

### Verwendeter Werkstoff

Für die Tunnelkonstruktion des Motorengehäuses wurde eine Aluminium-Guß-Legierung GAL Si 5 Cu 1 verwendet. Tabelle 1 zeigt eine Gegenüberstellung der physikalischen Werte des verwendeten Aluminiumguß-Werkstoffes zu dem bisher verwendeten Werkstoff GG 26:

Tabelle 1

	GAL Si 5 Cu 1	GG 26
Dichte	2,7 kg/dm <sup>3</sup>	≈ 7,8 kg/dm <sup>3</sup>
Wärmeleitfähigkeit	140 $\frac{\text{kcal}}{\text{m grd h}}$	50 $\frac{\text{kcal}}{\text{m grd h}}$
Lineare Ausdehnung (20 bis 100 grd)	22 · 10 <sup>-6</sup> $\frac{\text{cm}}{\text{cm grd}}$	10,4 · 10 <sup>-6</sup> $\frac{\text{cm}}{\text{cm grd}}$
Bruchfestigkeit	19 $\frac{\text{kp}}{\text{mm}^2}$	24 $\frac{\text{kp}}{\text{mm}^2}$

In der Gegenüberstellung der in der Tabelle enthaltenen Werte zeigen sich besonders die spezifischen Eigenschaften des verwendeten Aluminiumguß-Werkstoffes. Vor allem ist es die geringe Dichte von 2,7 kg/dm<sup>3</sup>, die zur Masseinsparung führt. Als besonders günstig bietet sich beim Aluminiumguß-Werkstoff auch die relativ gute Wärmeleitfähigkeit an, wodurch die beim Grauguß notwendige großvolumige Ölwanne wegfällt kann und trotzdem die Temperaturbelastung des Motorenöls in tragbaren Grenzen bleibt. Die beim Aluminiumguß-Werkstoff etwa doppelt so hohe lineare Ausdehnung (gegenüber dem Grauguß) muß bei der Konstruktion entsprechende Berücksichtigung finden. Die geringeren Festigkeitswerte des Aluminiumgusses ausgleichen zu können, erweist sich die geschlossene Bauform der Tunnelkonstruktion als besonders zweckmäßig.

### Beschreibung der ausgeführten Tunnelkonstruktion

Das Gehäuse ist geschlossen aufgebaut. Die Trennfläche im geteilten Gehäuse, entsprechend der bisher üblichen Konstruktion in Grauguß, entfällt (Bild 1). Die Kurbelwelle wird mit ihren Lagerbuchsen von der Schwungscheibenseite her durch Einstecken in das Kurbelgehäuse eingeführt (Bild 2). Vorgesehene Arretierschrauben sichern die Lagerschilder gegen Verdrehung. Vom Kurbelwellenrad wird die Ölpumpe angetrieben. Sie ist in das Lagerschild harmonisch eingebaut. Die Ölzuführung zu den einzelnen Lagerstellen erfolgt sowohl

durch eingegossene Ölkanäle im Gehäuse als auch durch ein vorgesehene Verbindungsrohr. Eine entsprechend den auftretenden Kräften vorgesehene Verrippung gibt dem Gehäuse seine besondere Steifigkeit. Das an der Seite vorgesehene relativ große Fenster sorgt für eine leichte Zugänglichkeit zu den Pleuelschrauben, was die Demontage von Kolben und Pleuelstange außerordentlich erleichtert. Die Pleuelschrauben brauchen nicht mehr wie bisher von unten nach Abnehmen der Ölwanne gelöst zu werden, sondern sind von der Seite leicht zugänglich. Das ist im Schlepperbau besonders vorteilhaft, weil hier der seitliche Zugang zum Gehäuse immer gewährleistet ist. Die bisher übliche Konstruktion des Kurbelgehäuses wiegt ohne Kurbelwelle, einschließlich Ölwanne, 100 kg. Beim neuen Gehäuse der Tunnelkonstruktion in Aluminiumausführung mit 49 kg ergibt sich eine Masseinsparung von 51 kg.

Der in der Entwicklung befindliche Motor mit Tunnelgehäuse wiegt 328 kg. Entsprechend den Leistungsdaten, Drehzahl 2000 min<sup>-1</sup>, Leistung 46 PS erhält man eine Leistungsmasse von 7,12 kg/PS. Stellt man die Daten des bisherigen Motors, Leistungsmasse 8,5 kg/PS bei einer Masse von 396 kg gegenüber, so erhält man eine Verringerung der Leistungsmasse von ≈ 17%.

Bei Verwendung von Aluminiumwerkstoffen ist einigen besonderen Eigenheiten dieses Werkstoffes Rechnung zu tragen. So müssen die angegossenen Augen für die Aufnahme von Schrauben entsprechend gestaltet werden, um der längeren Einschraubtiefe zu genügen. Ferner sind die eingesetzten Schrauben entsprechend zu behandeln, um eine Kontaktbildung, die starke Korrosionen verursachen kann, zu vermeiden.

Für eine Serienherstellung ergeben sich wichtige technologische Veränderungen, die in der Hauptsache in der Lagerung des rohen Gußstückes sowie in der Bearbeitung bestehen.

### Zusammenfassung

An der Entwicklung eines Kurbelgehäuses in Tunnelkonstruktion für den Motor 2 KVD 14,5 wurde gezeigt, daß eine direkte Masseverringerung des Motors durch Anwendung neuer Konstruktionsmerkmale und anderer Werkstoffe möglich ist.

### Literatur

Aluminium-Taschenbuch. Aluminium-Zentrale e.V., Aluminium-Verlag G.m.b.H., Düsseldorf.

A 4268



Ing. K.-J. SCHULZE, KDT, VEB Schlepperwerk Nordhausen.

## Luftgederter Vorderachse im Traktorenbau?

Ein Schlepper mit Masse  $G$  bewegt sich mit einer Fahrgeschwindigkeit  $v$  im Gelände. Dabei treten in allen schwingungsfähigen Teilen freie oder erzwungene Beschleunigungen auf. Durch die Kopplung einzelner Schwingungssysteme wird auch der Schleppersitz zu Schwingungsausschlägen angeregt, die den Schlepperfahrer oft in unangenehmem Ausmaß belästigen. Ein Prinzip unserer sozialistischen Gesellschaftsordnung ist die Sorge um den werktätigen Menschen, deshalb muß auch alles getan werden, um die Arbeit unserer Traktoristen zu erleichtern.

Eine der modernsten Federungsarten ist die Luftfederung. Es soll nun hier erörtert werden, ob sich die Luftfederung an einem Traktor mit ungefederter Hinterachse sinnvoll an der vorderen Pendelachse einsetzen läßt. Gleichzeitig wird die Untersuchung auf andere Federungssysteme ausgedehnt und ein Vorschlag für eine fortschrittliche Schleppervorderachse gegeben.

### 1 Rechnerische Grundlagen für die Gestaltung der Schlepperfederung

Die Vorderachsfederung eines luftbereiften Ackerschleppers mit ungefederter Hinterachse ist umstritten [1] [2]. Die Vorderachsfederung ist von Vorteil, wenn dadurch die schwingungstechnischen Eigenschaften des Schleppers verbessert werden. Durch ein Ersatzschema lassen sich die Schwingungsvorgänge am Schlepper vereinfachen und rechnerisch erfassen. Bei dem im Bild 1 dargestellten Grundschema ist das gekoppelte System der Sitzschwingungen nicht berücksichtigt. Gleichzeitig können die geschwindigkeitsabhängigen Dämpfungswerte nicht erfaßt werden.

Das gezeichnete System kann beim Überfahren von Hindernissen Hub- und Nickschwingungen auslösen, wobei sich letztere besonders auf den Schlepperfahrer unangenehm auswirken, da sie den Sitz zu Schwingungen anregen. Um dies zu vermeiden, trachtet man danach, die Eigenfrequenzen des gekoppelten Systems der Vorderachse weit auseinanderzulegen, damit von der Vorderachse keine zusätzlichen Nickschwingungen durch Resonanzüberlagerung eingeleitet werden.

Nach HAACK [1] gelten für die Grundschwingungen folgende Beziehungen:

$$\omega^2 = \frac{c_{res}}{m_v} \quad \text{hierin} \quad m_v = \frac{G_v}{g} \quad \begin{matrix} (G_v \text{ Vorderachsbelastung}) \\ (c_{res} \text{ result. Vorderachsfederzahl}) \end{matrix}$$

$$c_{res} = \frac{c_1 \cdot c_2}{c_1 + c_2} \quad (g \text{ Erdbeschleunigung})$$

Um reine Hubschwingungen zu erhalten, wird symmetrische Federung gefordert, d. h. das Moment der Vorderachsfederung bezogen auf den Schwerpunkt ist gleich dem Moment der Hinterachsfederung.

$$c_{res} \cdot \Delta x \cdot l_1 = c_3 \cdot \Delta x \cdot l_2$$

und

$$\frac{c_1 \cdot c_2}{c_1 + c_2} \cdot l_1 = c_3 \cdot l_2$$

Hieraus ergibt sich die zu fordernde Federzahl  $c_2$  der Vorderachsfederung zu:

$$c_2 = \frac{c_1 \cdot c_3}{c_1(\lambda - 1) - c_3} \quad \text{hierin} \quad \lambda = \frac{l}{l_2}$$

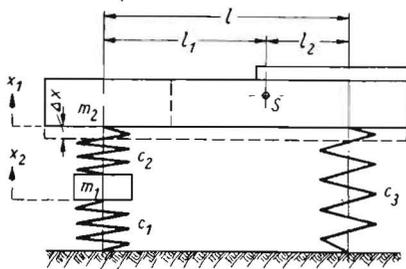


Bild 1. Ersatzschema eines Schleppers mit gefederter Vorderachse

Bild 2. Schwingverhalten der Gummifeder

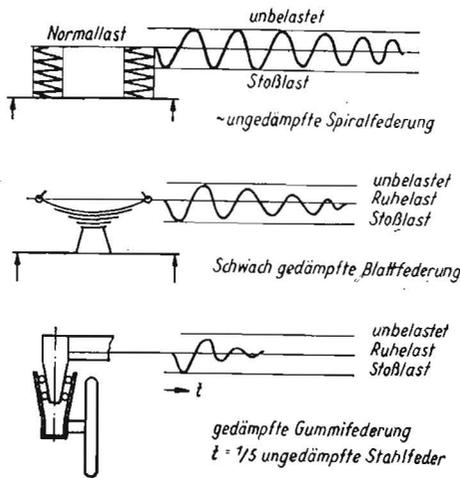


Bild 3 (unten). Studienentwurf einer Gummifederung für Traktorvorderachse. Federungssystem: Einzelfederung; Federelement: Hohlgummifeder; Federcharakteristik: Federweg  $f_{max} \approx 43$  mm, dynamische Federkonstante  $c_{dyn} = 220$  kp/cm im Hauptarbeitsgebiet progressiv ansteigend, Federkraft  $P_{max} = 1000$  kp; Dämpfungsvermögen  $\approx 20\%$ . Gezeichnet ist die Vorderachse in unbelastetem Zustand, die statische Einfederung beträgt  $\approx 2$  cm

Die so ermittelte Federzahl soll nicht unterschritten werden, da sich sonst eine „negative Federkopplung“ ergibt, die das System zu Nickschwingungen anregt und damit die Belästigung des Fahrers steigert. Durch diese Rechnung ergeben sich häufig sehr harte Federelemente, die oft unzuweckmäßig sind, weil sie nur noch harte Schläge der Fahrbahn als Puffer mildern. Bei angekoppelten Geräten verschiebt sich der Schwerpunkt, damit wird die zu fordernde Federzahl weicher. Grundsätzlich sind die Nickschwingungen durch Kopplung der schwingungsfähigen Bauteile mit den Hubschwingungen verbunden. Bei HAACK finden sich konstruktive Hinweise über die Verteilung der Schleppergesamtmasse zur Lage des Schwerpunktes, damit die Fahreigenschaften verbessert werden.

## 2 Untersuchung einzelner Federungsarten

Für ein vorhandenes Fahrzeug werden an die Federelemente einer einzelradgefederten Pendelachse folgende Forderungen gestellt:

$$180 \text{ kp/cm}^2 < c_{dyn} < 250 \text{ kp/cm}^2 \text{ bei } P = 250 \text{ bis } 600 \text{ kp}$$

$$c_{dyn} > 250 \text{ kp/cm}^2 \text{ für } P > 600 \text{ kp (progressiv bis } P_{max} = 1000 \text{ kp)}$$

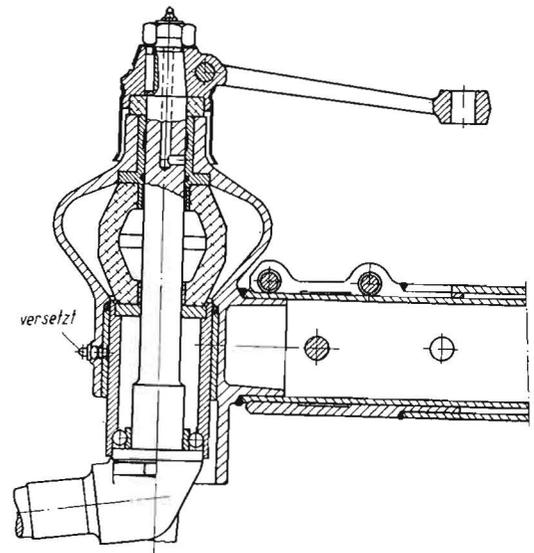
Zusätzlich ist eine gewisse Dämpfung zu fordern, um die Nachschwingzeit zu verkürzen. Die Dämpfung sollte den Werten des Kraftfahrzeugbaues angenähert werden [2].

Um die Federung optimal auszulegen, wollte man die neuzeitliche Luftfederung einsetzen. Da sich aber schon bei Aufnahme der Arbeiten zeigte, daß hier ein Lösungsweg nicht zu finden ist, wurden die Untersuchungen auf folgende Federungsarten ausgedehnt:

Luftfederung, Ölfederung INR (innere Niveau-Regelung), Gummifederung sowie Federung mit herkömmlichen Stahlfederelementen.

Das Ergebnis zeigte, daß sich die Vorteile der Luftfederung und der im ZEK entwickelten Ölfederung INR 3 nicht nutzen lassen. Auf Grund der angeführten Berechnungsmethode werden recht harte Federungen gefordert. Die Vorteile der Luftfederung sind aber gerade die Möglichkeiten zur besonders weichen Federung von Fahrzeugen und lassen sich nur in relativ schnellen Fahrzeugen nutzen, die mit unterschiedlicher Leer- und Nutzlast gefahren werden und für die dabei höchster Fahrkomfort gefordert wird; das trifft für einen Traktor jedoch nicht zu. Den Vorteilen stehen zudem eine Reihe von Nachteilen gegenüber, die beide Federungsarten für den vorgesehenen Verwendungszweck unbrauchbar erscheinen lassen.

Die Gummifederung (Bild 2) weist neben den Vorteilen der Stahlfederung als einen wesentlichen Faktor eigene Dämpfungseigenschaften auf. Wenn auch die Dämpfungswerte nicht den Erfordernissen des PKW-Baues entsprechen, so sind sie doch für den vorgesehenen Verwendungszweck von Bedeutung. Die Gegenüberstellung von Vorteilen (Verlauf der Federkennlinie; variabel entsprechend dem Verwendungszweck, progressiv bei Druckfedern; gute Dämpfungswirkung (s. a. Bild 2); harte Schläge lassen sich auf kurzen Wegen weich abfangen; wartungsfrei; lange Nutzungsdauer) und Nachteilen (Kennlinienverlauf recht steil, Federwege gering; Anpassung der Feder an veränderliche Lasten nur bedingt durch Federkopplung; Verminderung des Federwegs durch statische Einfederung bei veränderlicher Belastung; Eigenfrequenz unterschiedlich; zulässige Dauerbelastung wegen innerer Erwärmung sehr gering, daher große Dimensionen; bei Vergrößerung des Federweges weitere Vergrößerung der Abmessungen; bei dynamischer Belastung Verhärtung der Federkennlinie; erhöhte Anforderungen an den Werkstoff in bezug auf Alterungsbeständigkeit und Kriechen) zeigt eindeutig, daß in der Gummifederung ein modernes Federungs-



element mit ausreichender Wirtschaftlichkeit gefunden werden kann. In einigen Entwürfen wurden ihrer Vorteile wegen verschiedene Gummifederelemente nach Angaben von GÖBEL [4] eingesetzt.

## 3 Vorschlag einer gummigefederten Traktorpendelachse

Es ist möglich, folgende Federungselemente konstruktiv für die Einzelradfederung einzusetzen: Hülsenfeder auf Parallelschub beansprucht, Druckfederung ähnlich der Härterfeder, Druckfederung ähnlich der Schlüter-Schlepperabfederung sowie Gummihohlfeder (Mulco-Feder).

### 3.1 Hülsenfederung

Die Federung gestattet eine progressive Kennliniengestaltung durch Ausschaltung einzelner Hülsen. Für die auf Parallelschub beanspruchte Feder können Dauerfestigkeitswerte von  $\pm 4$  kp/cm<sup>2</sup> angesetzt werden. Die spezifische Arbeitsaufnahme beträgt  $\approx 30$  kpm/kg. Als besonderer Nachteil wird die einwandfrei auszuführende Vulkanisation zwischen Hülsen und Gummischichten angesehen. Auf Grund der niedrigen spezifischen Belastungen sind die Federelemente recht groß.

### 3.2 Druckfedern

Die spezifische Arbeitsaufnahme beträgt bei Druckfedern  $\approx 25$  kpm/kg. Die zulässige Dauerbeanspruchung kann  $\pm 10$  kp/cm<sup>2</sup> betragen und liegt damit günstiger als bei der Hülsenfeder. Die Abmessungen der Federelemente sind jedoch recht groß, die Federwege sind klein, damit werden die Federn sehr hart.

### 3.3 Hohl-gummifeder

Als günstigstes Federelement erscheint für den vorgesehenen Verwendungszweck die Gummihohlfeder [5]. Es sind bereits Federn eingesetzt, die Stoßbelastungen bis  $60$  kp/cm<sup>2</sup> ohne Ausfälle über-

# Die Kraftstoff- und Einspritzanlage des Motors FD 21 im Geräteträger RS 09

## I Beschreibung und Funktion

### 1.1 Kraftstoffumlauf (Bild 1)

Der Diesekraftstoff fließt vom Kraftstoffbehälter *a* zur Förderpumpe *b* (mit Handpumpe *c* und Grobfilter *d*) weiter durch das Kraftstofffilter *e* zur Einspritzpumpe *g*. Die Einspritzpumpe drückt ihn über den Düsenhalter mit Düse *i* in den Verbrennungsraum. Durch die Lecköl- und Überlaufleitung *p* gelangen der zuviel geförderte Kraftstoff und das Lecköl von den Düsen in den Tank zurück.

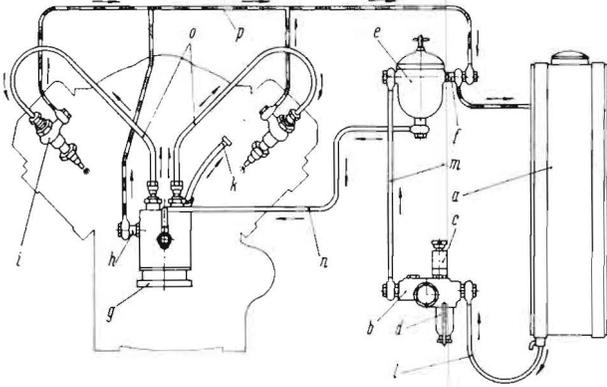


Bild 1. Kraftstoffumlaufschema.

*a* Kraftstoffbehälter, *b* Förderpumpe, *c* Handpumpe, *d* Grobfilter, *e* Kraftstofffilter, *f* Überströmventil, *g* Einspritzpumpe, *h* Überströmventil, *i* Düsenhalter mit Düse, *k* Entlüftungsleitung, *l* Kraftstoffleitung zur Förderpumpe, *m* Kraftstoffleitung zum Filter, *n* Kraftstoffleitung zur Einspritzpumpe, *o* Druckleitungen, *p* Lecköl- und Überlaufleitung

(Schluß von Seite 315)

standen haben. Die spezifische Arbeitsaufnahme kann bis 50, in Ausnahmefällen bis 100 kpm/kg gesteigert werden. Die Feder-elemente weisen gute Dämpfungseigenschaften auf. Die Abmessungen sind relativ klein. Als besonderer Vorteil ergibt sich eine Pumpwirkung im Betrieb, die die Kühlung günstig beeinflusst.

### 3.4 Konstruktiver Vorschlag einer Vorderachse

Im Bild 3 wird ein Vorschlag für eine neuzeitliche Traktovorderachse gemacht. Die Achse ist eine Pendelachse mit Einzelradfederung. Die Feder-elemente sind Hohl-gummifedern. Gegenüber einer Stahlschraubenfeder weisen die Gummifedern Dämpfungswerte um 20% auf. Für den praktischen Fahrbetrieb ergibt sich eine Vergrößerung der Dämpfung durch Reibung der bewegten Teile. Mit dieser Achse ist eine Verbesserung der schwingungstechnischen Vorgänge am entsprechenden Fahrzeug möglich.

## 4 Zusammenfassung

In Auswertung einer angeführten Berechnungsmethode für die Vorderachsfederung von Traktoren ist die Möglichkeit zur Einführung der Luftfederung im Traktorenbau geprüft. Dabei konnte festgestellt werden, daß bei der derzeitigen Konzeption der Traktoren mit ungefederter Hinterachse die Einführung der Luftfederung unzweckmäßig ist. Im Verlauf der Arbeit wird auf die Gummifeder-elemente verwiesen und ein Vorschlag für eine zweckmäßige Konstruktion gegeben, die auf Grund ihrer besseren schwingungstechnischen Eigenschaften die Belästigung des Schlepperfahrers vermindert.

Es muß aber in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen werden, daß alle Betrachtungen ohne Einbeziehung des gekoppelten Systems des Sitzes geschehen sind. Es werden sich keine durchgreifenden Vorteile erzielen lassen, wenn man der Konstruktion des Sitzes, seiner Abfederung und Dämpfung nicht die größte Aufmerksamkeit widmet.

## Literatur

- [1] HAACK, M.: Über die Vorderachsfederung luftbereifter Ackerschlepper mit ungefederter Hinterachse. Landtechnische Forschung (1954), H. 1.
- [2] DILG: Untersuchung der Federung von Ackerschleppern. Diplomarbeit TH Dresden 1959.
- [3] BITTEL, K.: Ölfeder INR. Kraftfahrzeugtechnik (1960), Heft 1, 2, 3.
- [4] GÖBEL: Berechnung und Gestaltung von Gummifedern. 2. Auflage 1955.
- [5] BUCK, W.: Die Gummihohlfeder als neues Feder-element. Lastauto und Omnibus. Januar 1955

A 4301

### 1.11 Kraftstoffbehälter mit Kraftstoffhahn

Der Kraftstoffbehälter faßt 25 l. Der Austritt des Kraftstoffes erfolgt über einen Dreiwege-Hahn, der als Sicherung gegen Kraftstoffmangel eine Reservestellung hat, bei deren Einschalten sich noch  $\approx 4$  l Kraftstoff im Behälter befinden. Es wird jedoch empfohlen, niemals solange zu fahren, daß ein Umschalten auf Reservestellung erforderlich ist, da hierbei die Einspritzpumpe leer läuft und das gesamte Leitungssystem wieder entlüftet werden muß. Aus diesem Grunde darf man auch den Motor nicht durch Sperren der Kraftstoffzufuhr abstellen. Ein Sperren des Kraftstoffhahnes hat nur dann zu erfolgen, wenn man bei Reparaturen die Kraftstoffleitung *l* abschrauben muß. Der Kraftstoffhahn ist noch mit einem Vorfilter und Wasserschack ausgerüstet.

### 1.12 Förderpumpe mit Handpumpe und Grobfilter

Die Kraftstoff-Förderpumpe *b* ist eine einfachwirkende Kolbenpumpe. Sie wird durch einen Nocken der Andrehklau, die auf dem einen Ende der Nockenwelle sitzt, angetrieben.

Der Kolben saugt beim federgesteuerten Abwärtsgang (in Richtung zum Nocken) über das Grobfilter *d* und Ansaugventil Kraftstoff an und drückt ihn beim Hochschieben über ein Druckventil zum Kraftstofffilter *e*. Im gesamten Drehzahlbereich ist die Fördermenge größer als der tatsächliche Bedarf, der Kolbenhub ist konstant. Die Handpumpe *c* ermöglicht ein Vorpumpen des Kraftstoffes vor dem Starten des Motors und erleichtert dadurch den Anlaßvorgang.

### 1.13 Kraftstofffilter mit Überströmventil

Durch das Kraftstofffilter wird der Kraftstoff vor Eintritt in die Einspritzpumpe von allen Verunreinigungen, wie Sand, Staub u. a. m. befreit, um vorzeitigen Verschleiß oder Beschädigungen der fein eingepaßten Pumpenelemente auszuschalten.

Für den Motor FD 21 wird das Kraftstofffilter FDM 60-1 mit einem Zellstoff-Labyrinth-Filtereinsatz und Überströmventil verwendet. Die Wirkungsweise des Filters ist aus Bild 2 ersichtlich. Durch die Einlaufbohrung (gegenüber dem Überströmventil *e*) gelangt der Kraftstoff in das Filtergehäuse *g*, das einen Schmutzabsatzraum *n* unterhalb des Filtereinsatzes hat. Nach Eintritt in das Filter durchdringt der Kraftstoff den Zellstoff-Filtereinsatz *i* und gelangt dann durch die Ablaufbohrung des Gewindebolzens *i* zur Einspritzpumpe. Durch den Filtereinsatz werden alle Verunreinigungen abgeschieden, so daß zur Einspritzpumpe nur ein einwandfrei gefilterter Kraftstoff gelangt.

Da sich im Kraftstoffsystem erfahrungsgemäß leicht Luft ansammeln kann, die zu einem unregelmäßigen Lauf des Motors oder zum Stillstand führt, wirkt das Kraftstofffilter gleichfalls noch als Aufnahmegefäß für die ausgeschiedene Luft. Diese wird zugleich mit dem

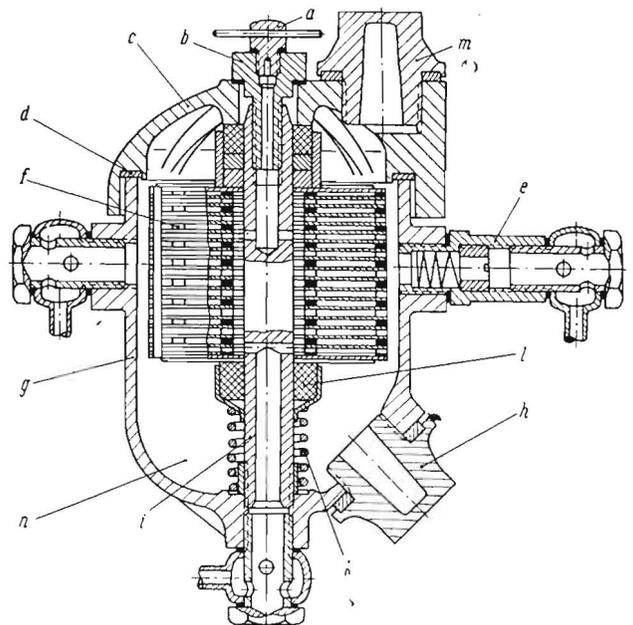


Bild 2. Kraftstofffilter mit Überströmventil.

*a* Entlüftungsschraube, *b* Anschlußschraube, *c* Deckel, *d* Dicht-ring, *e* Überströmventil, *f* Filtereinsatz, *g* Gehäuse, *h* Verschlußschraube, *i* Gewindebolzen, *k* vollständige Druckfeder, *l* Fassung mit Filzring, *m* Verschlußschraube, *n* Schmutzabsatzraum