

1. Vorbemerkung

Die Einführung industriemäßiger Produktionsmethoden in der Landwirtschaft erfordert die Anpassung der landwirtschaftlichen Maschinen an diese Bedingungen. Für die Traktoren als meistgenutzte Maschinen in der Landwirtschaft, sind dabei u. a. bedeutende Leistungssteigerungen zu erkennen. Hierzu liegen umfangreiche Untersuchungen über den Energiebedarf für einen großen Teil der eingesetzten Landmaschinen vor [1] [2] [3].

Trotz dieser Voraussetzungen, die die Grundlage für den richtigen und wirtschaftlichen Traktoreinsatz bilden sollten, ist es nicht immer möglich, die Nennleistung eines Traktormotors voll auszulasten. Das ist abhängig von verschiedenen Faktoren, wie z. B. den Zuordnungen Traktoren – Landmaschinen, den Produktionsverfahren bei den verschiedenen Kulturarten sowie den Produktionsbedingungen der Landwirtschaft, beurteilt nach Geländestruktur, Bodenart und Bodenzustand. CRÖSSMANN [3] gibt innerhalb der wichtigsten Maschinensysteme Zuordnungen zwischen Traktorenzugkraftklassen sowie Maschinen und Geräten an. Wertet man diese Zuordnungen einmal aus, so bestätigt sich, daß für viele Antriebsfälle die bedingte Motorleistung geringer als die vorhandene Motornennleistung ist.

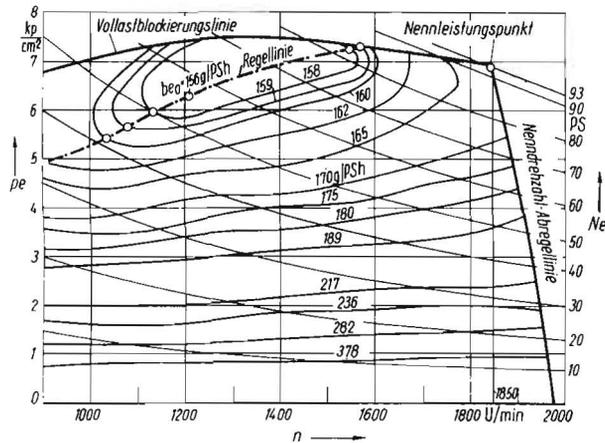


Bild 1. Kennlinienfeld des Motors 4 VD 14,5/12 - 1 SRW

(Schluß v. S. 154)

- der vielseitigen Verwendbarkeit mit vorhandenen und neuentwickelten Geräten und Maschinen,
- der weiteren Steigerung der Arbeitsproduktivität,
- der erreichbaren Kosten,
- der festgestellten Einsatzsicherheit und des Instandsetzungsaufwands und
- der Gewährleistung von Arbeitshygiene und Sicherheit

führte zu der Beurteilung, daß der Radtraktor ZT 300 für den Einsatz in der Landwirtschaft der DDR „geeignet“ ist.

Literatur

[1] BLUMENTHAL, R.: Der Zugtraktor ZT 300. Deutsche Agrartechnik 17 (1967) H. 7, S. 326 bis 339 A 7095

2. Arbeiten bei Teillast

Diese Tatsache ist kein unbedingter Nachteil. Es ist aber äußerst wichtig, auch für diese Antriebsfälle eine wirtschaftliche Traktorarbeit zu garantieren.

In der Praxis wird oft bei Arbeiten, bei denen $N_{ebed} < N_{enenn}$ ist, der Traktor mit „Vollgas“, also mit vollgespanntem Regler gefahren. Dabei arbeitet der Motor auf der Kennlinienfeld-Begrenzungslinie, in diesem Fall also auf der Nenndrehzahl-Abregellinie (Bild 1). Nur in seltenen Fällen, wenn dem Traktor z. B. bei der Überwindung von Steigungen die volle Leistung abverlangt wird, arbeitet der Motor hierbei mit niedrigerer Drehzahl auf der Vollastblockierungslinie.

Die Kennlinienfelder der Traktormotoren entsprechen meistens nicht dem von KIENE [4] angegebenen Ideal, so daß ihr Verbrauchsminimum selten den Nennleistungspunkt in großem Abstand einschließt, sondern überwiegend bei bedeutend niedrigerer Leistung und Drehzahl liegt (Bild 1). Bei landwirtschaftlichen Arbeiten, bei denen $N_{ebed} < N_{enenn}$ auftritt, sollte deshalb der Motor in der Drehzahl herabgesetzt und dafür in höheren Gängen gefahren werden, um in den Bereich des geringsten Kraftstoffverbrauchs im Motorkennlinienfeld zu gelangen. Auf diese Möglichkeit der Kraftstoffeinsparung ist schon vielfach hingewiesen worden [5] [6] [7].

Eine derartige Teillastnutzung ist aber meistens nur bei reinen Zugarbeiten, wie Bodenbearbeitung, Drillen, Hack- und Pflgearbeiten und Transporten möglich, da bei zapfwellengetriebenen Maschinen ein bestimmtes Verhältnis zwischen Zapfwelldrehzahl und Fahrgeschwindigkeit einzuhalten ist.

2.1. Möglichkeiten der Darstellung des Teillastverhaltens bei Traktoren

Für eine Kontrolle, in welchem Bereich bei Teillast am wirtschaftlichsten zu fahren ist, sind grundsätzlich drei Darstellungen verwendbar:

- a) das Normal-Fahrzustands-Diagramm (NFD) nach JANTE [8]
- b) das Leistungskennfeld nach KIENE [5]
- c) das N_e - n -Kennfeld nach RICHTER [9]

Mit den bei modernen Traktoren vorhandenen 10- bis 12-Gang-Getrieben ist eine Gangüberschneidung unvermeidlich. Trotz guter Aussage dürfte das NFD mit den eingetragenen B-Linien für die praktische Nutzung im Teillastbereich relativ unübersichtlich sein.

Wegen ihrer guten Übersichtlichkeit bieten sich dagegen das Leistungskennfeld und das N_e - n -Kennfeld zur Einschätzung des wirtschaftlichen Fahrens bei Teillast an. DOMSCH [7] und SCHNEIDER [10] haben Leistungskennfelder von bei uns verwendeten Traktoren veröffentlicht. Die bisher für Traktormotoren angegebenen Leistungskennfelder haben den Nachteil, daß der Bereich des geringsten Verbrauchs nicht gekennzeichnet ist. Dieser Bereich kann jedoch im Teillastgebiet durch die Eintragung einer sogenannten Regellinie in das Leistungskennfeld bzw. N_e - n -Kennfeld sichtbar gemacht werden und könnte somit die Grundlage für die Motorrehzeleinstellung und Gangwahl für Arbeiten bei Teillast sein.

2.2. Aufstellung des Fahrleistungs- und N_e - n -Kennfeldes

In der Praxis sollte die Möglichkeit der Verbrauchssenkung bei Teillast durch entsprechende Drehzahl- und Gangwahl planmäßig genutzt werden.

Hierzu ist es zweckmäßig, einige Ausführungen über die Aufstellung des Leistungs- sowie des $Ne-n$ -Kennfeldes zu machen.

Beide Kennfelder werden mit den gleichen Werten aufgestellt, die für das Motorkennlinienfeld erforderlich sind (Bild 1).

Zum Aufstellen des Motorkennlinienfeldes stellt man die Prüfstands-Meßwerte in einem $be-pe$ -Hilfsdiagramm dar, Leistungs- und $Ne-n$ -Kennfeld dagegen werden anhand eines $Ne-B$ -Diagramms gezeichnet, in dem die Prüfstands-Meßwerte bei verschiedenen Drehzahlen eingetragen sind (Bild 2). Äußere Begrenzung der Kennfelder sind die Vollastblockierungslinie und die Nenndrehzahl-Abregellinie. Ihre Ermittlung sowie die Aufstellung des Motorkennlinienfeldes auf dem Prüfstand sollen an dieser Stelle nicht weiter erörtert werden.

Zum Aufstellen des Leistungskennfeldes ($B-n$ -Koordinatensystem) legt man durch die Linien konstanter Drehzahl in Bild 2 abszissenparallele Schnitte bei den Leistungswerten, die man im Kennfeld darstellen will. Bei der Erarbeitung des $Ne-n$ -Kennfeldes dagegen werden ordnatenparallele Schnitte durch die Drehzahllinien bei den B -Werten gelegt, die man im Kennfeld darstellen will. In Bild 3 und 4 sind die beiden — in ihrer Aussage und Handhabung nahezu gleichwertigen — Kennfelder für den Traktormotor 4VD 14,5/12-1SRW dargestellt.

3. Wirtschaftliche Motornutzung

Wie schon angeführt, kann die Teillastnutzung mit herabgesetzter Motordrehzahl überwiegend nur bei reiner Zugarbeit angewendet werden. Für die landwirtschaftlichen Arbeiten liegen die günstigsten Arbeitsgeschwindigkeiten vor [3]. Diese Geschwindigkeiten sind einzuhalten. Eine Teillastfahrt mit gedrosselter Drehzahl zur Verringerung des Kraftstoffverbrauchs bedingt deshalb, daß in höheren Gängen gefahren wird. Die grobe Regel lautet dabei — je geringer die bedingte Leistung Ne_{bed} ist, um so weiter kann die Motordrehzahl gesenkt werden.

Im Bild 1 ist in das Motorkennlinienfeld des zugrunde gelegten Motors einmal die Linie des geringsten Kraftstoffverbrauchs eingetragen. Diese Linie wird von v. THÜNGEN [11] und RICHTER [9] als Regellinie bezeichnet. JANTE nennt sie Bestverbrauchslinie [12]. Die Regellinie verbindet im Motorkennlinienfeld die Betriebspunkte kleinsten Kraftstoffverbrauchs, der bei einer bestimmten Motorleistung jeweils erreichbar ist (Berührungspunkte der be_0 -Linien mit den Hyperbeln gleicher Leistung). Diese Regellinie kann aus dem Kennlinienfeld in das Leistungskennfeld bzw. $Ne-n$ -Kennfeld übertragen werden. In diesen Diagrammen (Bild 3 und 4) hat die Regellinie die gleiche Aussage. Im Leistungskennfeld verbindet sie die Verbrauchsbestpunkte der Linien gleicher Leistung. Im $Ne-n$ -Kennfeld verbindet sie logischerweise die Leistungshöhepunkte der einzelnen Linien gleichen stündlichen Kraftstoffverbrauchs.

Wird also bei Teillast gefahren, sollte versucht werden, so nahe als möglich an diese Linie heranzukommen.

Die bewußt günstigste Nutzung eines Traktormotors bei Teillast an der Regellinie bedingt, daß einigermaßen bekannt ist, welche Leistung dem Motor jeweils abverlangt wird. Das setzt insgesamt folgendes voraus:

- Kenntnis über den Leistungsbedarf der einzelnen Maschinen und Geräte, wie er in [1] [2] [3] angegeben ist.
- Vorhandensein eines Drehzahlmessers (Traktometers) zur genauen Anzeige der eingestellten Motordrehzahl.
- Kenntnis über die Übertragungsverluste vom Motor zum „Zughaken“.

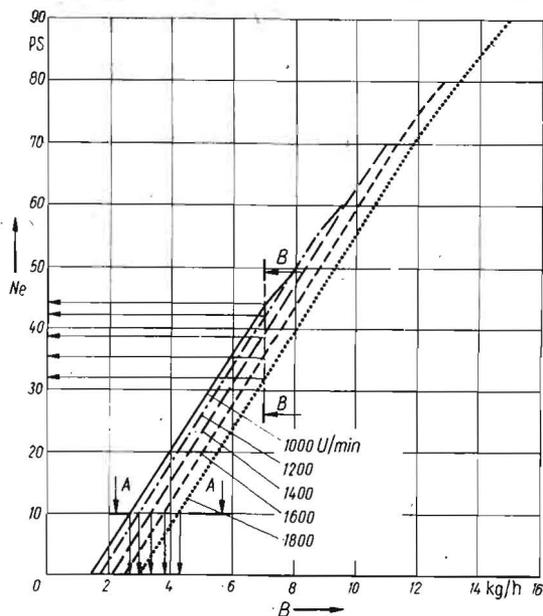
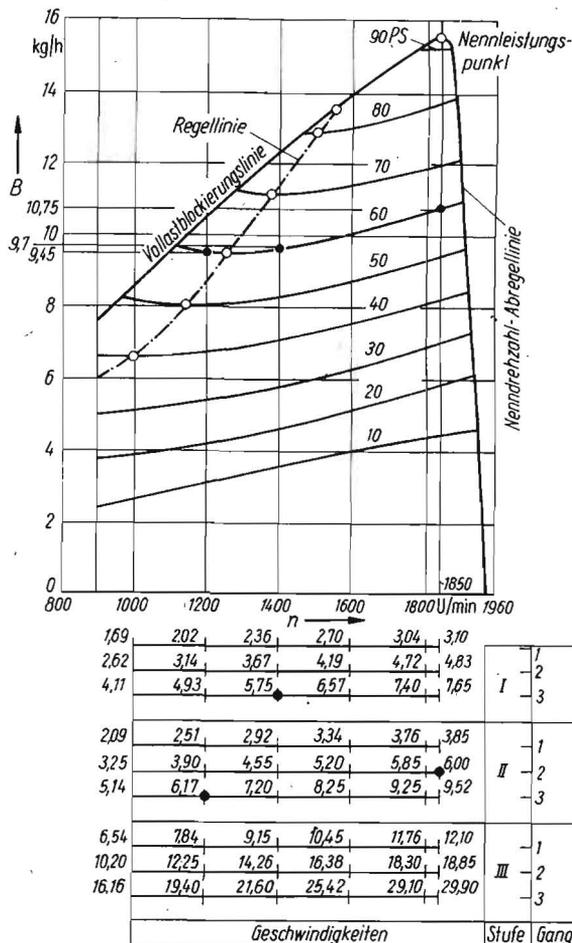


Bild 2. Hilfsdiagramm zum Aufstellen des Leistungs- und $Ne-n$ -Kennfeldes; A — A Schnitt zur Aufstellung des Leistungskennfeldes z. B. bei $Ne = 10$ PS; B — B Schnitt zur Aufstellung des $Ne-n$ -Kennfeldes z. B. bei $B = 7,0$ kg/h

Bild 3. Leistungskennfeld des Motors 4 VD 14,5/12 — 1SRW einschließlich der Drehzahl-Geschwindigkeitszuordnung gemäß der Getriebeabstufung des ZT-300 [15]



Für die letzte Anforderung ist eine gewisse Vereinfachung für übliche Einsatzfälle möglich. Bei bekannter Antriebsleistung kann die dafür bedingte Motorleistung nach der Gleichung

$$N_{\text{bed}} = \frac{N_z}{\eta_T} \quad (1)$$

ermittelt werden.

Für überschlägige Berechnungen können gesetzt werden

Getriebewirkungsgrad $\eta_G = 0,86$

Laufwerkwirkungsgrad $\eta_L = 0,70$

Damit wird der Traktorwirkungsgrad

$$\eta_T = \eta_G \cdot \eta_L = 0,86 \cdot 0,70 \approx 0,60 \quad (2)$$

SCHILLING [13] gibt für gummiereifte Traktoren einen Bereich für den Traktorwirkungsgrad $\eta_T = 0,56$ bis $0,69$ an.

Die bedingte Motorleistung ist damit für die Ebene grob zu bestimmen mit

$$N_{\text{bed}} = \frac{1}{0,60} \cdot N_z \quad (1a)$$

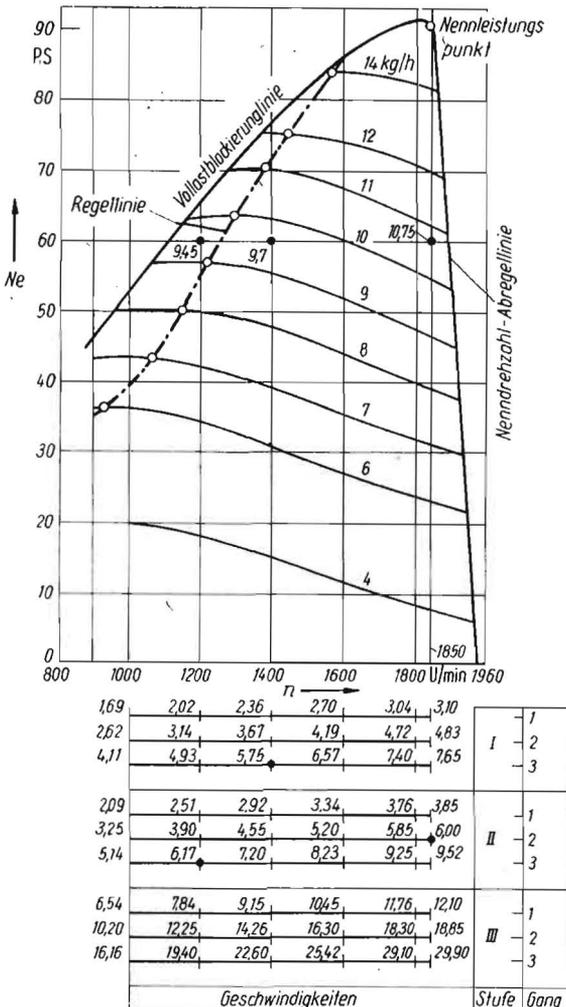
Hiermit kann nun entsprechend der erforderlichen Arbeitsgeschwindigkeit der Gang gewählt werden, der es gestattet, die Motordrehzahl soweit zu senken, bis man in die Nähe der Regellinie kommt. Das ist optimal nur unter Verwendung eines Traktometers zu erreichen. Bild 3 und 4 bestätigen, daß man bei geringem Leistungsbedarf die Motordrehzahl sehr weit senken kann. Die untere Drehzahlgrenze ist da-

durch bestimmt, daß der Lichtmaschinenregler nicht im Lichtbogenfeld arbeiten und auf keinen Fall die Ladedrehzahl der Lichtmaschine unterschritten werden darf. Im vorliegenden Fall läßt sich die Drehzahl des Motors bis auf 1000 min^{-1} absenken.

Da die Traktormotoren vorwiegend mit Thermostaten ausgerüstet sind, kann auch bei Teillast eine Motortemperatur $> 70^\circ\text{C}$ eingehalten werden, so daß die schädlichen Folgen zu geringer Motortemperatur, wie z. B. erhöhter Verschleiß, unvollkommene Verbrennung und Rückstandbildung, selten auftreten. Wird aber dauernd mit niedrigster Drehzahl gefahren, so kann es zu erhöhtem Verschleiß der Übertragungsteile der Steuerung kommen.

Weiterhin ist zu beachten, wo im nutzbaren Drehzahlbereich des Motors gefährliche kritische Drehzahlen liegen. Eine Motorkurbelwelle mit ihrem Zubehör stellt nämlich ein kompliziertes elastisches System dar, bei dem sowohl Biege- als auch Drehschwingungen mit mehreren Eigenfrequenzen auftreten können. Von kritischen Drehzahlen spricht man, wenn die Eigenfrequenz von schwingungserregenden periodischen Kräften oder Momenten der Eigenfrequenz des Systems entspricht. Da die Eigenfrequenzen der Biegeschwingungen bei modernen Motoren sehr hoch liegen, sind mehr die Drehschwingungen zu beachten [14]. Das Fahren bei einer gefährlichen kritischen Drehzahl über einen längeren Zeitraum führt zur Zerstörung der Kurbelwelle und damit meistens auch zur Zerstörung des Motors. Kritische Drehzahlen sind deshalb zu meiden. Sie sind aber kein Hinderungsgrund, Traktormotoren in einem großen Drehzahlbereich bei Teillast wirtschaftlich zu nutzen. Hierzu ist es erforderlich, daß die Hersteller die gefährlichen kritischen Drehzahlen in den Bedienungsunterlagen angeben. Beim Motor 4 VD 14,5/12-1 SRW für den Traktor ZT 300 ist eine kritische Drehzahl der 10. Ordnung der Harmonischen bei $n_{\text{krit}} = 1673 \text{ min}^{-1}$ vorhanden. Da für die kritischen Drehzahlen erst die 8. und 10. Ordnung der Harmonischen in Frage kommen, ist hier die Gefährlichkeit der kritischen Drehzahl nur gering.

Bild 4. N_e - n -Kennfeld des Motors 4 VD 14,5/12 - 1 SRW (ZT 300)



4. Nutzungsbeispiel

Anhand eines Beispiels sei die Aussage von Bild 3 und 4 erläutert. Der Traktor ZT 300 mit 90PS wird zum Pflügen mit dem Aufsattel-Beetpflug B 200 eingesetzt. Die Arbeitsgeschwindigkeit beträgt dabei $V = 6 \text{ km/h}$, der Zugkraftbedarf $F_z = 1600 \text{ kp}$ [3].

Die erforderliche Zugleistung errechnet sich zu

$$N_z = F_z \cdot V = \frac{1600 \text{ kp} \cdot \text{s} \cdot 1 \text{ PS} \cdot 6000 \text{ m}}{75 \text{ kpm} \cdot 3600 \text{ s}} \approx 36 \text{ PS},$$

damit ergibt sich die bedingte Motorleistung zu

$$N_{\text{bed}} = \frac{1}{0,60} \cdot N_z = \frac{1}{0,60} \cdot 36 \text{ PS} \approx 60 \text{ PS}.$$

Für die Arbeitsgeschwindigkeit von 6 km/h können näherungsweise die Gänge

I/3 mit $5,75 \text{ km/h}$ bei $n = 1400 \text{ min}^{-1}$,

II/2 mit $6,0 \text{ km/h}$ bei $n = 1850 \text{ min}^{-1}$

oder

II/3 mit $6,17 \text{ km/h}$ bei $n = 1200 \text{ min}^{-1}$

gefahren werden (Bild 3 und 4).

Der stündliche Kraftstoffverbrauch beträgt dabei im Gang

I/3 = $9,7 \text{ kg/h}$

II/2 = $10,75 \text{ kg/h}$

II/3 = $9,45 \text{ kg/h}$.

Die wirtschaftlichste Traktorarbeit wäre also im Gang II/3 bei $n = 1200 \text{ min}^{-1}$ durchzuführen. Dieser Drehzahlbereich liegt nahe an der Regellinie.

Im Verhältnis zur Arbeit im Gang I/3 bei $n = 1400 \text{ min}^{-1}$ ergibt sich eine Kraftstoffersparnis von

$$\frac{9,7 \text{ kg/h} - 9,45 \text{ kg/h}}{9,45 \text{ kg/h}} \cdot 100 \approx 2,7 \%$$

und im Verhältnis zum Gang II/2 bei $n = 1850 \text{ min}^{-1}$ (Nennzahl) von

$$\frac{10,75 \text{ kg/h} - 9,45 \text{ kg/h}}{9,45 \text{ kg/h}} \cdot 100 \approx 13,8 \%$$

d. h., je näher an der Regellinie gefahren wird, um so geringer ist der Verbrauch.

5. Zusammenfassung

Mit weiter steigender Motorleistung der Traktormotoren kommt für einen großen Teil landwirtschaftlicher Arbeiten dem Motorbetrieb bei Teillast immer größere Bedeutung zu. Werden Arbeiten im Teillastbereich durchgeführt, so sollte der Motor in der Nähe der Regellinie gefahren werden, um den geringsten absoluten Kraftstoffverbrauch zu erreichen. Für die Einschätzung optimaler Teillastarbeit empfehlen sich das Leistungskennfeld und das $Ne-n$ -Kennfeld.

Das planmäßige Fahren bei Teillast im Bereich der Regellinie erfordert vom Traktorfahrer Kenntnisse über optimale Geschwindigkeit und ungefähre Motorleistung, die für die einzelnen landwirtschaftlichen Arbeiten erforderlich sind. An der Regellinie kann planmäßig nur mit Hilfe eines Traktometers gefahren werden.

Das angegebene Beispiel zeigt, daß ein Fahren mit Kenntnissen der Zusammenhänge des Motorverhaltens bei Teillast, ausgedrückt durch zweckmäßige Gangwahl und Drehzahlabsenkung, erhebliche Kraftstoffeinsparung bringt.

Für die richtige Teillastnutzung der vorhandenen Traktoren ist u. a. erforderlich, das Leistungskennfeld oder das $Ne-n$ -Kennfeld mit in den Bedienungsunterlagen anzugeben.

Literatur

- [1] ADAMS, R.: Zugkraft- und Drehmomentenmessungen an Schlepperantriebsmaschinen. Archiv für Landtechnik, Bd. 3, (1961/62) H. 3
- [2] ADAMS, R.: Ermittlung des Energiebedarfes für die Feldwirtschaft. Archiv für Landtechnik, Bd. 4 (1963/64) H. 3
- [3] CROSSMANN: Zugkraft- und Leistungsbedarf für die einzelnen Arbeitsgänge der wichtigsten Maschinensysteme, Landtechn. Informationen (1966) H. 11, S. 209 bis 216
- [4] KIENE, W.: Ein Beitrag zum Kraftstoffverbrauch von Schleppermotoren; Grundlagen der Landtechnik (1957) H. 9, S. 35 bis 38
- [5] KIENE, W.: Leistungs- und Verbrauchskennfeld des Ackerschlepper-Dieselmotors. Landtechn. Forschung (1955) H. 2, S. 33 bis 41
- [6] DOMSCH, M. / L. SCHNEIDER: Wie läßt sich die Zngfähigkeit auf nachgiebigen Ackerböden verbessern? Informationen des Ministeriums für Landwirtschaft, Erfassung und Forstwirtschaft Nr. 7/62
- [7] DOMSCH, M.: Kraftstoffeinsparung durch überlegte Fahrweise. Deutsche Agrartechnik 13 (1963) H. 1, S. 12 und 13
- [8] JANTE, A.: Arbeitsdiagramme für Ackerschlepper. Die Technik (1950) S. 243 bis 246
- [9] RICHTER, L.: Regellinien, ATZ (1955) H. 1, S. 13 und 14
- [10] SCHNEIDER, W.: Der ökonomische Nutzen bei richtigem Einsatz der Famulus-Traktoren. Landtechn. Informationen (1963) H. 12, S. 280 und 281
- [11] THUNGEN v., H.: Übersichtliche Darstellung der Verhältnisse im Triebwerk eines Kraftfahrzeuges im vierteiligen Diagramm. ATZ (1954) S. 34 bis 37
- [12] JANTE, A.: Fahrtmechanik in „Automobiltechnisches Handbuch“ 18. Aufl. Technischer Verlag H. Crani 1965
- [13] SCHILLING, E.: Landmaschinen, Bd. 1 Ackerschlepper. 2. Auflage Rodenkirchen 1960
- [14] SCHESKY, E.: Über die Wahl der richtigen Drehzahl und Belastung bei der Nutzung von Fahrzeugmotoren. Militärtechnik (1964) H. 9, S. 337 bis 339 und 349
- [15] Bedienungsanleitung des Zugtraktors ZT 300. Ausgabe 1/67, VEB Traktorenwerk Schönebeck A 7113

Die Hydraulikanlage des Traktors ZT 300

Ing. G. VILLWOCK, KDT*
Dipl.-Ing. D. HENNING, KDT*

Die Hydraulikanlage des Traktors ZT 300 besteht aus der Lenk- und Arbeitshydraulik, wobei zur Arbeitshydraulik die Regel- und Krafthydraulik gehört. In den nachfolgenden Ausführungen wird speziell die Arbeitshydraulik behandelt.¹

1. Aufbau der Arbeitshydraulik

1.1. Druckstromerzeugung

Zur Erzeugung des Druckstroms wird eine Zweistrom-Radialkolbenpumpe mit einer Fördermenge von 10 und 50 l/min verwendet. Der 50-l-Stromkreis versorgt den Kraftheberzylinder und die freien Arbeitszylinder mit Drucköl, während der 10-l-Strom zur Regelung des Krafthebers und zu Steuerzwecken an zusätzlichen Arbeitsgeräten benötigt wird. Die Pumpe ist am Wechselgetriebe angeflanscht und läßt sich aus- und einschalten. Die Krafthydraulik ist mit einem Betriebsdruck von 150 kp/cm² abgesichert. Das Druckbegrenzungsventil (VD 2) des 10-l-Stroms ist von 15 bis 160 kp/cm² mit einem Handrad einstellbar.

1.2. Steuerorgan

Der Steuerblock, der in Unterplattenbauweise alle für die Steuerung und Sicherung der Kraft- und Regelhydraulik

notwendigen Ventile in sich vereinigt, befindet sich rechts vom Fahrer und ist am Kraftheberzwischenstück angeblockt worden. Diese Anordnung ergibt eine günstige Lage der Bedienhebel im Griffbereich des Traktoristen und garantiert eine gute Zugänglichkeit bei notwendigen Instandsetzungen. Ein weiterer Vorteil dieser Anlage besteht darin, daß wenig Schaltbewegungen zum Erreichen einer gewünschten Funktion notwendig sind.

1.3. Kraftheber

Der Kraftheber dient zum Ausheben und zur Regulierung der Arbeitstiefe von Bodenbearbeitungsgeräten, die an einer Dreipunktaufhängung angebaut werden. Er ist mit einem doppelwirkenden Hydraulikzylinder ausgestattet, der gegenüber dem einfachwirkenden wesentliche Arbeitsvereinfachungen für den Traktoristen bringt. Beim Ankoppeln der relativ schweren Arbeitsgeräte an die unteren Lenker der Dreipunktaufhängung kann mit Hilfe des doppelwirkenden Arbeitszylinders der Kraftheber in jede gewünschte Stellung gefahren werden. Ein schnelles und sicheres Ankoppeln der Geräte ist dadurch möglich. Um die Hydraulikanlage beim Transport zu entlasten, bzw. aus Sicherheitsgründen vollkommen auszuschalten, wurde eine mechanische Kraftheberverriegelung vorgesehen. Diese Sperre ist von Hand ein- und ausschaltbar. Das maximale Moment an der Hubwelle beträgt 1600 kpm bei einem Schwenkwinkel von 80°.

* VEB IFA Getriebewerke Brandenburg

¹ Schema der Hydraulikanlage s. H. 7/1967, S. 328, Bild 4