

# Auswirkungen richtig eingestellter Einspritzanlagen des Motors 4 VD 14,5/12-1 SRW auf den spezifischen Kraftstoffverbrauch

Dipl.-Ing. H. Stobinsky, KDT, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik

## 1. Problem

Bei allen sich im Einsatz befindlichen Dieselmotoren treten Verststellungen außerhalb der vom Konstrukteur vorgeschriebenen Toleranzbereiche infolge von Abnutzung und Fehleinstellung auf, die Abweichungen der technischen Parameter der Einspritzanlage und damit Störungen im Motorbetrieb, verbunden mit erhöhtem spezifischem Kraftstoffverbrauch, starker Abgastrübung sowie thermischer Überlastung, verursachen. Untersuchungen von Ursachen operativer Überprüfungen, die wegen offensichtlichen Mängeln an Traktoren vom Typ ZT300/303 notwendig waren, ergaben, daß rd. 70% der Gründe für operative Überprüfungen in defekten Einspritzpumpen zu sehen waren und ein Drittel davon aus Fehleinstellungen infolge Instandsetzung oder bewußter Verststellung resultierten [1]. Diese Untersuchungen bestätigen erneut die Notwendigkeit der Überprüfung von Nennmaßen und Einbauspelen der Einspritzanlage.

## 2. Abweichungen ausgewählter Parameter

Bei verschiedenen Abweichungen bestimmter Parameter (Tafel 1), die mit Hilfe entsprechender Meßtechnik, wie z. B. dem Diagnosegerätesystem DS 1000 [2], erkannt werden können, sind entsprechend der Bauform der Motoren verschiedene Einstellarbeiten möglich. In den folgenden Betrachtungen soll auf einige ausgewählte Einflußgrößen detailliert eingegangen werden.

Tafel 1. Einstellparameter an Baugruppen der Einspritzanlage

Baugruppe	Einstellparameter
Einspritzpumpe	- Einspritzzeitpunkt
	- Einspritzmenge
	- Nutzhublage
Spritzversteller	- Verstellwinkel
Einspritzdüse	- Abspritzdruck

## 2.1. Abweichungen der Fördermenge

Die Einspritzpumpe fördert eine bestimmte Kraftstoffmenge, die sich nach der Leistungsabforderung richtet und durch die maximale Fördermengeneinstellung begrenzt ist, vorausgesetzt, die Einstellung der Einspritzpumpe entspricht den Prüfvorschriften für Dieseleinspritzpumpen [3].

In einigen Praxisbetrieben kommt es heute noch sehr oft vor, daß die maximale Fördermengeneinstellung an den Einspritzpumpen bewußt überschritten wird, um Leistungssteigerungen zu erzielen, ohne daß dabei die sich rapide verschlechternden Verbrennungsbedingungen und der damit verbundene erhöhte Kraftstoffverbrauch berücksichtigt werden.

Um dieser Tatsache nachzugehen, wurde eine Überprüfung der Fördermengeneinstellung in verschiedenen Betrieben mit Hilfe von Einspritzpumpenprüfständen (Star 8 bzw. Star 12) durchgeführt. Nach Untersuchungen von Grieb [1] ist mit zunehmender Instandhaltungstechnischer Betreuung der Traktoren auch eine Senkung der auftretenden Störungen zu verzeichnen. Bezüglich der Störungsursache „Verstellung der Einspritzpumpe“ ergab sich bei Traktoren ZT300/303 mit planmäßigen Überprüfungen ein Anteil von 34% und ohne planmäßige Überprüfungen ein Anteil von 43%. Ausgehend von diesen Erkenntnissen erfolgte die Auswahl und Einteilung der Betriebe, in denen Untersuchungen vorgenommen wurden:

- **Betrieb I:** gut funktionierende Pflege-/Diagnosestation, Einhaltung der Pflegeordnung, DS 1000, Einspritzpumpenprüfstand
- **Betrieb II:** keine Pflege-/Diagnosestation, keine vollständige Einhaltung der Pflegeordnung
- **Betrieb III:** VEB KfL; Einzugsbereich für NKW W50 bildet ein Kreisgebiet aus Betrieben, die über kein DS 1000 verfügen.

In Auswertung der Untersuchungen (Tafel 2) kann folgendes eingeschätzt werden:

- Die Anzahl der Einspritzpumpen mit Abweichungen der Fördermenge über dem konstruktiv vorgegebenen Einstellbereich im Betrieb I mit 25% (Bild 1) ist wesentlich geringer als im Betrieb II (Bild 2) und im Betrieb III (Bild 3) mit jeweils rd. 70%.
- Die Abweichungen der Fördermenge unterhalb des Einstellbereichs im Betrieb I mit einem Anteil von 30% entstehen infolge Einhaltung der Rauchdichte bzw. durch Einstellfehler in der Instandsetzung.
- Der Mittelwert der Fördermenge im Betrieb I mit  $18,7 \text{ cm}^3/200 \text{ Hübe}$  liegt im konstruktiv vorgegebenen Einstellbereich, wogegen in den Betrieben II und III die

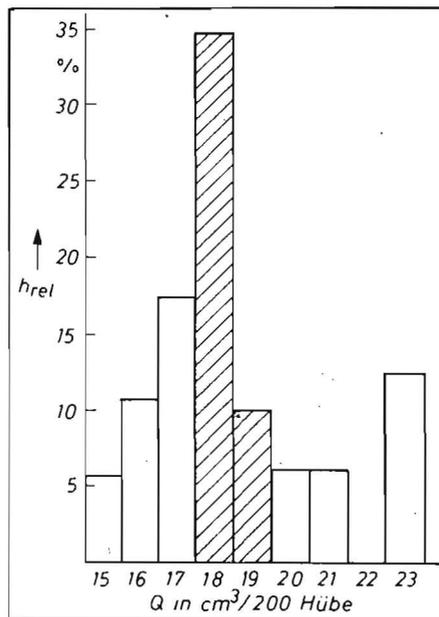


Bild 1. Relative Häufigkeit  $h_{rel}$  der Fördermenge  $Q$  der Einspritzpumpen am ZT300 im Betrieb I ( $n = 24$ ); schraffiert: konstruktiv vorgegebener Einstellbereich

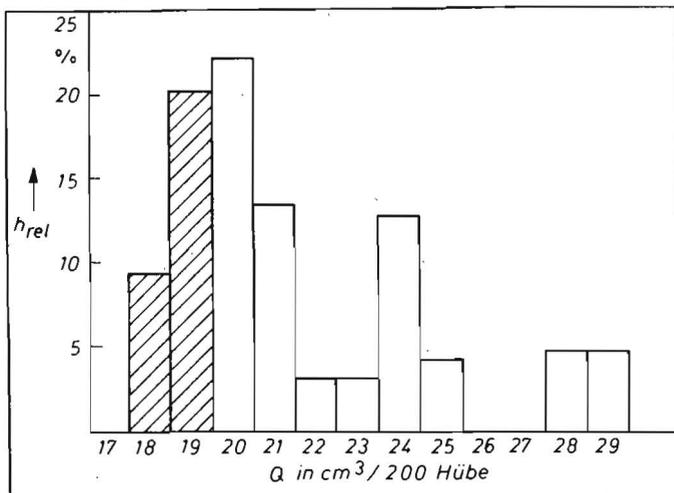
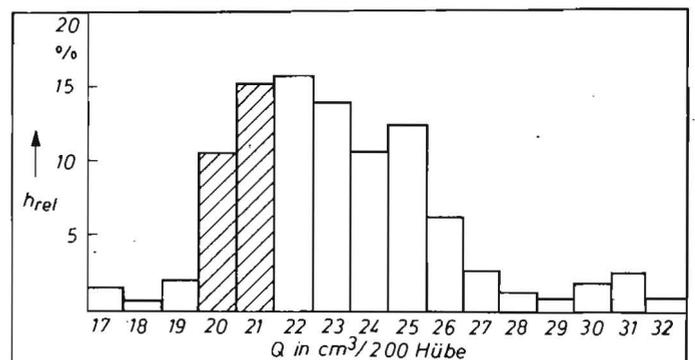


Bild 2. Relative Häufigkeit  $h_{rel}$  der Fördermenge  $Q$  der Einspritzpumpen am ZT 300 im Betrieb II ( $n = 25$ )

Bild 3. Relative Häufigkeit  $h_{rel}$  der Fördermenge  $Q$  der Einspritzpumpen am W50 im Betrieb III ( $n = 144$ )



Mittelwerte um rd. 2 cm<sup>3</sup>/200 Hübe über dem Einstellbereich liegen.

- Die durchschnittliche Abweichung der Fördermenge von Einstellbereich ist ebenfalls im Betrieb I mit 14% geringer als im Betrieb II mit 17% und im Betrieb III mit 16%.

Als Begründung für das absolut bessere Abschneiden des Betriebs I müssen die günstigen Prüf- und Einstellbedingungen angesehen werden.

Welche Auswirkungen die ermittelten Abweichungen der Fördermenge auf den spezifischen Kraftstoffverbrauch haben, kann nicht eindeutig ausgesagt werden, da ein gewisser Teil der erhöhten Fördermenge unter ungünstigen Verbrennungsbedingungen in Leistung umgesetzt wird, was eine ungegerechtfertigte Erhöhung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs verursacht. Versuche auf dem Motorprüfstand mit erhöhten Fördermengen (Bild 4) haben ergeben, daß ein erheblicher Anstieg des spezifischen Kraftstoffverbrauchs bei voller Ausschöpfung der Fördermenge zu verzeichnen ist.

Anhand der Untersuchungsergebnisse aus den Betrieben I, II und III kann eingeschätzt werden, daß bei Abweichungen der Fördermenge zwischen folgenden Ursachen unterschieden werden muß:

- bewußte Verstellungen (Fördermengenverstellungen über den konstruktiv vorgegebenen Einstellbereich hinaus)
- Fehleinstellungen infolge von Instandsetzungsarbeiten in spezialisierten Instandsetzungswerken bzw. in Werkstätten des VEB KfL oder der LPG
- Abnutzung.

Bei der Betrachtung der relativen Häufigkeit der Fördermenge (Bilder 1 bis 3) ist nach dem vorgeschriebenen Einstellbereich in einem Bereich von rd. 2 bis 3 cm<sup>3</sup>/200 Hübe ein Abfall der relativen Häufigkeit und danach ein weiterer Anstieg zu erkennen. Dieser Anstieg wird eindeutig durch bewußte Fehleinstellungen der Fördermenge verursacht. Werden die vorliegenden Untersuchungsergebnisse unter diesem Gesichtspunkt betrachtet, so ergeben sich beim ZT 300 im Betrieb I rd. 12%, im Betrieb II rd. 29% sowie im Betrieb III rd. 29% bewußte Fehleinstellungen. Durch regelmäßige Kontrolle (im Betrieb I) konnte der Anteil der bewußten Fehleinstellungen um mehr als die Hälfte gesenkt werden.

Der verbleibende Anteil bewußter Fehleinstellungen von 12% im Betrieb I wurde durch mangelnde Konsequenz bei der Verplombung der Einspritzpumpen und die sich

daraus ergebenden Möglichkeiten zur bewußten Verstellung verursacht.

Der hohe Anteil bewußter Fehleinstellungen von 29% in den Betrieben II und III ist eindeutig durch fehlende Kontrolle der Einspritzpumpe und der Verplombung entstanden.

Für die Maschinen aus den Betrieben II und III muß aber auch beachtet werden, daß aufgrund fehlender Prüf- und Einstellmöglichkeiten beim Schadensbild „Motor zieht nicht“, was bei operativen Überprüfungen mit rd. 45% am häufigsten auftritt, oft fälschlicherweise der einfache Weg der Fördermengenerhöhung gegangen wird. Gerade aus der Sicht des optimalen Kraftstoffeinsatzes kommt aber der Erkennung und Beseitigung dieser erheblichen Abweichungen der Fördermenge eine entscheidende Bedeutung zu, da hier absolut zuviel Kraftstoff dem Verbrennungsprozeß zugeführt wird, was in keinem Verhältnis zur erreichten Leistungssteigerung steht. Auf Prüfstandversuchen wurde eindeutig festgestellt, daß mit einer erhöhten Fördermenge der spezifische Kraftstoffverbrauch wesentlich ansteigt (Bild 4).

Ausgehend vom Kennfeld des Motors 4 VD 14,5/12-1 SRW ist es eindeutig, daß eine überhöhte Fördermenge in gewissen Grenzen ein größeres Drehmoment erzeugt, der auftretende spezifische Kraftstoffverbrauch sich aber immer weiter vom minimalen Bereich entfernt und die Rauchgrenze überschritten wird. Beim optimalen Betrieb des Dieselmotors ist zu gewährleisten, daß bei verschiedenen Drehzahlen und Belastungen die einzelnen Zylinder eine gleiche Einspritzmenge erhalten, d. h. Gleichförderung besteht.

Auftretende Mengenungleichheiten, die nach bisherigen Untersuchungen zwischen 0,9 und 1,3 cm<sup>3</sup>/200 Hübe (Tafel 3) liegen, weichen teilweise wesentlich von der Vorgabe von 0,6 cm<sup>3</sup>/200 Hübe [3] ab. Dadurch werden Verschlechterungen von Leistung und Kraftstoffverbrauch sowie ein unruhiger Lauf des Motors hervorgerufen. Die Ursachen auftretender Ungleichheiten der För-

Tafel 3. Fördermengenungleichheiten an Einspritzpumpen verschiedener Maschinentypen

Betrieb	I	II	III
Maschinentyp	ZT 300	ZT 300	W50
Mittelwert	1,35	0,82	0,90
Standardabweichung	0,80	0,80	1,20
Stichprobenumfang n	24	25	144

dermengen bei Einspritzpumpen sind in unterschiedlichen Abnutzungsverläufen der Elemente und in Fehleinstellungen zu suchen. Prüfstandversuche haben ergeben, daß durch Mengenungleichheiten von

Fortsetzung auf Seite 409

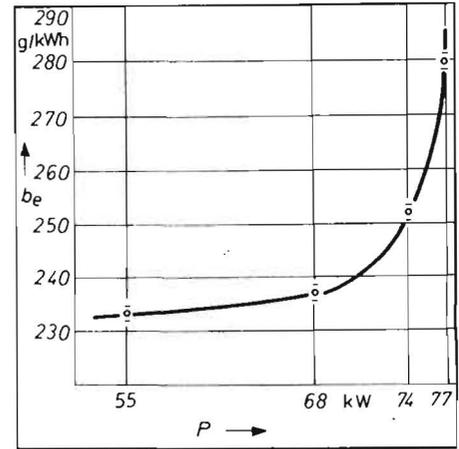


Bild 4. Experimentell ermittelter spezifischer Kraftstoffverbrauch  $b_e$  in Abhängigkeit von der Leistung  $P$  bei einer maximalen Fördermengeneinstellung  $Q_{max} = 23 \text{ cm}^3/200 \text{ Hübe}$  [4];  $n = 1800 \text{ min}^{-1}$

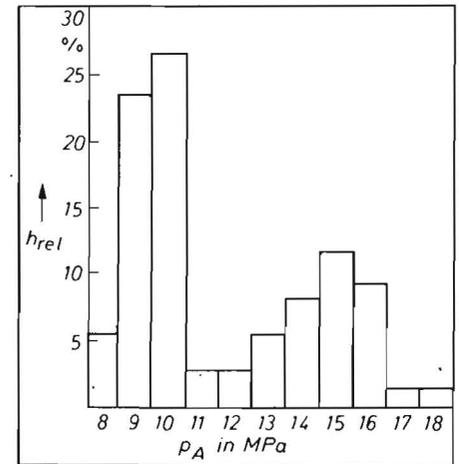
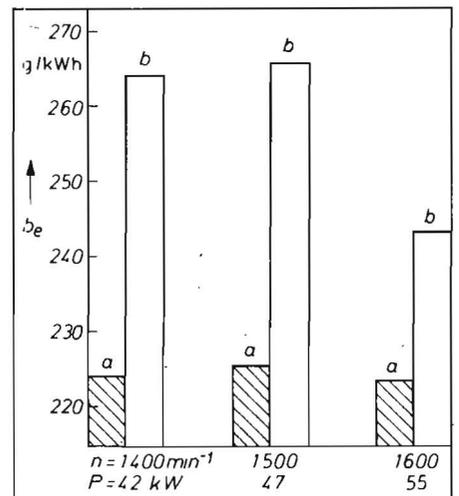


Bild 5. Relative Häufigkeit  $h_{rel}$  des Abspritzdrucks  $p_A$  der Einspritzdüsen am ZT 300/303 ( $n = 108$ )

Bild 6. Experimentell ermittelter spezifischer Kraftstoffverbrauch  $b_e$  bei Änderung des Abspritzdrucks  $p_A$  der Einspritzdüsen [4];  $a_{p_A} = 17,16 \text{ MPa}$ ,  $b_{p_A} = 12,75 \text{ MPa}$



Betrieb	Maschinentyp	Anzahl der Maschinen	Mittelwert der Fördermenge	Variationskoeffizient	Einstellung der Fördermenge im konstruktiv vorgegebenen Einstellbereich	Einstellung der Fördermenge über dem konstruktiv vorgegebenen Einstellbereich	Abweichung der Fördermenge vom Sollwert
			cm <sup>3</sup> /200 Hübe	%	%	%	%
I	ZT 300	24	18,7	0,11	45	25	14
II	ZT 300	25	21,3	0,17	30	70	17
III	W50	144	23,7	0,12	25	70	16

Tafel 2. Fördermengeneinstellung der Einspritzpumpen (EP) in den untersuchten Betrieben



## Oberingenieur Dipl.-Agr.-Ing.-Ök. Lothar Schumann

Im März dieses Jahres feierte Genosse Oberingenieur Lothar Schumann seinen 50. Geburtstag. Er kann auf eine 33jährige Tätigkeit in der landtechnischen Instandhaltung zurückblicken.

Nach dem Abschluß der Schule durchlief er die Lehrausbildung im VEB LEW Hennigsdorf als Maschinenschlosser. Aber die Landtechnik reizte ihn mehr, und so begann er 1952 als Schlosser in der MTS Flatow, Bezirk Potsdam. Seine Spezialität wurde die Instandsetzung der Raupenschlepper, und der Name „Raupe-Schumann“ stand für Qualität, aber auch für ein offenes Wort und ein tatkräftiges Zugreifen an der Stelle, wo es notwendig war. Damit war sein Weg – wie der vieler Landtechniker der MTS-Generation – vorgezeichnet: 1956 Brigadier, 1958 Meisterstudium, 1959 Werkstattmeister, Kandidat und Mitglied der SED, kombiniertes Ingenieurstudium an der Ingenieurschule für Landtechnik Berlin-Wartenberg, 1960 Tech-

nischer Leiter der MTS Flatow, 1963 Direktor der RTS Eichstätt, 1964 Direktor des Kreisbetriebs für Landtechnik Oranienburg.

Auch in dieser Leitungsfunktion zeichnete ihn das aus, was für seine Arbeit charakteristisch ist: eng verbunden mit seinem ganzen Kollektiv, offenherzig, zupackend, neuen Problemen aufgeschlossen, bereit, neue Fragen zu lösen – sowohl in der Instandhaltung als auch beim Bau von Rationalisierungsmitteln. So wurde der VEB KfL Oranienburg als Produzent der ersten Hochaufsatzbordwände für die NKW W50 zum Futtertransport, aber auch für die ersten Experimente der schadbezogenen Instandsetzung von Baugruppen bekannt.

Seine Erfahrung und sein Können führten den Genossen Schumann 1973 zur Berufung in des Staatliche Komitee für Landtechnik bzw. 1975 in das Ministerium für Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft als Leiter der Instandhaltung/Instandsetzung. Die

Lösung vieler Aufgaben in der spezialisierten Instandsetzung, der Einzelteilinstandsetzung, der Produktion von Rationalisierungsmitteln und der schadbezogenen Instandsetzung ist ebenso wie die Lösung mancher operativ zu klärender Probleme mit seinem Namen verbunden.

Im Jahr 1981 setzte er sich nochmals auf die Schulbank und absolvierte ein mehrjähriges Hochschulfernstudium.

Genosse Lothar Schumann hat sich in der Land-, Forst- und Nahrungsgüterwirtschaft, aber auch in kooperierenden Volkswirtschaftszweigen der DDR sowie international in der Sowjetunion und den anderen Brudersländern hohes Ansehen erworben, nicht zuletzt durch sein langjähriges Wirken in der Kammer der Technik. Seit 1973 gehört er dem Redaktionsbeirat der Zeitschrift „Agrartechnik“ an. Seine Leistungen wurden durch mehrfache Auszeichnungen als Aktivist, mit der Verdienstmedaille der DDR, als „Hervorragender Genossenschaftler“ und andere staatliche und gesellschaftliche Auszeichnungen geehrt. Im April 1985 wurde ihm der Ehrentitel „Verdienter Metallarbeiter“ verliehen – ein Titel, der einen solchen von der Pike auf erfolgreichen Mann so ganz kennzeichnet und würdigt.

Wir wünschen Genossen Oberingenieur Lothar Schumann auch weiterhin Schaffenskraft, Freude an der verantwortungsvollen Tätigkeit und eine aktive Gemeinschaftsarbeit in der Kammer der Technik.

AK 4494

Dr.-Ing. H.-J. Kremp, KDT

Fortsetzung von Seite 408

1,3 cm<sup>3</sup>/200 Hübe Erhöhungen des spezifischen Kraftstoffverbrauchs bis zu 3% (in Abhängigkeit von Drehzahl und Leistung) auftreten können [4].

### 2.2. Abweichungen des Abspritzdrucks

Der Abspritzdruck für den Motor 4 VD 14,5/12-1 SRW ist mit  $17,16 \pm 0,245$  MPa vom Hersteller festgelegt worden. Untersuchungen an Traktoren ZT 300/303, deren Betriebsdauer mit letzter planmäßiger Überprüfung größer als 2500 l DK war, haben ergeben, daß im Durchschnitt die Abspritzdrücke bei 12,69 MPa (Bild 5), also um 40% unter dem Sollwert lagen. Nach energetischer Betrachtung bedeutet das für die Einspritzpumpe einen geringeren Leistungsbedarf, für den Verbrennungsprozeß aber eine erhöhte Fördermenge mit einer ungünstigeren Kraftstoffverteilung und damit einen erhöhten spezifischen Kraftstoffverbrauch (Bild 6). Auftretende Schwankungen der Abspritzdrücke in einem Motor von durchschnittlich 2,01 MPa ergeben Abweichungen der Fördermenge von rd. 10% [5]. Die daraus resultierende Fördermengenungleichheit verursacht ebenfalls eine Erhöhung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs. Ursachen für die teilweise sehr erheblichen Abweichungen des Abspritzdrucks vom Sollzustand sind zum einen Ermüdungserscheinungen der

Druckfeder, deren Federkonstante mit  $19,6 \pm 0,49$  MPa angegeben ist, die aber bei Pflegemaßnahmen nicht kontrolliert wird, und zum anderen die Nichteinhaltung des Überprüfungszyklus.

Aus diesen Untersuchungen muß abgeleitet werden, daß die Überprüfung des Abspritzdrucks mit mehr Sorgfalt und in den vorgesehenen Intervallen erfolgen muß, um die negativen Auswirkungen auf den spezifischen Kraftstoffverbrauch möglichst gering zu halten.

### 3. Zusammenfassung

Aus Untersuchungen an verschiedenen Motoren kann abgeleitet werden, daß es bei Anwendung der technischen Diagnostik, verbunden mit Einstell- und Instandhaltungsmaßnahmen, zu wesentlichen Material-, Arbeitszeit- und Energieeinsparungen kommt. Gerade aus energieökonomischer Sicht hat die vorschriftsmäßige Einstellung der Einspritzanlage eine entscheidende Bedeutung, da in mehreren Betrieben durch die Anwendung der technischen Diagnostik beim erstmaligen Einsatz Senkungen des spezifischen Kraftstoffverbrauchs zwischen 3% und 8% sowie beim ständigen Einsatz Senkungen zwischen 1,5% und 2% erreicht wurden. Weiterhin können durch ständige Kontrollen des Einstellungszustands der Maschinen Ver-

stellungen bzw. Fehleinstellungen erkannt und dann beseitigt werden. Bei den Einspritzpumpen kommt es vor allem darauf an, daß nach erfolgter Einstellung eine vorschriftsmäßige Verplombung vorgenommen wird, um bewußte Fehleinstellungen zu vermeiden.

### Literatur

- [1] Grieb, H.-G.: Untersuchungen über die zweckmäßige Größe des Betreuungsbereiches von Diagnosestationen für die Technik der Pflanzenproduktion und die Einordnung in den Produktionsprozeß. ← Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Forschungsbericht 1982 (unveröffentlicht).
- [2] Wosniak, R.: Verfahrensbezogene Diagnose-technologie für Traktoren. Markkleeberg: agrabuch 1982.
- [3] Prüfblätter für Dieseleinspritzpumpen. VEB Rationalisierung LTI Neuenhagen 1981.
- [4] Schaar, R.: Untersuchungen über den Einfluß von einstellungs-, regulierungs- und instandsetzungsbedingten Störgrößen am Motor 4 VD 14,5/12-1 SRW auf den spezifischen Kraftstoffverbrauch. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Diplomarbeit 1984 (unveröffentlicht).
- [5] Kuntze, K.-D.: Analyse des Einflusses verschiedener den spezifischen Kraftstoffverbrauch beeinflussender Faktoren am Motor 4 VD 14,5/12-1 SRW. Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Landtechnik, Großer Beleg 1984 (unveröffentlicht). A 4307