Anlasstemperatur wahrscheinlich noch wesentlich herabgesetzt werden können.

Versuche mit einem Kraftstoffverteiler und druckgespeichertem Kraftstoff ergaben umgekehrt bei den niedrigen Drehzahlen zu grosse und allerdings auch zu unregelmässige Fördermengen. In diesem Falle bewirken geringe Undichtigkeiten bei niedrigen Drehzahlen eine Erhöhung der Fördermenge.

Die bis jetzt sowohl mit einer üblichen Einspritzpumpe, als auch mit einem Speicher-Verteilersystem aufgetretenen Schwierigkeiten bezüglich der Erzielung geeigneter Fördermengen und ihrer Regelbarkeit bei niedrigsten Drehzahlen sind voraussichtlich mit Hilfe einer Pumpe zu überwinden, bei welcher der Druckhub des Kolbens durch Freigabe einer Federvorspannung erfolgte. Es wird versucht, eine derartige Pumpe zu beschaffen.