

Je nach der gewünschten motorabhängigen Drehzahl der Zapfwelle wird das Drehmoment durch das verschiebbare Doppelrad 34/35 entweder vom Rad 32 oder vom Rad 33 übernommen und über die Welle 36 und das Zahnradpaar 37-38 auf die Zapfwelle 39 übertragen. Von hier aus wird gleichzeitig über eine Kegelradpaarung die Riemenscheibe 40 angetrieben.

Soll die Zapfwelle bei Stillstand des Traktors eingeschaltet werden (z. B. wenn eine verstopfte Maschine leer laufen soll), so kann man durch Betätigen der Hilfskupplung 5 das Getriebe ausschalten und nur über den oben beschriebenen Weg (27-28-36-39) die Zapfwelle betreiben.

### Kriechgänge

Der Zapfwellenantrieb hat noch eine weitere Funktion zu erfüllen, er übernimmt bei eingeschalteter Kriechgangstufe die Kraftübertragung. Sie erfolgt wiederum über die Zahnräder 27-28 und die Paarungen 32-34 oder 33-35, die Welle 36, die Übersetzung 37-38 und die nunmehr einzuschaltende Verbindung 42-41 auf die Schiebewelle und von dort in zwei möglichen Stufen (Straßen- und Geländegang) auf die Ritzelwelle. Hierbei wird also die Vorgelegewelle 9 nicht be-

nötigt. Mit den zwei wählbaren Drehzahlen der Zapfwelle und den zwei Geschwindigkeiten der Stufenschaltung ergeben sich also vier Kriechgänge. Wir halten es für notwendig zu bemerken, daß die Kriechgangstufen vollwertig sind und im Bereich der niedrigen Geschwindigkeiten zweckmäßig die normalen Vorwärtsgeschwindigkeitsstufen ergänzen. Aus dem beschriebenen Kraftverlauf ist leicht ersichtlich, daß sich die Kriechgangstufen nur bei eingeschalteter Zapfwelle einlegen lassen. Aus Bild 1 ist erklärlich, daß die Hilfskupplung 5 bei eingeschalteter Kriechgangstufe wirkungslos ist und nicht benutzt werden kann.

### Schlußbemerkung

Die schweren Traktoren tragen wesentlich dazu bei, die Arbeit in der Landwirtschaft weiter zu mechanisieren und damit neben der Erhöhung der Arbeitsproduktivität auch die körperliche Arbeit unserer Landbevölkerung zu erleichtern und zu reduzieren. Man darf aber nicht übersehen, daß sich in gleichem Maße mit der zunehmenden Mechanisierung auch die Anforderungen an das technische Wissen und Können unserer Menschen erhöhen und eine entsprechende Qualifizierung erfordern.

A 6814

Ing. H. SCHULZ, KDT\*

Damit die in der Landwirtschaft eingesetzten Viertakt-Dieselmotoren eine hohe Funktionstüchtigkeit und Nutzungsdauer haben, ist unter anderem auch besonders darauf zu achten, daß die vorgeschriebenen Ventilspiele eingehalten werden. Das Ventilspiel ist notwendig, um die Längenänderung der Steuerungsteile bei Erwärmung des Motors im Betrieb auszugleichen und damit einen Formschluß an den Übertragungsteilen bei geschlossenen Ventilen zu vermeiden. Die richtige Größe des Ventilspiels wird für jeden Motor vom Hersteller festgelegt und ist in den Bedienungsanleitungen und Reparaturhandbüchern angegeben.

Die Ventilspiele bei Fahrzeug-Dieselmotoren liegen an Einlaßventilen zwischen 0,2 und 0,3 mm sowie an Auslaßventilen zwischen 0,2 und 0,4 mm. Zu beachten ist immer, ob die Einstellung des Ventilspiels bei kaltem oder warmem Motor vorzunehmen ist, wobei das vom Motorenhersteller angegebene Ventilspiel unbedingt einzuhalten ist.

Zum Vergleich sind in Tafel 1 die Ventilspiele der Motoren der Motorenwerke Nordhausen (MN) angegeben.

Obwohl allgemein die Bereiche der Ventilspielgrößen bekannt sind, werden in der Praxis Motoren mit Ventilspielen von 2 bis 3 mm und mehr oder auch ohne Ventilspiel angetroffen. Beide Einstellungen, d. h. zu großes und auch zu kleines Ventilspiel für Einlaß- und Auslaßventile sind für Motoren schädlich.

Auf die Zusammenhänge, warum falsches Ventilspiel für Motoren Nachteile bringt, soll hier noch einmal grundsätzlich eingegangen werden.

### 1. Größe des Ventilspiels und Einstellung

Die Einstellwerte des Ventilspiels werden beim Motorenhersteller durch Versuche ermittelt. Das Spiel wird so klein als möglich festgelegt und zwar so, daß es auf keinen Fall infolge der verschiedenen Wärmedehnung zwischen Motorgehäuse und Steuerungsteilen gleich oder kleiner als Null wird. Das Ventilspiel in seiner Größe ist mit dem Betriebszustand des Motors veränderlich. Bild 1 zeigt die Ventilspieländerung bei einem kalt anlaufenden und warm abgestellten Motor (wassergekühlt und obenliegende Nockenwelle). Bei Erwärmung des kalten Motors dehnt sich vor allem das Auslaßventil durch die heißen Verbrennungsgase stark aus. Die übrigen Motorenteile dehnen sich bedeutend langsamer aus. Das Spiel am Auslaßventil wird zu Beginn sehr klein, nimmt aber bei Erwärmung des Zylinderkopfes wieder etwas zu. Das Spiel am Einlaßventil nimmt dagegen gleichmäßig zu, weil die Erwärmung bedeutend geringer ist.

Wie Bild 2 zeigt, wird im Gegensatz zum wassergekühlten Motor beim luftgekühlten Motor das Ventilspiel nicht nur nach dem Start größer, sondern bleibt auch im Betrieb größer als das kalt eingestellte Spiel.

Hiermit ist auch erklärt, warum an wassergekühlten Motoren das Ventilspiel überwiegend im kalten Zustand und an luftgekühlten Motoren im warmen Zustand eingestellt wird.

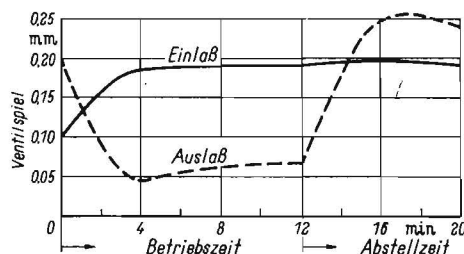
Bei der Festlegung und Einstellung des Ventilspiels ist also einerseits darauf zu achten, daß durch die Wärmedehnung

\* VEB IFA Motorenwerke Nordhausen

Motorentyp	Ventilspiele (mm)		Einstellung
	EV	AV	
4 F 145/BE /DE /DL	0,2	0,3	bei kaltem Motor
EM 2-15	0,3	0,4	
2 KVD 14,5/SRW/30	0,3	0,4	bei warmem Motor (75 bis 80 °C Öltemp.)
2 KVD 14,5/SRL (EM 2-15 L)	0,2	0,2	
2 KVD 14,5 SRI/36	0,2	0,2	bei kaltem Motor
2 KVD 14,5 SRW/36	0,3	0,3	
2 KVD 14,5 SRW/40	0,3	0,3	bei kaltem Motor
Alle Typen EM 4	0,3	0,4	

Tafel 1  
Ventilspiele der Motoren  
der MN

Bild 1  
Ventilspieländerung bei einem  
wassergekühlten Motor im Be-  
trieb oder bei Abstellung



der Motorbauteile das Ventilspiel nicht Null wird (in diesem Fall könnten beim Verdichten und Verbrennen Gaskräfte auf die Steuerungsteile wirken; dafür sind sie aber nicht ausgelegt), zum anderen sind bei kaltem Motor die Spiele nicht so groß zu wählen, um einen leichten Kaltstart zu ermöglichen und eine nicht zu große Ventilaufschlaggeschwindigkeit zu erreichen. [1]

Weiterhin werden an Motoren die Steuerzeiten und Ventilspiele so festgelegt, daß unter Berücksichtigung der dynamischen Vorgänge beim Gaswechsel die Flächen „A“ und „B“ im Indikatorgramm nach Bild 3 möglichst klein werden, und daß der Motor günstige Kennlinien hat.

## 2. Einfluß auf die Motorkennlinien

Mit von Einfluß auf die Motorkennlinien ist der Liefergrad  $\lambda_L$ . In Bild 4 ist schematisch die Beeinflussung des Liefergrades  $\lambda_L$  durch die Steuerzeiten angegeben. Kurve *a* ergibt sich bei spätem Einlaßschluß (kleines Ventilspiel), Kurve *b* bei frühem Einlaßschluß (extrem großes Ventilspiel). In Abhängigkeit von der Drehzahl ändert sich der Liefergrad  $\lambda_L$  und damit auch der effektive Mitteldruck nach der Beziehung

$$pe = C \cdot \frac{Hu}{\lambda \cdot L_{min}} \cdot \lambda_L \cdot \eta_{th} \cdot \eta_g \cdot \eta_m \quad [kp/m^2] \quad (1)$$

Es bedeuten:

- C*, *C'*, *C''* Konstante
- Hu* Kraftstoffheizwerte [kcal/kg]
- $\lambda$  Luftverhältnis
- L<sub>min</sub>* theoretischer Luftbedarf [m<sup>3</sup>/kg]
- $\eta_{th}$  thermischer Wirkungsgrad des Idealprozesses
- $\eta_g$  Gütegrad des wirklichen Prozesses
- $\eta_m$  mechanischer Wirkungsgrad

In gleichem Maße ändern sich die Leistungs- und Drehmomentenverläufe nach den Beziehungen

$$N_e = C' \cdot pe \cdot n$$

und  $M_t = C'' \cdot pe$

Bei zu kleinem Ventilspiel am Einlaß werden die Zeitquerschnitte vergrößert, die Leistung steigt und die Abgastrübung wird verringert. Bei zu großem Ventilspiel am Einlaß sinkt  $\lambda_L$  bei steigender Drehzahl stärker, dadurch auch die Leistung und das Drehmoment. Der Motor wird elastischer, die Abgastrübung vergrößert. Bei zu großem Ventilspiel am Auslaß verbleiben mehr Restgase im Zylinder.

Abschließend soll noch allgemein angedeutet werden, wie eine Steuerung ausgelegt werden sollte, bzw. wie sie durch das Ventilspiel beeinflusst ist. Hierzu ist in Bild 5 das Steuerdiagramm eines Motors angegeben. Die Fläche „C“ kann relativ groß gewählt werden. Die thermische Belastung des Auslaßventils nimmt mit der Vergrößerung zu. Die Fläche „D“ sollte nicht zu groß sein, um bei niedrigen Drehzahlen einen guten Rundlauf des Motors zu garantieren. Die Fläche „E“ ergibt den größten Einfluß auf die Leistungscharakteristik eines Motors. Eine große Fläche bringt höhere Leistung bei hohen Drehzahlen und ergibt Drehmomentenabsenkung bei niedriger Drehzahl und umgekehrt. Die Flächen „F“ und „G“ sollten so groß wie möglich sein. Anhand von Bild 5 kann damit die Auswirkung von falschem Ventilspiel auf die einzelnen Flächen nachgeprüft werden. [2]

## 3. Ventilspiel und Ventiltemperatur

Durch das Ventilspiel ist auch die Ventiltemperatur beeinflusst. Das ist besonders beim Auslaßventil zu beachten, da es schon unter „normalen“ Bedingungen thermisch sehr hoch belastet ist.

Durch Versuche ist festgestellt worden, welche Beziehungen zwischen Ventilspiel und Auslaßventiltemperatur bestehen. [3]

Wie in Bild 6 angegeben, steigen die Ventiltemperaturen bis zu einem Ventilspiel von 0,2 mm langsam an. Bei weiterer Abnahme des Ventilspiels auf 0,1 mm oder Null steigen in

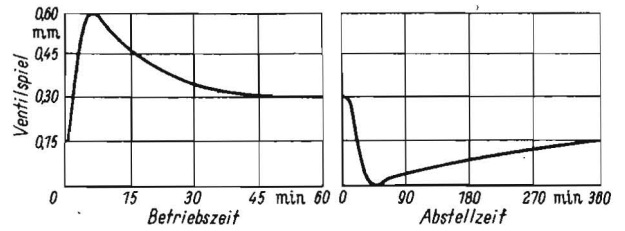


Bild 2. Ventilspieländerung bei einem luftgekühlten Motor

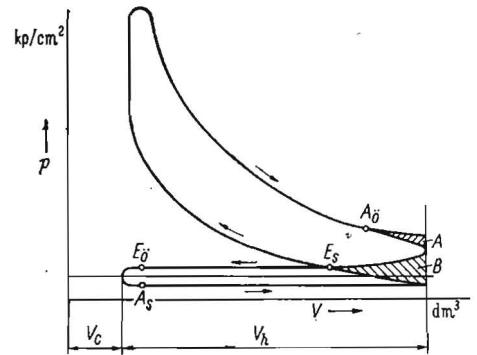


Bild 3. Indikatorgramm eines Motors

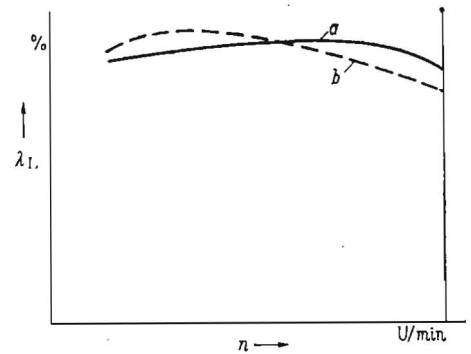
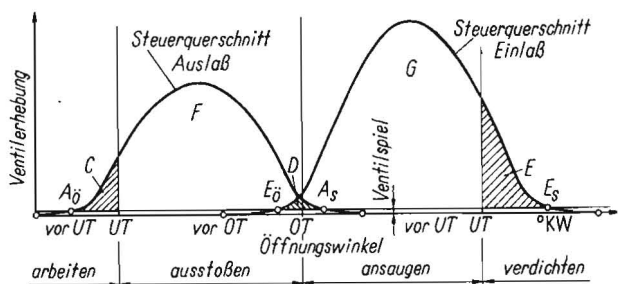


Bild 4. Beeinflussung des Liefergrades  $\lambda_L$

Bild 5. Steuerquerschnittsdiagramm



Abhängigkeit von der Drehzahl die Temperaturen um über 100°C. Die Gründe für die starke Temperaturerhöhung bei zu kleinem Ventilspiel sind geringere Kontaktzeit, bei der die Ventile Wärme über die Sitze an den Zylinderkopf abgeben können, sowie hohe Geschwindigkeiten der heißen Abgase in den geringen Öffnungsquerschnitten beim Öffnen und Schließen. Durch zu kleines Spiel können unter Umständen die Ventilteller einbrennen. Die Folgeschäden haben dann meistens ein großes Ausmaß.

Das Einlaßventil ist nicht so stark gefährdet, da es eine bedeutend niedrigere Temperatur hat.

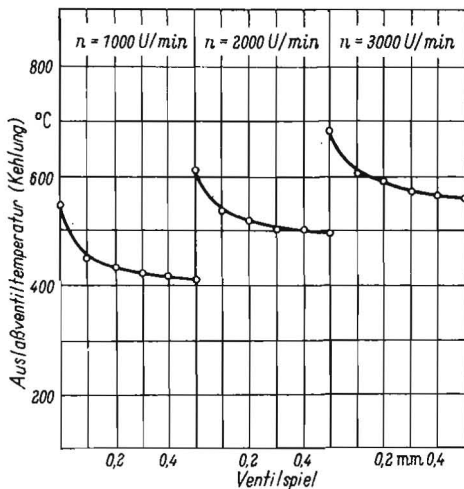
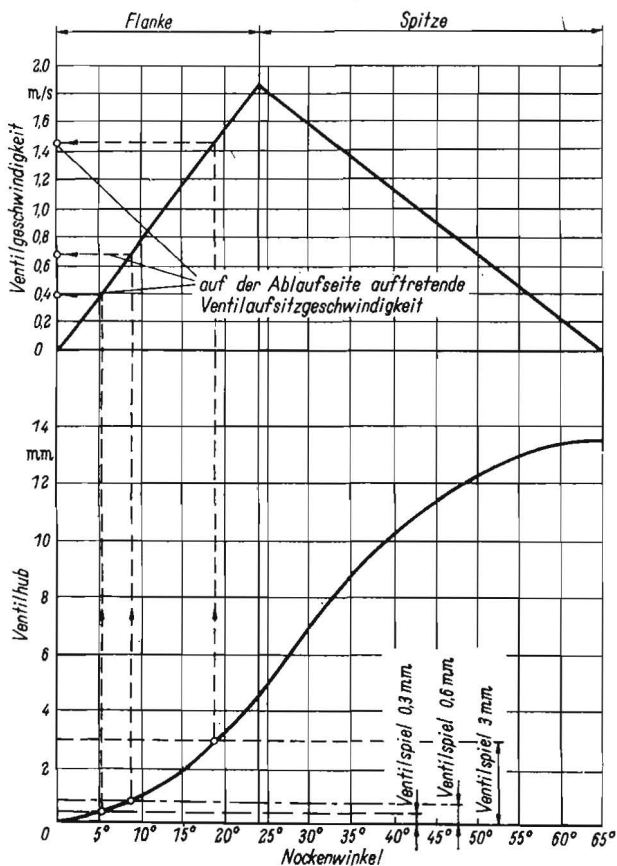


Bild 6  
Abhängigkeit der Auslaßventiltemperatur vom Ventilspiel

Bild 7  
Abhängigkeit der Ventilaufsitgeschwindigkeit vom Ventilspiel



## Geräuschbildung und Verschleiß

In den Öffnungs- und Schließpunkten der Ventile erfolgt eine Körperschallanregung, die sich bei Mehrzylindermotoren als Dauergeräusch bemerkbar macht. Durch Versuche wurde festgestellt, daß die Lautstärke mit dem Ventilspiel zunimmt. [4]

Die beim Schließen der Ventile auftretende Stoßkraft kann nach Gleichung (2) berechnet werden, nur daß hierbei die Geschwindigkeit, die Masse und auch die Federkonstante der Ventilseite einzusetzen sind (Bild 7).

Von großem Einfluß auf die Geräuschbildung an der Motorensteuerung sind auch die Stöße des Stößels auf die Nockenflanke und die Beschleunigung an der Flanke selbst. Die Stöße des Stößels auf der Flanke (oder Schlagbahn) kommen dadurch zustande, daß sich der Stößel beim Auftreffen auf der Flanke in Ruhe befindet, während diese bereits eine Ge-

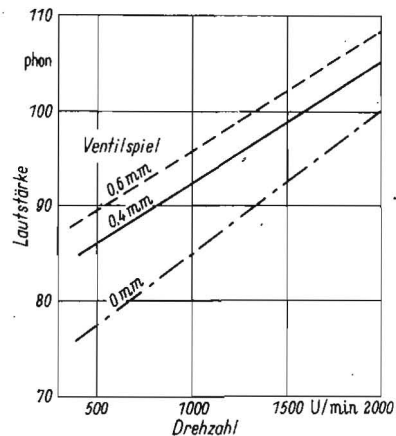


Bild 8. Geräuschbildung in Abhängigkeit von Ventilspiel und Drehzahl

schwindigkeit  $V$  in Richtung seiner Bahn hat. Die dadurch verursachte Stoßkraft ist nach [2] wie folgt zu berechnen:

$$S = V \cdot \sqrt{m_{rs} \cdot C_s} \quad (2)$$

Es bedeuten:

$V$  Geschwindigkeit am Nocken nach Überwindung des Ventilspiels

$C_s$  Federkonstante der Übertragungsteile

$m_{rs}$  auf den Stößelweg reduzierte Masse der Steuerungsteile

$$m_{rs} = m_1 + m_2 \left( \frac{L_1}{L_2} \right)^2 + \frac{J}{L_2^2}$$

$L_1, m_1$ ;  $L_2, m_2$  Längen bzw. Massen auf der Stößel- und Ventilseite

$J$  Massenträgheitsmoment des Kipphebels.

Mit der angegebenen Gleichung und nach Bild 7 ist zu entnehmen, daß bei zu großem Ventilspiel auch die Geschwindigkeit  $V$  höher wird und damit auch die Stoßkraft an Nocken und Ventil.

Um beide Werte niedrig zu halten, haben deshalb viele Nocken eine Schlagbahn (Anlaufamme). Bei diesen Nocken sollte das Spiel nie größer werden als die Rampenhöhe der Schlagbahn, weil sonst der Stößel auf die Flanke aufläuft und dadurch die Stoßkraft sehr groß wird.

Die Geräuschbildung bei Nocken mit einer Schlagbahn hängt neben der Ventilspielgröße mit von der Rampenlänge und davon ab, ob sich ein Kreisbogennocken oder ein ruckfreier Nocken anschließt.

In Bild 8 sind einmal schematisch die Lautstärken an einem Kreisbogennocken mit Schlagbahn in Abhängigkeit vom Ventilspiel und der Drehzahl angegeben.

Durch zu großes Ventilspiel erhöhen sich die Stoßkräfte am Nocken (mögliche Anregung zu Schwingungen, nochmaliges Öffnen der Ventile, Folgeschäden) und auch die Aufsitzgeschwindigkeit der Ventile wird vergrößert. Mitentscheidend hierfür ist das Übersetzungsverhältnis des Kipphebels  $L_1/L_2$ . Beide Wirkungen ergeben an den Steuerungsteilen höheren Verschleiß.

## 5. Zusammenfassung

Es ist versucht worden, allgemein darzulegen, warum in der Praxis die vom Motorhersteller angegebenen Ventilspiele unbedingt einzuhalten sind. Dabei sei abschließend darauf hingewiesen, daß die veränderten Steuerzeiten durch veränderte Ventilspiele, die oft zur Erläuterung der Auswirkung falscher Ventilspiele angegeben werden, keine Aussage für einen Motor haben. Zur Beurteilung der Auswirkungen müssen das

## Vorschlag einer Planmethode für transportverbundene Arbeiten

Dipl.-Landw. B. HÜBNER\*

Unter sozialistischen Produktionsverhältnissen können die Vorteile der Konzentration und Spezialisierung der Produktion und der Arbeit besonders günstig ausgenutzt werden. Die Konzentration verlangt allerdings die Anwendung neuer Grundsätze des Zusammenwirkens von Arbeitskräften und Maschinen, und die Anforderungen an die Leitung des Arbeitskräfte- und Maschineneinsatzes nehmen zu. Die Planungsmethoden für die Auswahl der Arbeitsverfahren und Maschinensysteme sowie die Arbeitsvorbereitung sind weiterzuentwickeln, weil mehrere gleichartige und verschiedene Maschinen gleichzeitig und verbunden eingesetzt werden, um ökonomische Vorteile zu erreichen. Diese in der Praxis als Komplexeinsatz bezeichnete Organisationsform hat sich bereits bewährt.

Besonders günstig wirkt sich die Konzentration bei transportverbundenen Arbeitsgängen auf den Nutzeffekt der Arbeit aus, weil die durch unterschiedliches Leistungsvermögen der kombinierten Arbeitskräfte und Maschinen verursachten Verlustzeiten mit der Anzahl gemeinsam eingesetzter, aufeinander abgestimmter Arbeitskräfte und Maschinen abnehmen. Es genügt also nicht, rationelle Arbeitsverfahren auszuwählen, sondern bei unterschiedlichen Arbeitsbedingungen ist für jedes Arbeitsverfahren die zweckmäßige Anzahl zu kombinierender Arbeitskräfte und Maschinen zu ermitteln und sind neue Arbeitsmaße zu bestimmen. Diese Aufgaben haben in der Praxis bei der Anwendung moderner Fließarbeitsverfahren sowie beim kooperativen Arbeitskräfte- und Maschineneinsatz große Bedeutung, aber sie werden meistens noch erfahrungs- oder gefühlsgemäß gelöst. Dabei kommt es zu ungerechtfertigten Leistungsdisproportionen und hohen Verlustzeiten.

Die mit einer Arbeitskräfte- und Maschinenkombination zu erreichende Leistung wird bei verbundenen Arbeiten von den Maschinen des Arbeitsganges mit der niedrigsten Leistung bestimmt. Daher sollten Maschinen „leistungsbestimmend“ sein, die in einer Kombination hohe Kosten oder hohen Arbeitszeitbedarf je Leistungseinheit aufweisen bzw. deren verfügbare Einsatzzeit kurz ist.

Bei den meisten Arbeiten sind das eindeutig große Feldarbeitsmaschinen. Haben jedoch die eingesetzten Arbeitskräfte oder Maschinen eines anderen Arbeitsganges ein

\* Institut für Ökonomik sozialistischer Landwirtschaftsbetriebe in Halle (Saale) (Direktor: Prof. Dr. STOPPORKA)

(Schluß von Seite 377)

Steuerquerschnittsdiagramm (Bild 5), der Drehzahlbereich sowie die Nockenform und die Federkonstante der Übertragungsteile bekannt sein.

Auf die Veränderlichkeit des Ventilspiels durch die Elastizität der Übertragungsteile der Motorsteuerungen wurde bewußt nicht eingegangen. Es sei nur darauf hingewiesen, daß die Spielvergrößerung, insbesondere bei Stoßstangenmotoren, sehr bedeutend ist und bei Hochleistungsmotoren sogar mit zur Steuerzeitfestlegung herangezogen wird. Die Auswirkungen sind so wie bei zu großem Ventilspiel angegeben.

### Literatur

- [1] VOGEL, A.: Steuerungsprobleme an Kraftfahrzeugmotoren. VEB Verlag Technik Berlin 1960
- [2] BENSINGER, W.-D.: Die Steuerung des Gaswechsels in schnelllaufenden Verbrennungsmotoren. Springer-Verlag Berlin/Göttingen/Heidelberg 1955
- [3] GLEUE, H./H. SCHÖNLAU: Meß- und Prüfmethode an Auslassventilen. MTZ 26/9
- [4] MÜLLER, R.: Der Einfluß des Nockenanhubs auf die Geräuschentwicklung. MTZ 25/10  
A 6438

geringes Leistungsvermögen, so werden sie leistungsbestimmend. Ihr Leistungsvermögen muß daher ebenso groß oder größer sein als das der Maschinen, die leistungsbestimmend wirken sollen. Proportionales Leistungsvermögen bei allen verbundenen Arbeitsgängen läßt sich selten herstellen, weil Arbeitskräfte und Maschinen unteilbar sind und sich ihre Leistung durch unterschiedliche Aufwendungen oder Erträge, Beschaffenheit der Arbeitsgegenstände und Wege sowie die Wegstrecken ungleichmäßig verändert.

Die dabei unvermeidlichen Verlustzeiten sollten Maschinen betreffen, die niedrige Aufwendungen und Kosten verursachen.

In der Literatur wird die Abstimmung des Leistungsvermögens bei der Ermittlung des Transportfahrzeugbedarfs erwähnt, ohne daraus weitere Schlußfolgerungen für die Planung des Arbeitskräfte- und Maschineneinsatzes zu ziehen [1] [2]. Diese Abstimmung bleibt aber Stückwerk, wenn man die Transportmittel nur auf einen Arbeitsgang abstimmt. In der Praxis werden mehrere beladende, transportierende und entladende Einheiten gemeinsam eingesetzt, um unterschiedliche Leistungsansprüche und Störungen im Arbeitsablauf auszugleichen sowie durch unterschiedliches Leistungsvermögen bedingte nicht ausgelastete Kapazitäten zu verringern.

Die Normungsmethode einzelner Arbeitsgänge unter Aussonderung aller Verlustzeiten führte dazu, daß bisher kaum Leistungskennzahlen für verbundene Arbeitsgänge ermittelt wurden. Nach dieser Methode sind Stückzeiten zu ermitteln und einzelne unabhängige Arbeiten zu normen. Leistungskennzahlen bei transportverbundenen Arbeiten sind nur im Zusammenhang aller beteiligten Arbeitskräfte und Maschinen zu ermitteln. In einer Fließarbeitskette können die Arbeitskräfte abhängiger Arbeitsgänge nur so viel bearbeiten, wie die des leistungsbestimmenden Arbeitsganges. Die dadurch verursachten Verlustzeiten sind vom Arbeiter unverschuldet und lassen sich durch verfahrenstechnische und organisatorische Maßnahmen planmäßig beeinflussen.

### Berechnungsgrundlagen und Erläuterung verwendeter Begriffe

Um Arbeitskräfte und Maschinen transportverbundener Arbeiten planmäßig aufeinander abzustimmen, die Arbeitsmaße, den Arbeitskräfte-, Maschinen- und Arbeitszeitbedarf sowie ökonomische Auswirkungen mehrerer gemeinsam eingesetzter Maschinen zu berechnen, ist von der zusammenhängenden Betrachtung aller verbundenen Arbeitsgänge, von Stückzeiten und den Arbeitsbedingungen auszugehen. Dabei sind die durch unterschiedliche Vorbereitungs-, Abschluß- und Transportzeiten sowie Leistungen entstehenden Verlustzeiten einzubeziehen.

Als Kalkulationsgrundlagen sind viele Normative aus Katalogen und anderer Literatur vorhanden. Für die kurzfristige Arbeitsdisposition ist es jedoch zweckmäßig, Meßergebnisse unter den Bedingungen eines jeden Betriebes zu sammeln, um die Anzahl der Arbeitskräfte und Maschinen sowie Arbeitsmaße den oft wechselnden Arbeitsbedingungen gut anpassen zu können. Für den Transport sollte eine Wegekarte des Betriebes angefertigt werden, auf der Wegstrecken unterschiedlicher Beschaffenheit und der Wegezeitbedarf abzulesen sind [3]. Unser hier gezeigtes Beispiel berechnen wir nach Literaturangaben [4] [5] [3] [6] und praktischen Erfahrungen. Für die Berechnung sind festzulegen bzw. zu ermitteln:

- a) Maschinensysteme, Arbeitsverfahren und Arbeitstechniken unter Berücksichtigung der verfügbaren Arbeitskräfte und Maschinen,
- b) Aufwandsmengen oder Erträge,
- c) Stückzeiten je t für Arbeitskräfte und Maschinen,