

Hydraulik in der Landtechnik (Teil VI)¹

Dipl.-Ing. G. HASSLAUER*

6. Frontlader in der Zusammenarbeit mit der Traktor-Hydraulikanlage

6.1. Allgemeines

Die fortschreitende Mechanisierung in der Landwirtschaft verlangt von Traktoren – als Energiequelle – größtmögliche Vielseitigkeit. Durch den Einsatz von Frontladern werden alle vorkommenden schweren und zeitraubenden Lade- und Transportarbeiten mechanisiert.

Dabei kann der Frontlader am Traktor verbleiben und behindert dessen anderweitigen Einsatz nicht.

Die gewünschten Hubhöhen und die Ausladung sind konstruktiv zu beeinflussen durch die Schwingenlänge und die Lage des Schwingen-Anlenkpunktes am Traktor.

Für die Hubkräfte der Frontlader sind neben der konstruktiven Anordnung der Anlenkpunkte der Hubzylinder und der Schwinge in erster Linie die Hydraulikanlage des mit dem Frontlader gekoppelten Traktors und die Größe der Hubzylinder bestimmend.

Nachfolgend wird untersucht, welche Hauptparameter des Frontladers in Übereinstimmung mit den energetischen Kennziffern der Traktor-Hydraulikanlage (s. 4.5 – Teil IV) den Traktor-Zugkraftklassen 0,6 und 0,9 Mp zugeordnet werden können. Außerdem wird das der Losreibbedingung entsprechende Hebelverhältnis l/L ermittelt.

6.2. Energetische Forderungen an Frontlader

6.2.1. Hubvermögen der Schwingen-Hubzylinder

Das mechanische Hubvermögen am Werkzeug-Drehpunkt der Schwinge ergibt sich aus der Hubkraft $H = G_{\text{Last bez}}$ bez und dem senkrechten Hubweg h des Werkzeug-Drehpunktes der Schwinge – Bild 1 (H kann gleich $G_{\text{Last bez}}$ gesetzt werden, da der Anteil der Trägheitskraft nur etwa 9 % beträgt und deshalb vernachlässigbar ist).

$$A_{\text{mech}} = H \cdot h \quad [\text{kpm}]$$

Unter Berücksichtigung der Losreibkraft gilt [1]:

$$A_{\text{mech}} = 3 \cdot H \cdot h$$

$$A_{\text{hydr}} = \frac{A_{\text{mech}}}{\eta_{\text{Schw.}}} = \frac{3 \cdot H \cdot h}{\eta_{\text{Schw.}}}$$

Darin sind

$$H \text{ in kp; } h = 3 \text{ m} \quad [1]$$

$\eta_{\text{Schw.}}$ Wirkungsgrad des Schwingen-Antriebes
Dieser wird wie in 4.3.1 (Teil IV) = $\eta_{\text{KfH}} = 0,85$ gesetzt.

Mit diesen Werten wird:

$$A_{\text{hydr}} = \frac{3 \cdot 3}{0,85} \cdot H = 10,6 \cdot H \quad [\text{kpm}]$$

Nach [1] [2] [3] werden den Traktorgrößen bestimmte Ladergrößen und damit Nutzlasten zugeordnet:

Nutzlast [kp]	Traktormasse [kg]	Leistung [PS]	Zugkraftklasse [Mp]
200 ... 400	... 1000	15 ... 20	0,6
600 ... 800	> 2000	> 35	0,9

Zum Heben der Eigenmasse der Erdschaufel bzw. des Ladekopfes und des auf den Werkzeug-Drehpunkt der Schwinge bezogenen Masseanteils der Schwinge wird eine Kraft benötigt, die mit etwa $1/4$ Nutzlast angenommen werden kann. Damit ergibt sich folgende Zuordnung der Hubkräfte zu den Zugkraftklassen:

Hubkraft [kp]:	250	750
Zugkraftklasse [Mp]:	0,6	0,9

Zu diesen Werten können die speziell erforderlichen Hubvermögen ermittelt werden

$$A_{\text{hydr}} 0,6 \text{ Mp} = 10,6 \cdot 250 = 2650 \text{ kpm}$$

$$A_{\text{hydr}} 0,9 \text{ Mp} = 10,6 \cdot 750 = 7950 \text{ kpm}$$

6.2.2. Erforderlicher Aushebdruck

Der Aushebdruck läßt sich vom Hubvermögen A_{hydr} ableiten.

$$A_{\text{hydr}} = N_{\text{hydr}} \cdot t_{\text{Hub}} \\ = \frac{p_{\text{Hub}} \cdot Q_{\text{P}}}{450} \cdot 75 \cdot t_{\text{Hub}} = \frac{p_{\text{Hub}} \cdot Q_{\text{P}}}{6} \cdot t_{\text{Hub}}$$

$$p_{\text{Hub}} = \frac{A_{\text{hydr}} \cdot 6}{Q_{\text{P}} \cdot t_{\text{Hub}}} \quad [\text{kp/cm}^2]$$

Darin sind:

$$A_{\text{hydr}} \text{ in kpm}$$

$$Q_{\text{P}} \text{ in l/min}$$

$$t_{\text{Hub}} \text{ in s einzusetzen.}$$

$$t_{\text{Hub}} = 7 \dots 10 \text{ s} \quad [2] \leq 8 \quad [1]$$

$$t_{\text{Senk}} > 5 \text{ s} \quad [2] \leq 7 \quad [1]$$

In der weiteren Rechnung wird $t_{\text{Hub}} = 8 \text{ s}$ gesetzt und unter Verwendung der nach 4.5 (Teil IV) zugeordneten Nenn-Förderströme der Aushebdruck ermittelt

$$p_{\text{Hub}} 0,6 \text{ Mp} = \frac{2650 \cdot 6}{25 \cdot 8} \approx 80 \text{ kp/cm}^2$$

$$p_{\text{Hub}} 0,9 \text{ Mp} = \frac{7950 \cdot 6}{40 \cdot 8} \approx 150 \text{ kp/cm}^2$$

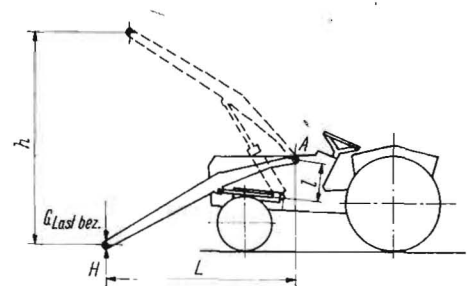


Bild 1. Schema des Frontladers

* Institut für Landmaschinentechnik Leipzig
(Direktor: Dr.-Ing. H. REICHEL)

¹ Teil I s. H. 1/1967, S. 36; Teil II s. H. 2/1967, S. 86; Teil III s. H. 4/1967, S. 279; Teil IV s. H. 5/1967, S. 232; Teil V s. H. 6/1967, S. 285

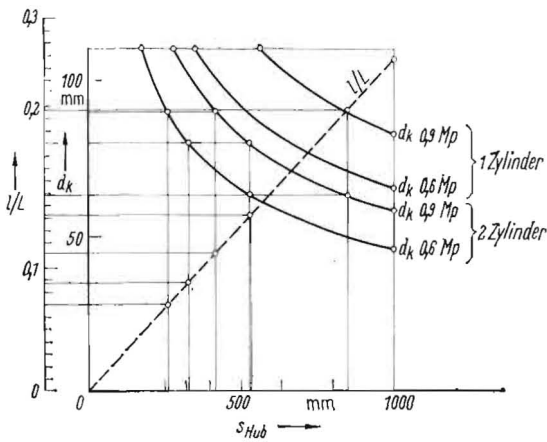


Bild 2. Abhängigkeit der Kolben-Durchmesser vom Kolbenhub – mit dem Quotienten Q_p/z_{Zyl} als Parameter – sowie des Hebelverhältnisses l/L vom Kolbenhub

6.2.3. Hauptparameter der Hubzylinder

Die wichtigsten Hauptparameter können aus dem Füllungsvolumen der Hubzylinder, dem Förderstrom der Pumpe und der Hubzeit ermittelt werden.

$$t_{Hub} = \frac{F_k \cdot s_{Hub}}{Q_p} \cdot \frac{60}{10^3} \cdot z_{Zyl}$$

$$= \frac{d_k^2 \cdot T}{4} \cdot \frac{s_{Hub}}{Q_p} \cdot \frac{60}{10^3} \cdot z_{Zyl}$$

$$d_k^2 = 21,2 \cdot \frac{t_{Hub} \cdot Q_p}{s_{Hub} \cdot z_{Zyl}}$$

$$= 21,2 \cdot 8 \cdot \frac{Q_p}{s_{Hub} \cdot z_{Zyl}} = 169,6 \cdot \frac{Q_p}{s_{Hub} \cdot z_{Zyl}}$$

$$d_k = 13 \cdot \sqrt{\frac{Q_p}{s_{Hub} \cdot z_{Zyl}}} \quad [\text{cm}]$$

Darin sind: Q_p in l/min
 s_{Hub} in cm
 z_{Zyl} Anzahl der Zylinder

Mit den speziellen Werten des Förderstromes ergibt sich der Kolbendurchmesser der Hubzylinder

bei 1 Zylinder:

$$d_k 0,6 \text{ Mp} = 65 / \sqrt{s_{Hub}}$$

$$d_k 0,9 \text{ Mp} = 82,3 / \sqrt{s_{Hub}}$$

bei 2 Zylindern:

$$d_k 0,6 \text{ Mp} = 46 / \sqrt{s_{Hub}}$$

$$d_k 0,9 \text{ Mp} = 58 / \sqrt{s_{Hub}}$$

In Bild 2 ist die Abhängigkeit der Kolbendurchmesser vom Kolbenhub – mit dem Quotienten Q_p/z_{Zyl} als Parameter – dargestellt.

Zur Vervollständigung wurden auf der d_k - bzw. s_{Hub} -Ordinate die jeweiligen – im dargestellten Werte-Bereich liegenden – Standard-Nenngrößen eingetragen.

Von der d_k -Ordinate wurden für die Werte $d_k = 63, 80$ und 90 mm waagerechte Hilfslinien bis zum Schnittpunkt mit den $d_k 0,6 \text{ Mp}$ – und $d_k 0,9 \text{ Mp}$ -Kurven (für 2 Zylinder, da größtenteils mit 2 Zylindern gearbeitet wird) eingetragen.

Von diesen Schnittpunkten wurden senkrechte Hilfslinien bis zur Abszisse gezogen, so daß man die erforderlichen Kolbenhöbe ablesen kann. Gleichzeitig schneiden diese Hilfslinien die Kurve $l/L = f(s_{Hub})$. Von den dadurch entstandenen Schnittpunkten sind waagerechte Hilfslinien bis

zur l/L -Ordinate eingetragen, wodurch ein dem Kolben-Durchmesser entsprechender l/L -Wert abzulesen ist.

6.2.4. Einfluß der das Frontlader-System kennzeichnenden wichtigsten Konstruktionsgrößen

Nach Bild 1 gilt:

$$\Sigma M_A = 0 : G_{Last \text{ bez.}} \cdot L - P_k \cdot l = 0$$

$$P_k = \frac{L}{l} \cdot G_{Last \text{ bez.}} \quad [\text{kp}]$$

Unter Berücksichtigung der Losreibkraft [1] ist:

$$P_k \text{ Losreib} = 3 \cdot \frac{L}{l} \cdot G_{Last \text{ bez.}} \quad [\text{kp}]$$

$$P_k \text{ Losreib} = \frac{d_k^2 \cdot \pi}{4} \cdot p_{Hub} \cdot z_{Zyl} \cdot \eta_{Zyl}$$

Durch Gleichsetzen dieser Werte erhält man:

$$d_k^2 \cdot z_{Zyl} \cdot p_{Hub} = \frac{3 \cdot 4}{\eta_{Zyl} \cdot \pi} \cdot G_{Last \text{ bez.}} \cdot \frac{L}{l}$$

Darin wird eingesetzt:

$$d_k^2 \cdot z_{Zyl} = 169,6 \cdot \frac{Q_p}{s_{Hub}} \quad \text{und} \quad \eta_{Zyl} = 0,95$$

Damit wird:

$$\frac{l}{L} = \frac{G_{Last \text{ bez.}} \cdot s_{Hub}}{Q_p \cdot p_{Hub} \cdot 4^2}$$

$$\left(\frac{G_{Last \text{ bez.}}}{Q_p \cdot p_{Hub}} \right) 0,6 \text{ Mp} = \left(\frac{G_{Last \text{ bez.}}}{Q_p \cdot p_{Hub}} \right) 0,9 \text{ Mp} = \frac{1}{8}$$

Durch Einsetzen dieses Wertes ergibt sich:

$$\left(\frac{l}{L} \right)_{\text{Losreib}} = \frac{s_{Hub}}{336} \quad [-]$$

Darin ist s_{Hub} in cm einzusetzen.

In Bild 2 ist die Abhängigkeit des Hebelverhältnisses l/L vom Kolbenhub – bei Wiederverwendung der s_{Hub} -Koordinate – eingetragen.

6.3. Zusammenfassung

Aus den im Bild 2 eingetragenen Kurven $d_k = f(s_{Hub})$ – mit dem Quotienten Q_p/z_{Zyl} als Parameter – geht die Zuordnung der Kolbendurchmesser und Kolbenhöbe zu den Traktor-Zugkraftklassen 0,6 Mp und 0,9 Mp hervor.

Bei komplexer Betrachtung der d_k -, s_{Hub} - und l/L -Werte zeigt sich die folgende Zuordnung (Nennwerte) als günstig:

0,6-Mp-Klasse: $d_k = 63$ mm, $s_{Hub} = 500$ mm

0,9-Mp-Klasse: $d_k = 80$ mm, $s_{Hub} = 500$ mm

Im Interesse einer Sortiments Einschränkung sollte unter Beachtung von 3.3.3 (Teil III) und 4.5 (Tafel 1 in Teil IV) folgende Zuordnung angestrebt werden:

0,6-Mp-Klasse: $d_k = 80$ mm, $s_{Hub} = 320$ mm

0,9-Mp-Klasse: $d_k = 80$ mm, $s_{Hub} = 500$ mm

Dieser Lösungsweg ist durchaus gangbar, weil der Aushebendruck $p_{Hub} 0,6 \text{ Mp}$ nur 80 kp/cm^2 (s. 6.2.2) beträgt, aber dadurch in großem Umfang gleiche Einzelteile verwendet werden könnten.

Literatur

- [1] Hof- und Stalltraktor mit Frontlader. ATF 54, Juli 1966. Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim
- [2] Frontlader, Bauelemente und Anforderungen. KTL Arbeitsblatt für Landtechnik F – AS 501
- [3] MEINCKE, K.: Kinematische und experimentelle Untersuchungen an Schlepperfrontladern. Berichte über Landtechnik Nr. 82 A 6902