

Kinematik der Kombination Traktor-Anbaupflug (II)¹

Ing. K. HASSELBACH, KDT*
Ing. W. MÜLLER

1.2. Die Verschiebung des ideellen Führungspunktes

Bild 2 zeigt, daß der Führungspunkt sich mit der Vergrößerung der Arbeitstiefe t_n weiter nach vorn und je nach Anlenkvariante tiefer verlagert. Je höher und weiter nach hinten der theoretische Führungspunkt P_t liegt, um so größer ist die zusätzliche Triebachsbelastung und die Entlastung des Pfluges, was niedrigere Schleifsohlenbelastung, geringeren Verschleiß sowie eine kleinere Zugkraft zur Folge hat. Die Vorderachsbelastung steigt entsprechend an. Welcher Führungspunkt am günstigsten ist, hängt von den Bodenbedingungen und von der erforderlichen Vorderachs- oder Triebachsbelastung ab. Die Lage des Führungspunktes wirkt sich außerdem auf die gleichmäßige Tiefenhaltung des Pfluges auf welligem Gelände aus [2].

Durch die Schräglage des Traktors in der Furche und durch die Normalstellung des Pflugrahmens und damit der Tragzapfen kann kein vollkommener Angleich der unteren Lenker zueinander erreicht werden. Der Führungspunkt im Grundriß wandert dadurch von der Schwerpunktlinie des Traktors zur Furchenseite. Die Auswanderung ist um so größer, je größer die Arbeitstiefe des Pfluges ist. Bei der Lage des Führungspunktes hinter der Triebachse ist die Auswanderung größer als vor der Triebachse. Dadurch bedingt wird die Anlagenkraft um so kleiner, je größer die Auswanderung ist. Aus dem Auf- und Grundriß werden die theoretischen Führungspunkte in den Seitenriß übertragen.

2. Ermittlung der Kräfte am Beispiel des MTS-5L mit dem B125

Nachdem Pflug und Traktor mit einem gewählten Maßstab in den Umrissen skizziert sind, werden die zur Lösung benötigten Werte und Maße nach den Tafeln 1 und 2 eingetragen.

Der Durchstoßpunkt (Angriffspunkt des resultierenden Bodenwiderstands) liegt nach den von SCHILLING zusammengetragenen Erfahrungswerten $0,33 b_n$ von der Furchenwand und $0,33 t_n$ von der Furchensohle, in etwa 200 mm Abstand von der Scharspitze des mittleren Körpers oder nach SCHMEISSER $0,466 b_n$ von der Furchenwand und $0,315 t_n$ von der Furchensohle entfernt.

Der Durchstoßpunkt D kann exakt ermittelt werden, wenn bei Feldversuchen mit einer 6-Komponenten-Meßeinrichtung die am Pflugkörper wirkenden Kräfte gemessen und die Ergebnisse unter Anwendung der Vektoralgebra ausgewertet werden. Versuche zeigen, daß die Lage von D bestimmten Streuungen unterliegt, so daß die angegebenen Werte als ausreichend genau angesehen werden können. Andererseits lassen sich die genauen Bodenwiderstandswerte für einen vorliegenden Boden relativ schwer einschätzen, so daß der bei der Annahme von D eventuell auftretende Fehler die Größenordnung des ohnehin vorhandenen Fehlers nicht überschreiten wird.

2.1. Angriffspunkte der Kräfte

Der vertikale Bodenwiderstand R_v , der horizontale Bodenwiderstand R_H und der seitliche Bodenwiderstand R_s greifen in D an. Das Pfluggewicht G_{pf} wirkt idealisiert im Schwerpunkt des Pfluges, die Anlagenkraft S im Schwerpunktbereich der Anlage, die Reibungskraft an der Anlage S_w in halber Anlagenhöhe, die Schleifsohlenkraft V im Schwerpunktbereich der Schleifsohle und die Reibungskraft an der Schleifsohle V_w zwischen Schleifsohle und Bodensohle.

Die Anlagenkraft S und die Schleifsohlenkraft V sind jeweils unter dem Reibungswinkel der gleitenden Reibung zwischen Stahl und Ackerboden ϱ_g geneigt. Der vertikale Bodenwiderstand R_v ist unter dem Ablenkungswinkel Ψ im Aufriß und der horizontale Bodenwiderstand R_H unter dem Ablenkungswinkel φ im Grundriß geneigt.

Die Ablenkungswinkel Ψ und φ sind abhängig von Bodenart und Bodenzustand sowie von Arbeitstiefe und Pflugkörperform. Sie liegen normal nach GETZLAFF in folgenden Grenzen:

$$\Psi = 10 \text{ bis } 28^\circ \quad \varphi = 15 \text{ bis } 22^\circ$$

Mit größer werdendem Bodenwiderstand werden beide Winkel kleiner. Der Winkel φ nimmt mit Vergrößerung der Arbeitstiefe erst ab, um dann allmählich wieder anzusteigen. Der Winkel Ψ steigt mit Vergrößerung der Arbeitstiefe, um beim Durchlaufen einer mittleren Arbeitstiefe von etwa 17,5 cm wieder abzufallen.

In den nachfolgenden Betrachtungen werden folgende Winkelwerte angenommen:

$$\begin{array}{lll} \varphi_{10} = 20^\circ & \varphi_{20} = 15^\circ & \varphi_{30} = 17^\circ \\ \Psi_{10} = 17^\circ & \Psi_{20} = 20^\circ & \Psi_{30} = 14^\circ \end{array}$$

Der Bodenwiderstand der Bodengruppe III W_{III} wird bei einer theoretischen Geschwindigkeit im Bereich von 6,7 bis 7,7 km/h und einem Schlupf von 12% mit 47 kp/dm² angenommen. Der Reibungswinkel ϱ_g wird mit 22° festgelegt.

2.2. Lösungsweg

2.2.1. Betrachtungen im Aufriß

Der ideelle Bodenwiderstand $Z_0 = W_{III} \cdot b_n \cdot t_n \cdot i$ wird berechnet. Die Reibungskraft zwischen Anlage und Furchenwand kann aus der Beziehung $S_w' = Z_0 \cdot \tan \varphi \cdot \tan \varrho_g$ überschläglich berechnet werden und ist nötigenfalls nach der Betrachtung im Grundriß zu korrigieren. Durch die Wahl eines geeigneten Kräftemaßstabes lassen sich die Kräfte Z_0 und S_w' im Krafteck (Bild 2a) eintragen. R_v ergibt sich in Größe und Richtung durch den Ablenkungswinkel φ^2 und die Kraft Z_0 im Krafteck des Aufrisses. V_N' ist eine theoretische Vertikalkraft. Das Pfluggewicht G_{pf} wird an R_v angetragen, als Hilfsresultierende ergeben sich die Kräfte 1/2 und 2/3. Im Lageplan (Bild 2A) werden der vertikale Bodenwiderstand R_v und das Pfluggewicht G_{pf} in I zum Schnitt gebracht. Die Hilfsresultierenden 1/2 und 2/3 werden vom Krafteck parallel in den Aufriß (Bild 2A) übertragen und schneiden die Richtung von S_w' in 2 bzw. V in 3. Der Schnittpunkt 3 wird mit dem ideellen Führungspunkt im Aufriß verbunden, so daß sich die Lage der resultierenden Zugkraft W ergibt. W wird aus dem Aufriß parallel in das Krafteck übertragen und schneidet die Richtung der Schleifsohlenkraft V . Damit ist die Größe von W und V graphisch bestimmt. Im Schnittpunkt $W-V$ wird das Lot gefällt, und es ergibt sich die Größe der Schleifsohlenreibung V_w , die senkrechte Schleifsohlenbelastung V_N und die vertikale Zugkraft Z_s . Die Summe von $Z_0 + S_w' + V_w$ ist die vorläufige Zugkraft Z' des Pfluges parallel zur Rollebene des Traktors. Aus dem Aufriß und dem Krafteck des Aufrisses ist ersichtlich, daß die Hilfsresultierende 2/3 nur abhängig von der Größe des Bodenwiderstandes und nicht von der Anlenkvariante ist und um so steiler verläuft, je kleiner der Bodenwiderstand und je größer der Ablenkungswinkel bei gleichem Pfluggewicht G_{pf} wird.

* Ingenieurschule für Landtechnik Norhausen
(Direktor: Dipl.-Ing. D. SCHURIG)

¹ Teil I in Heft 8/1967, S. 390; ² im Bild irrtümlich \times

Dadurch verlagert sich der Schnittpunkt 3 nach unten und W steht steiler und damit wird V , V_w und Z' kleiner. Z_s wird dagegen größer und damit die zu erwartende zusätzliche Triebachbelastung. Das gleiche wird erreicht, wenn der ideale Führungspunkt P_t höher und näher an den Pflug wandert. Je kleiner der Bodenwiderstand und je größer der Ablenkungswinkel wird, um so tiefer und weiter vorn muß der Führungspunkt P_t liegen, weil sonst keine genügend große positive vertikale Führungskraft V_N wirkt, und der Pflug nicht sicher geführt wird.

2.2.2. Betrachtungen im Grundriß

Die bereits ermittelten Kräfte Z_0 und V werden im gleichen Kräftemaßstab ins Kräfteck des Grundrisses (Bild 2b) übertragen. Unter Antragung des Winkels φ und der Kraft $S_N' = Z_0 \cdot \tan \varphi$ ergibt sich Größe und Richtung des horizontalen Bodenwiderstandes R_H . R_H wird unter Berücksichtigung des Winkels φ im Durchstoßpunkt D (Bild 2b) angetragen und mit der Richtung von V_w in A zum Schnittpunkt gebracht. Die sich im Kräfteck ergebende Hilfsresultierende $4/5$ wird parallel in den Grundriß übertragen, so daß sie durch den Punkt A geht. Sie schneidet die Richtung von S in 5 . Der Schnittpunkt 5 wird mit dem idealen Führungspunkt verbunden und es ergibt sich die Richtung von W , die parallel in das Kräfteck übertragen mit der Richtung von S einen Schnittpunkt liefert. Dadurch ist die Größe von W , S , S_N , S_w und Z_q ermittelt. S_N ist hierbei die horizontale Seitenkraft der Anlage und Z_q die Querkraft. Z ist die parallel zur Rollebene des Traktors gerichtete Zugkraft des Pfluges. Aus Grundriß und Kräfteck ist ersichtlich, daß die Hilfsresultierende $4/5$ ebenfalls unabhängig von der An-

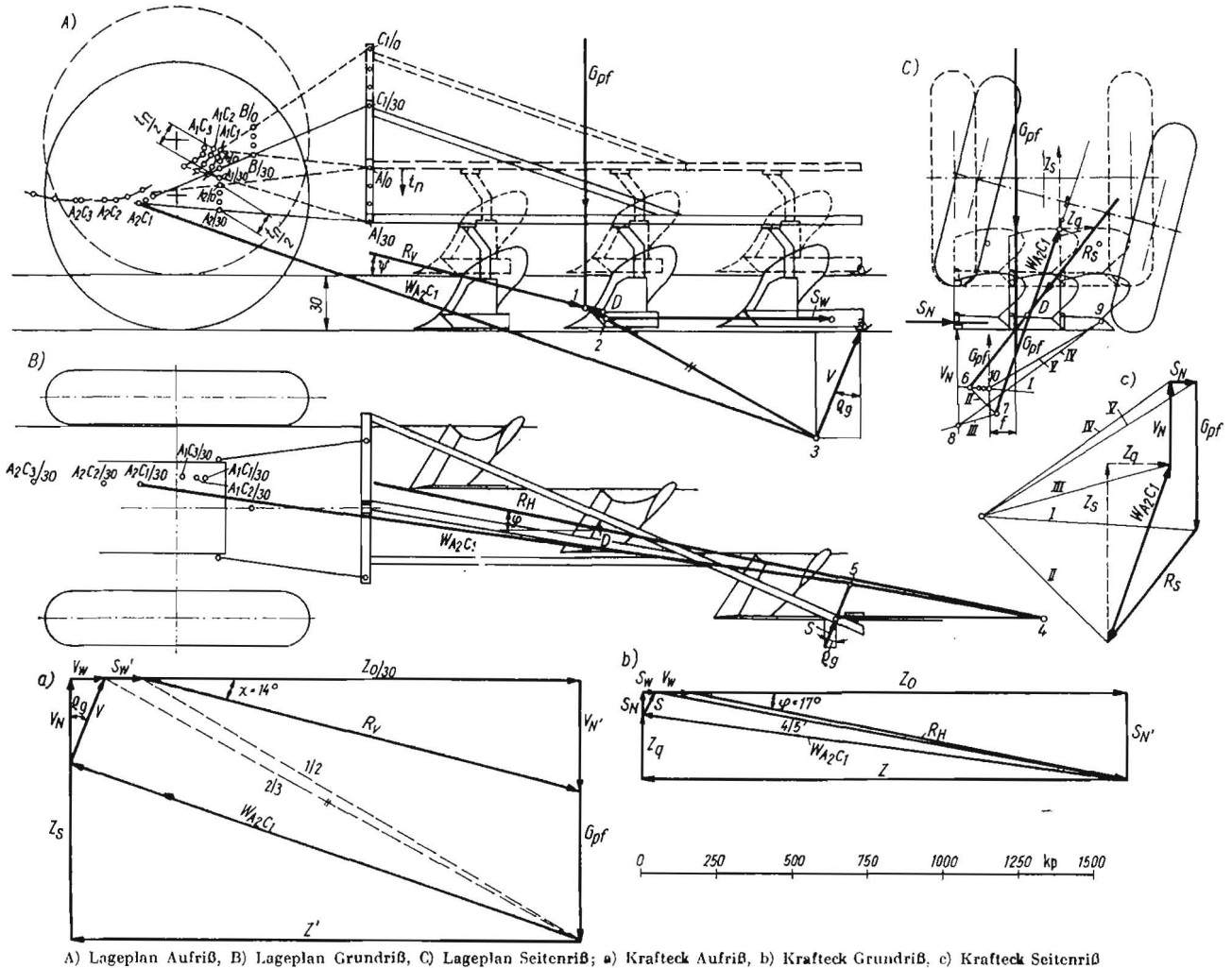
lenvariante, aber abhängig von der Größe des Bodenwiderstands und des Ablenkungswinkels φ ist. Je größer der Bodenwiderstand und je kleiner der Winkel φ , um so flacher verläuft $4/5$ und um so steiler verläuft die Kraft W , um so kleiner wird die Anlagenkraft S bzw. S_N . Die Anlenkvariante ist demzufolge in Abhängigkeit vom Bodenwiderstand und der Arbeitstiefe so zu wählen, daß die Anlagenkraft S_N möglichst klein wird, andererseits jedoch noch positiv und so groß bleibt, daß sich der Pflug selbst sicher horizontal führt. Wird die Querkraft $Z_q > 0$, dann liegt eine räumlich resultierende Zugkraft mit den Komponenten Z , Z_s und Z_q vor. Diese Tatsache ist dann bei der Bestimmung der betrieblichen Achslasten zu berücksichtigen. Weicht im Grundriß die Reibungskraft zwischen Anlage und Furchenwand S_w stark vom errechneten Wert S_w' des Aufrisses ab, dann muß eine Korrektur vorgenommen werden.

2.2.3. Betrachtungen im Seitenriß

Im Seitenriß (Bild 2c) werden die Kräfte S_N , V_N , G_{pf} , Z_s , $Z_q(W)$ in Größe und Richtung entsprechend dem gewählten Kräftemaßstab angetragen. Das Kräfteck schließt sich durch den seitlichen Bodenwiderstand R_s . Die Resultierende W ergibt sich aus der vertikalen Zugkraft Z_s und der Querkraft Z_q . Von einem beliebigen Punkt P werden Polstrahlen I bis V gezogen, die dann in den Seitenriß (Bild 2c) parallel zu übertragen sind. Das Pfluggewicht G_{pf} wird im Schwerpunkt, der seitliche Bodenwiderstand R_s im Durchstoßpunkt D , S_N in der halben Anlagenhöhe, V_N im Schwerpunktbereich der Schleifsohle und W im idealen Führungspunkt des Seitenrisses in ihrer Richtung antra-

(Schluß auf Seite 442)

Bild 2. Graphische Ermittlung der an der Kombination Traktor-Anbaupflug angreifenden Kräfte





Prof. Dr.-T.N. W. N. BOLTINSKI,
Mitglied der Allunionsakademie der Landwirtschaftswissenschaften (WASChNIL), Moskau

Der Traktorenbau der UdSSR in den 50 Jahren der Sowjetmacht (Teil II)*

4. Dritte (Nachkriegs-)Etappe des sowjetischen Traktorenbaues — Wiederaufbau und weitere Entwicklung

Während des Großen Vaterländischen Krieges wurde das Stalingrader Traktorenwerk zerstört. Die Produktionseinrichtungen des Charkower Traktorenwerkes wurden im wesentlichen nach Rubzowsk (Ural) gebracht, dort baute man bereits in der Kriegszeit ein neues Werk — später ATS genannt. Das Leningrader Kirow-Werk evakuierte man ebenfalls in den Ural, das Tscheljabinsker Werk schließlich ging zur Kriegsproduktion über. Für einige Zeit kam die Traktorenproduktion in unserem Land zum Erliegen.

Der Traktorenpark der Landwirtschaft ging während des Krieges stark zurück, ein beträchtlicher Teil der Traktoren wurde umgesetzt oder vernichtet. Aber noch während der siegreichen Rückeroberung unserer Heimat und der Vertreibung der hitlerischen Eindringlinge begann der Wiederaufbau und die Traktorenproduktion. So z. B. der Traktoren „STS-NATI“ in Stalingrad und „SChS-NATI“ in Charkow sowie des „ATS-NATI“ in Rubzowsk. Später wurden die „STS-NATI“ und „SChS-NATI“ modernisiert und mit dem Dieselmotor D-54 versehen; sie führen seitdem die Bezeichnung „DT-54“. Bei diesem Traktor gibt es Varianten für Moorarbeiten, Grabenräumung und Gasgeneratorantrieb. Nach Kriegsende nahm das Tscheljabinsker Werk die Herstellung der leistungsstarken Kettentraktoren „S-80“ mit Dieselmotoren von etwa 90 PS Leistung auf. Gleichzeitig begann auch der Bau neuer Traktorenwerke (WTS bzw. LTS). In Wladimirsk (WTS) lief die Produktion der Zugtraktoren „Universal“ und in Lipezk (LTS) die der Kettentraktoren KD-35 und KDP-35 mit dem Dieselmotor D-35 (37 PS) an. Das gleichfalls neuerbaute Minsker Traktorenwerk (MTS) begann mit der Herstellung der Zugtraktoren „MTS-1“ und „MTS-2“, die ständig verbessert und modernisiert wurden.

Diese kurze Aufzählung verdeutlicht, welche Aufmerksamkeit dem Aufbau einer modernen Traktorenindustrie von Partei und Regierung gewidmet wurde. Das Wachstumstempo der Traktorenproduktion und die Zunahme des Traktorenparks in der Landwirtschaft seit 1945 sind aus Tafel 3 zu ersehen. Die energetische Leistung der in der Landwirtschaft eingesetzten Traktoren, Mähdrescher und LKW stieg seit dem Jahre 1940 auf nahezu das Fünffache an (Tafel 4). 1950 erreichte die Energieausrüstung der Landwirtschaft 1,7 PS je Ak. Über den Energie(PS)-Besatz der sowjetischen Landwirt-

schaft je Ak und 100 ha LN gibt Tafel 5 Aufschluß. Die Anzahl der Traktoren in der Landwirtschaft wuchs bis 1965 (im Vergleich zum Vorkriegsjahr 1940) nach der Stückzahl um das Dreifache, auf PS-Einheiten bezogen um das 4,85-fache. Tafel 6 vermittelt einen Überblick über die wichtigsten Traktoren der Gegenwart. Die Direktiven des Fünfjahresplanes der Entwicklung der Volkswirtschaft der UdSSR für den Zeitraum von 1966 bis 1970 (XXIII. Parteitag der KPdSU) legen eine Steigerung des jahresdurchschnittlichen Produktionsvolumens der Landwirtschaft um 25 % (speziell bei Getreide um 30 %) gegenüber dem vorangegangenen Fünfjahrplan fest. Ebenfalls nach diesen Direktiven soll die Arbeitsproduktivität in den Kolchosen und Sowchosen um 40 bis 45 % erhöht werden.

Zur Bewältigung dieser großen Aufgaben muß die Industrie der UdSSR die Her- und Bereitstellung von Traktoren, LKW, Landmaschinen und anderen technischen Anlagen und Geräten erheblich erhöhen. So soll z. B. die Landwirtschaft in diesem Fünfjahrplan (1966 bis 1970) 179 000 Traktoren oder etwa 1½ mal mehr als im vorangegangenen Fünfjahrplan erhalten.

Um diese gewaltige Menge von Traktoren herstellen zu können, müssen die Motorenwerke und auch eine große Anzahl von Spezialbetrieben rekonstruiert werden. Darüber hinaus sind neue Werke — darunter das Pawlodarsker Traktorenwerk — neu zu errichten. Die Realisierung dieses Programms wird die Sowjetunion an die Spitze aller traktorbauenden Länder bringen.

5. Entwicklungsrichtungen sowjetischer Traktorenkonstruktionen

Wie schon erwähnt, fehlte in der ersten Etappe des sowjetischen Traktorenbaues (1917 bis 1931) jegliche Konstruktions- und Produktionserfahrung. Deshalb stützten sich die zum Traktorenbau übergehenden Maschinenbaubetriebe im

* Übersetzer: Dipl.-Ing. K.-H. SCHULTE; Teil I s. H. 8, S. 306

Tafel 3. Wachstumstempo der Traktorenproduktion und -bestände

(in Tsd. St.)	1945	1947	1949	1952	1955	1958	1962	1964	1965
Produktion									
1. in Tsd. St.	7,7	27,8	88,2	98,7	163,4	219,7	287,0	329,0	354,5
2. bez. a. 15-PS-Einh.	14,7	65,0	193,8	216,2	321,8	415,4	606,9	720,5	803,5
Bestand in der Landwirtschaft									
1. in Tsd. St.	—	—	—	—	844	1001	1329	1539	1613
2. bez. a. 15-PS-Einh.	—	—	—	—	1449	1750	2400	2821	3032

Tafel 4. Energetische Leistung der Traktoren, LKW und MD (in Mill. PS)

	1940	1950	1958	1960	1963	1964	1965
Traktoren	17,6	22,3	42,6	50,3	70,4	77,4	85,5
Mähdrescher	5,8	8,0	22,2	24,8	31,5	33,3	35,6
LKW	11,9	21,3	58,0	64,3	78,5	79,7	84,5

Tafel 5. Energie(PS-)Besatz je Ak und 100 ha LN

PS-Besatz	1917 bis 1940	1950	1958	1960	1963	1964	1965
1. bezogen auf 1 Ak	0,5	1,5	1,7	4,4	5,4	6,8	7,2
2. bezogen auf 100 ha LN	20	32	47	67	74	83	100

(Schluß von Seite 441)

gen. Der Polstrahl I wird mit den Richtungen von G_{pf} und R_s zum Schnitt gebracht. Von 6 wird II mit W in 7 , III von 7 mit V_N in 8 , IV von 8 mit S_N in 9 und V von 9 mit I zum Schnitt gebracht. Das Seileck schließt sich, wenn Polstrahl V den Polstrahl I in der Richtung des Pfluggewichtes G_{pf} schneidet. Schneidet V Polstrahl I außerhalb der Richtung von G_{pf} , dann ergibt sich ein Hebelarm f und es muß, um den Pflug ins Gleichgewicht zu bringen, ein Gegenmoment $M_t = G_{pf} \cdot f$ aufgebracht werden. Dieses Gegenmoment beeinflußt unter Berücksichtigung der Drehrichtung die betrieblichen Achslasten der Triebäder.

(Fortsetzung folgt im nächsten Heft)

A 6940/11