

Arbeitskolbens und damit auch des Pfluges erreicht wird, solange das Hindernis überfahren wird.

In Abbildung 17 sind dargestellt a) Fahren auf ebenem Gelände, b) Überfahren einer Bodenerhebung und c) Überfahren einer Bodensenke. In Fall a) nimmt die auf den Arbeitskolben wirkende Druckkraft K das Pfluggewicht G zuzüglich senkrecht wirkende Komponente P des Bodenwiderstandes abzüglich Sohlendruck S auf, wobei natürlich das Hebelverhältnis Kraftarm zu Hubarm zu berücksichtigen ist. Beim Überfahren einer Bodenerhebung (Fall b) nimmt K ab bis zum Wert Null, $G + P$ werden von der Pflugsohle S aufgenommen. Die Druckkraft im oberen Lenker wird größer und bringt den Bolzen im Langloch 28 zum Anschlag (Abb. 15). Bei Fall c) nimmt die Druckkraft im oberen Lenker ab (im Bild eingezeichnet mit Z), über Anschlußstück 26 wird der Steuerstift 17 nach links herausgezogen bis der Bolzen im Langloch zum Anschlag kommt. Der Öldruck im Arbeitszylinder wird abgebaut, es tritt Schwimmstellung ein, der Pflug bleibt im Boden.

Bei ebenem Gelände, aber verschieden schwerem Boden hingegen, wird über die Horizontal- und Vertikal-Komponente der Bodenwiderstandskraft, über das Gewicht des Pfluges und den Sohlendruck die Hydraulik gesteuert. Dabei wirken in erster Linie die Kräfte in der oberen Druckstrebe des Dreipunktgestänges auf den beweglichen Anschlußpunkt 26 und den Steuerstift 17 in ähnlicher Weise wie beim Ferguson-Kraftheber. Das Langloch im Anschlußstück 26 begrenzt die Wirkung der Steuerkraft im oberen Lenker so, daß eine Tiefenhaltung in zulässigen Toleranzen bei wechselndem Bodenwiderstand erreicht wird. Da die Druckfeder 17 nicht nachstellbar ist, ist anzustreben, daß bei anderen Arbeitsgeräten, beispielsweise bei Hackgeräten, Gewicht und Schwerpunktlage und Anzahl der Arbeitswerkzeuge so gewählt werden, daß das Moment um Drehpunkt 0 (Abb. 17) oder die auf die obere Strebe wirkende Steuerkraft auf das Anschlußstück 26 etwa so groß wie bei einem angebauten Pflug ist.

DK 631.372.024.3

Résumé:

Dr.-Ing. A. Seifert: "New German Power Loaders for use with Agricultural Tractors."

Manually operated as well as mechanical, pneumatic and hydraulic loaders are made and used in Germany. The most important of these types is the hydraulic loader, since it is the type most in demand for use with tractors destined for the export market. At the same time, the hydraulic loader is of increasing importance in German agriculture. Hence, descriptions of this type occupy the greater portion of the article. A differentiation is made between hydraulic loaders with and without automatic regulation.

Dr.-Ing. A. Seifert: „Nouveau relevage allemand pour tracteurs agricoles.“

On construit et utilise en Allemagne des relevages à main, des relevages mécaniques, pneumatiques et hydrauliques. La question la plus importante est celle des relevages hydrauliques, car ils sont demandés de préférence pour l'exportation et parce que le chargeur hydraulique gagne de plus en plus d'importance en Allemagne. De ce fait, la description de ce genre de construction constitue la plus grande partie de cet exposé. En outre, il est fait une différence entre les relevages sans réglage automatique et ceux qui se règlent automatiquement.

Ing. Dr. A. Seifert: „Nuevos levantamientos alemanes para tractores agrícolas.“

En Alemania se fabrican y se emplean levantamientos a mano y levantamientos mecánicos, neumáticos e hidráulicos. Merecen el mayor interés los levantamientos hidráulicos, porque son los que con preferencia se piden y se montan en los tractores destinados a la exportación y porque el cargador hidráulico va ganando cada vez más terreno en la agricultura alemana, por lo que se dedica espacio preferente a la descripción de este tipo. Se distingue entre levantamientos hidráulicos con ajuste automático y otros sin él.

Reg.-Rat Dipl.-Ing. Fr. Flehr:

Möglichkeiten einer strömungsgünstigeren Gestaltung landwirtschaftlicher Geräte und Werkzeuge

Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Forsten, Wiesbaden

Zahlreiche Untersuchungen behandeln die Verbesserung der Leichtzügigkeit landwirtschaftlicher Maschinen durch Gewichtsverminderung, Luftbereifung, Fahrwerksfederung oder Verminderung der Getriebewiderstände [1—8]. Spärlicher sind Veröffentlichungen, die den Gleitwiderstand bei der Bewegung von Werkzeugen oder ganzen Maschinen erörtern.

Das Problem des Gleitwiderstandes ist aber der übergeordnete Fragenkomplex; Rollwiderstand, Getriebewiderstand u. a. sind nur Teilfragen. Im folgenden sei deshalb versucht, auf knappem Raume eine Übersicht über das Gesamtproblem nebst einigen Hinweisen auf spezielle Lösungsmöglichkeiten zu geben.

Bewegt sich ein fester Körper durch einen oder an einem weichen materiellen Gegenkörper, so tritt ein mechanischer Gleitwiderstand auf, der sich in einen Verdrängungswiderstand und in einen Oberflächenreibungswiderstand unterteilen läßt [9, 10, 11, 12].

Verdrängungswiderstand entsteht an Flächenelementen, die einen solchen Winkel mit der Bewegungsrichtung des Körpers bilden, daß das strömungsfähige Medium, in welchem der Körper sich bewegt, aus der Bahn des Körpers hinausgedrängt wird.

Oberflächenreibungswiderstand entsteht, wo eine Relativbewegung des strömenden Mediums parallel zum betreffenden Flächenelement der Körperoberfläche auftritt.

Mit dem Verdrängungswiderstand steht in Zusammenhang die sogenannte Bugwelle vor einem Wasserfahrzeug, allgemein der Staukörper vor der Stirnfläche eines irgendein Material durchdringenden stumpfen Körpers. Die Form des

Staukörpers hängt einmal ab von der Gestalt des eindringenden festen Körpers, zum anderen von dem physikalischen Aufbau des durchdrungenen Mediums. Sind die einzelnen Teilchen leicht gegeneinander verschiebbar, so hat der Staukörper eine andere Form und Auswirkung, als wenn die Teilchen der gegenseitigen Verschiebung einen erheblichen Widerstand entgegensetzen. Ein Luftfahrzeug kommt zum Beispiel noch bis zu recht hohen Geschwindigkeiten mit einer verhältnismäßig stumpfen Bugabrundung aus, weil an der Grenzschicht des sich bildenden Staukörpers die Reibung so gering ist, daß bei der praktisch häufigen Schräganströmung der natürliche Staukörper einen insgesamt geringeren Widerstand ergibt als ein zugespitzter oder zugeschärfter Bug. Bei der Bewegung eines festen Körpers durch Sand ist dagegen schon im Bereiche kleiner Geschwindigkeiten eine Zuschärfung der Stirnfläche strömungstechnisch zweckmäßig, weil ein Staukörper aus Sand vor einer abgestumpften Stirnfläche einen merklich höheren Widerstand ergibt, als eine zugeschärfte Stirnfläche. Allgemein tritt eine Widerstandserhöhung durch Staukörperbildung beim Vorliegen von zwei Gründen ein:

1. Wenn der Beiwert für die Reibung der strömenden Teilchen an der Oberfläche des Staukörpers größer ist als der Beiwert für die Reibung der Teilchen an der Oberfläche des festen Körpers.
2. Wenn der für den Verdrängungswiderstand maßgebende Verdrängungsquerschnitt durch die Gestalt des Staukörpers vergrößert wird.

In der Wirkung den Staukörpern ähnlich sind Störungskörper (Steine, feste Schollen oder Fasermassen), die vor der Stirn-

fläche des Körpers hergeschoben werden und dessen Widerstand um einen zusätzlichen Anteil erhöhen.

Der Reibungswiderstand der strömenden Teilchen aneinander konvergiert bei Gasen und tropfbaren Flüssigkeiten für langsame Geschwindigkeit gegen Null, steigt aber mit wachsender Geschwindigkeit immer steiler entsprechend der Zähigkeit der Flüssigkeit an. Ackerboden und andere landwirtschaftliche Medien zeigen auch bei kleinster Geschwindigkeit einen Verschiebungswiderstand benachbarter Teilchen. Sie besitzen unter Umständen Festigkeit, d. h. die einzelnen Teilchen sind — insbesondere durch Schub- und Zugkräfte — aneinander gebunden. Zähigkeit kann außerdem vorhanden sein, sie kann aber auch auf einen nicht nennenswerten Betrag absinken. Gleitet ein Körper durch einen bindigen, womöglich mit Fasern durchsetzten Boden, so entsteht ein birnenförmiger, oft weit über die Querschnittsfläche des eindringenden Körpers hinausragender Staukörper. Ist die Zähigkeit des Mediums „Boden“ nahezu Null, so kann sein innerer Reibungswiderstand im Bereich kleinster Geschwindigkeiten praktisch den gleichen Wert haben wie bei höheren; die bei wachsender Geschwindigkeit für gasförmige und tropfbare Flüssigkeiten charakteristische steile Zunahme des inneren Reibungswiderstandes braucht also nicht aufzutreten.

Der Verdrängungswiderstand setzt sich allgemein zusammen:

1. Aus dem Formänderungswiderstand zur Überwindung der Kohäsion fester Körper (Zerbrechen von Erdschollen, Zerreißen von Fasern) sowie zur elastischen oder plastischen Verformung von Stoffen (Verdichtung eingeschlossener Gase).
2. Aus dem inneren Reibungswiderstand des strömenden Mediums (zur Überwindung der Reibung der verdrängten Teilchen aneinander; Gestalt und Querschnitt eines Staukörpers oder eines Störungskörpers sind hierbei, wie auch unter 1., von Einfluß).
3. Aus einem durch den Hub von Teilchen entstehenden Widerstandsanteil.
4. Aus einem durch Beschleunigung von Teilchen hervorgerufenen Widerstandsanteil.

Die zur Überwindung des Widerstandes aufgewandte Energie geht verloren, soweit sie durch Reibungsvorgänge verbraucht wird [13—15]. Grundsätzlich rückgewinnbar, wenn auch nur teilweise, ist der für elastische Formänderung sowie der für Hub aufgewandte Anteil, z. B. durch geeignete rückwärtige Verjüngung des eindringenden Körpers. Die Beschleunigungsenergie, die etwa bei schnellfahrenden Pflügen auch die Furchenkonturen zum Verwischen bringt, könnte durch seitliche Leitschaufeln zum Teil zurückgewonnen werden, welche die quer zur Fahrtrichtung beschleunigten Teilchen nach hinten umlenken (Abb. 1).

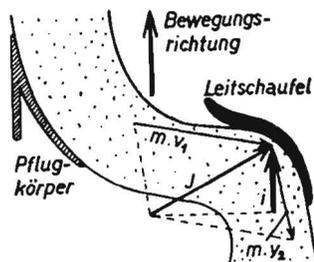


Abb. 1: Wirkung einer seitlichen Leitschaufel neben einem Pflugkörper. Die Bewegungsgröße $m \cdot v_1$ der auf die Leitschaufel auflaufenden und die Bewegungsgröße $m \cdot v_2$ der ablaufenden Erdmasse ruft einen Impuls J an der Leitschaufel hervor, dessen Komponente in Bewegungsrichtung von Pflug und Leitschaufel einen kleinen Vortrieb (i) ergibt

Die Oberflächenreibung des strömungsfähigen Mediums an der Haut des gleitenden Körpers kann als Coulomb'sche Reibung und als Adhäsionsreibung auftreten. Die Coulomb'sche Reibung hängt ab von der Oberflächengröße, dem zugehörigen spezifischen Druck, der Rauigkeit und den Reibungsbeiwerten als Materialkonstanten glatter Flächen, ferner in gewissen Grenzen von der Gleitgeschwindigkeit. Die Adhäsionsreibung hängt ab von der Zähigkeit und dem reziptoken Wert der Dicke der Adhäsionsschicht sowie von der Reibgeschwindigkeit. Die Adhäsion ist eine Eigentümlichkeit der beteiligten Materialien, außerdem abhängig von der Oberflächengüte, dem Feuchtigkeitsgrad, der Temperatur und von anderen Einflüssen. Die ungünstige Folge der Adhäsion,

etwa das Anhaften klebrigen Bodens oder feuchter Pflanzenteile, ist hinlänglich bekannt.

So groß die Unterschiede gegenüber den von der klassischen Strömungslehre behandelten Flüssigkeiten sind — betrachtet doch diese im wesentlichen homogene Flüssigkeiten, während hier Fasermassen (Erntemaschinen), Gemische von körnigen Feststoffen mit Fasern (Bodenbearbeitungsgeräte, Erntemaschinen für Wurzelfrüchte), Gemische von Gasen, tropfbaren Flüssigkeiten, Fest- und Faserstoffen (Gülle- und Mistverflüssigungsanlagen) in Erscheinung treten —, so ist es doch lohnend, nach gemeinsamen Gesetzmäßigkeiten und Gestaltungsregeln zu suchen. Die klassische Strömungslehre schuf für den Idealkörper strömungsgünstigsten Verhaltens den Begriff der Stromlinienform. Das Gegenstück auf landtechnischem Gebiete, der Körper geringsten Gleitwiderstandes, könnte analog die Bezeichnung *Gleitform* erhalten.

Freilich decken sich die Zielsetzungen der klassischen Strömungstechnik und ihre Nutzenanwendung in der Landtechnik nicht ganz. Beim Bau von Stromlinienfahrzeugen kommt es im allgemeinen nur darauf an, geringsten Gesamtwiderstand zu erzielen; die Glättung der Strömung ist lediglich Mittel zu diesem Zweck. Geringen Fortbewegungswiderstand strebt man bei Landmaschinen zwar auch an; Feldgeräte sind aber meist nicht bloß Verkehrsmittel, sondern zugleich Bearbeitungsmaschinen. Deshalb ist die Beeinflussung des Strömungsvorgangs an sich oft das Entscheidende, während die Verminderung des Widerstandes in ihrer Bedeutung zurücktreten oder dem Interesse des gewollten Bearbeitungszustandes geopfert werden kann. Beim Pflug ist nicht geringster Gleitwiderstand schlechthin das Ziel, sondern geringster Energieaufwand zur möglichst vollkommenen Erreichung eines bestimmten Bodenzustandes, wobei an sich unerheblich ist, daß die Ackerbaulehre noch nicht anzugeben vermag, wie der Boden zur Erreichung eines bestimmten Zweckes am besten bewegt werden sollte. Der Techniker löst die ihm zufallende Aufgabe, indem er für jede Strömungsform — von der rein wendenden Schichtströmung bis zur gründlich mischenden Turbulenz — die günstigste Lösung sucht und zur eventuellen Anwendung bereithält. Auch bei der Halmfruchternte kann die Glättung der Strömung im Hinblick auf die Senkung von Ernteverlusten weit wichtiger sein als die Verminderung des Fahrwiderstandes. Oft werden sich beide Gesichtspunkte miteinander vereinen lassen (Schlepper mit Gleitformverkleidung zur Arbeit unter tiefhängenden Zweigen).

Ein weiterer Unterschied gegenüber der klassischen Strömungsmechanik liegt darin, daß diese auf eine Beeinflussung des inneren Reibungswiderstandes der Flüssigkeit verzichtet; in der Landtechnik dagegen kann die Beeinflussung der inneren Reibung vielleicht Bedeutung erlangen. Zur Verminderung der inneren Bodenreibung wurde seit Mitte der 20er Jahre vor allem in England, Italien und Deutschland die Anwendung elektrischen Stromes vorgeschlagen [16—22]. In Deutschland und Rußland machte man außerdem Versuche zur Verminderung der inneren Bodenreibung durch Vibration [24]. Die Wirkung des elektrischen Stromes besteht in der Bildung einer hygroskopischen Wasserschicht zwischen den festen Teilen der Bodenkrümel, indem die Oberflächenspannung der Bodenteilchen gegenüber der des Wassers anwächst. Wasserhautschmierung ist auch zwischen dem eindringenden Körper und dem Boden durch Stromfluß erzeugbar, nachdem bereits um die Mitte des vorigen Jahrhunderts Schmierung von Pflugkörpern mit Wasser oder Jauche versucht wurde [23].

Die Vibratoren [24] — hin- und herbewegte oder umlaufende Schwinger — setzen in erster Linie den Reibungswert der Coulomb'schen Reibung von dem meist höheren Ruhevwert auf den geringeren Bewegungswert herab. Nicht nur die Hautzone, sondern auch ein Teil des strömenden Querschnitts wird beeinflusst.

Zur Verminderung der Oberflächenreibung kann die Bildung gas- oder dampfförmiger Grenzschichten wesentlich beitragen. Die heute übliche Bodenbearbeitung durch Druckkräfte, ausgeübt durch starre, auf kleinen Flächen viel zu hohe Pressungen erzeugende Werkzeuge, ist unbefriedigend [25]. Er-

wünscht wäre, wenn schon zur Bearbeitung Druckkräfte unentbehrlich sein sollten, ein gas- oder dampfförmiger Körper, der sich der stark zerklüfteten inneren Bodenoberfläche anzuschmiegen vermag. Inwieweit man unter Verwendung von Abgasen oder durch besondere unterirdische Verpuffungen hier weiterkommen könnte, ist heute noch nicht zu übersehen. Beschränkt man die Betrachtung auf die heute allein in Frage kommende Bearbeitung des Bodens durch feste Körper, so besteht ein gangbarer Weg zur Verminderung der Oberflächenreibung in der Verkleinerung der Reibungsfläche zwischen Boden und Körper, sofern der Adhäsionsanteil am Hautwiderstand groß ist. Während nämlich die Coulomb'sche Reibung bei konstanter Normalkraft unabhängig ist von der Größe der reibenden Hautfläche, ist die Adhäsionsreibung eine Funktion der Oberfläche und der Zähigkeit der Flüssigkeit, während der Einfluß des Staudruckes zurücktritt. Das erklärt die vielfach an Pflugstreichblechen, Rodescharen und anderen Elementen gemachte Beobachtung, daß eine Vergrößerung des Staudruckes bis zur Mitnahme der anhaftenden Teile sich günstig auswirkt. Hierauf beruht das Aussparen von Streichblechen (Ostpreußen) — bis zum Ersatz der Streichblechfläche durch eine Kurvenschar, dargestellt durch Rundeisenstangen (Krümelplüge Walter & Kuffer). Hierbei steigt die Bodenpressung — die gedrückte Bodenfläche ist aber klein — günstig für empfindliche Böden, die ohnehin totgedrückt werden. Es sei nur angedeutet, daß eine weitere Verminderung der Reibungsfläche möglich ist, wenn die halbzyklindrische Gleitfläche jeder Stange durch ihre Durchmesserfläche ersetzt wird

(Abb. 2). Die Reibungsfläche sinkt dann von $l \cdot \frac{\pi}{2} d$ auf $l \cdot d$.

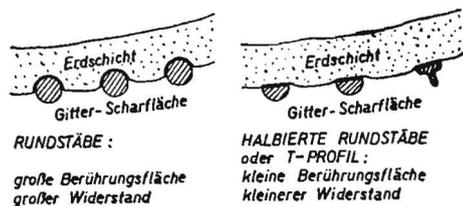


Abb. 2: Bewegung sehr bindigen und anhaftenden Bodens über eine stark ausgesparte (Gitter-) Scharfläche

Eine günstige Wirkung künstlich erhöhten Staudruckes ist auch behauptet worden, wo sich durch Anhaften von Erde über große Staukörper vor Scharen bildeten. So ließ sich durch konvergente Gestaltung eines Kartoffelrodeschares (Urform Lanz LK 20) die Mitnahme der zum Anhaften neigenden Bodenteilchen erzwingen.

Ebenfalls eine Verminderung des Oberflächenwiderstandes bringt eine Verkürzung der Bahnlinie der Bodenteilchen auf dem eindringenden Körper. Daraus folgt die Konstruktionsregel, Grubber- und Hackscharen so geringe Erstreckung in Fahrtrichtung zu geben, wie es mit Rücksicht auf die Festigkeit einerseits, die Krümelwirkung andererseits, zulässig ist.

Wesentlichen Einfluß auf die Oberflächenreibung versprechen auch Überzüge, von denen insbesondere in Rußland Emaillierung, das Aufschweißen von Sonderlegierungen sowie Hartverchromung erprobt werden [26—28]. Besonders geringe Adhäsion an klebrigen Boden hat Aluminium, das allerdings ohne Sonderbehandlung der Oberfläche zu starkem Verschleiß neigt.

Eine weitere Möglichkeit zur Verminderung des Oberflächenwiderstandes liegt im Mitlaufenlassen der Haut in Bewegungsrichtung (Innenaufrichter für Mähbinder von Wachsmuth) oder wenigstens mit einer Teilkomponente in Bewegungsrichtung (Eggen- und Pflugscheiben). Bei Halmfrucht-Erntemaschinen hat die Herabsetzung der Oberflächenreibung in Fahrtrichtung durch Rotoren besondere Bedeutung gewonnen. Durch Rotation der Außenteiler kommt die Resultierende des Widerstandes in einen spitzen Winkel zur Halmrichtung, so daß relativ kleine Nebenkomponenten zur einwandfreien Beförderung der Halme in Haupttrichtung genügen. Dieses Prinzip ist ausbaufähig zur Ernte von Pflanzenmassen mit hohem Reibungswert (Rübenblätter) und könnte

auch für die Hebedorne von Rübenerntemaschinen Bedeutung gewinnen, vielleicht sogar für Untergrundlockerer.

Zur Senkung des Verdrängungswiderstandes muß die für die wichtigsten Bodenarten und Bodenzustände optimale Gestaltung der Stirnflächen und der maßgebenden Winkel noch weiter erforscht werden. Zuschärfung und Griffwinkel sind außerdem von der Lage des Werkzeuges im Boden sowie vom Tiefgang abhängig. Soweit es sich um die Durchdringung von Pflanzenteilen handelt, kommt es darauf an, jede Staukörperbildung von vornherein zu verhüten (Bedeutung des ziehenden Schnittes) [29—31]. Ein Sonderproblem des Stau- oder des Störungskörper-Abbaues bilden Faserstoffe im Boden. Der unsymmetrische Gleitkopf, der das einseitige Abgleiten der Fasern begünstigt (Ventzki, Diestel [32]), ist eine Lösung für einsinnig bewegte Gleitkörper. Andere Lösungsmöglichkeiten bieten: Die Rotation von Zinken (Kreisel-egge), Schwenkbewegung von Zinken (Rollegge) oder Zinkenfederung [33] zwecks Selbstreinigung. Bei Halmteilern von Flachsraufmaschinen haben sich Schwingstäbe zum Entwirren von Halmen ebenfalls bewährt.

Für das Aufrichten gekreuzt liegender Halme gilt die Konstruktionsregel, daß die Kraft des Werkzeuges nicht an den Kreuzungsstellen angreifen darf, weil sonst die Halme zusammengepreßt werden, was bis zum Ausraufen führen kann. Hierin liegt die Bedeutung des oft mißverstandenen doppelten Halmteilers und der Auflösung der Halmteilerfläche in eine Kurvenschar (Abb. 3). In Sonderfällen kann man einzelne Stäbe oder Gruppen derselben rotieren lassen.

Noch fehlen Erfahrungszahlen über die zulässige Beanspruchung der strömenden Materie: Weder kennt man die kritische Pressung der Bodenarten genau, noch die der Halme, Blätter und der Rinde von Zweigen.

Zur Vermeidung von Pflanzenbeschädigungen ist die Konstruktionsregel zu beachten, daß sich beim Aufrichten der Halme und Zweige die Unterstützungsfläche der Form der Biegelinie des Pflanzengliedes anpassen soll. Bei punktförmigem Kraftangriff kann Bruch oder Knicken eintreten. Ab-

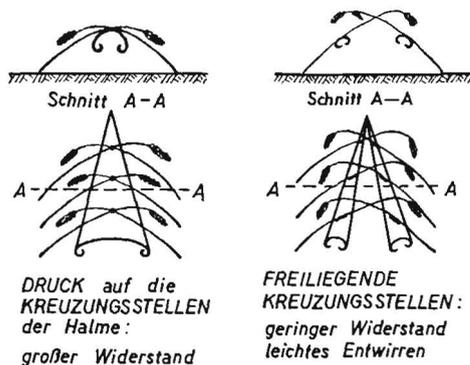


Abb. 3: Gestaltung von Halmteilern

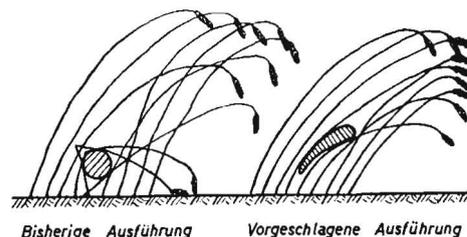


Abb. 4: Anpassung des Arbeitsstabes eines Stabkreuzes an die Biegelinien der Halme

gesehen von der Pflanzenbeschädigung wird hierdurch auch der Widerstand vermehrt, da ein geknickter Halm sich nicht mehr der Richtung seiner Nachbarhalme einfügt und schwerer über eine Sattelfläche gleitet. Die praktisch vorkommenden Biegelinien liegen zwischen angenäherten Kreis- oder Ellipsenbögen und schlanken Parabeln. Ein Getreidehalm hat in seinem oberen Teil einen wesentlich kleineren Krümmungsradius als unten. Es kann zweckmäßig sein, Abteilerflächen, Arbeitsstäbe von Aufrichtern, Stabkreuzen und Abweisstäben entsprechend zu gestalten (Abb. 4). Ein Sonderproblem ist die Gestaltung rotierender Teile. Wickeln tritt auf, wenn der

charakteristische Faktor $e^{\mu \alpha}$ einen kritischen Grenzwert überschreitet. Veränderungsfähig in diesem Ausdruck sind nur Reibungswert μ und Umschlingungswinkel α . Der Reibungswert ist klein zu halten durch glatte Ausführung der Rotationsfläche, vielleicht auch durch Vibrationen, die gegebenenfalls durch unrunde Gestaltung des Rotors erzielbar sind. Der Umschlingungswinkel kann nur dadurch klein gehalten werden, daß man den Rotordurchmesser so groß wählt, daß sich bei der größten vorkommenden Faserlänge kein kritischer Umschlingungswinkel ergibt. Das gilt insbesondere für Fasern mit kleinem natürlichem Krümmungsradius. Nicht nur für rotierende Zapfen und Wellen gelten diese Gesichtspunkte, sondern auch für Übergänge zu scheibenförmigen Körpern, etwa Nabendichtungen. Ist der wirksame Radius einer Dichtung oder eines ähnlichen Elements zu klein, dann schaffen auch Abstreifmesser keine dauernde Abhilfe.

Ein besonderes Kapitel sind die Abstreifer von Radreifen. In der Regel sind sie unwirksam, weil man bisher die Reifenfläche nicht glatt genug machte, die Schneide des Abstreifers nicht satt daran anliegen ließ und häufig einen zu steilen Abhebewinkel des anhaftenden Erde-Faser-Gemisches vorsah. Bei richtiger Gestaltung bleibt die Festigkeitsbeanspruchung des Abstreifers in beherrschbaren Grenzen, er wird weder auf den Radumfang gedrückt noch davon abgehoben.

Die große technische Bedeutung der Glättung aller Strömungsvorgänge, die bei der Bewegung von Landmaschinen beziehungsweise Werkzeugen durch Haufwerke von körnigen, flüssigen und faserigen Substanzen auftreten, kann nicht übersehen werden. Noch sind die Ernteverluste bei der Halmfrüchteernte zu groß, Schädigungen bei der Bodenbearbeitung unverkennbar; die Notwendigkeit, Pflanzenbestände in allen Phasen ihrer vegetativen Entwicklung — beispielsweise zum Zwecke der Schädlingsbekämpfung — durchfahren zu müssen, wird eher größer als geringer. Und schließlich führt die fortschreitende Technisierung auch des Gartenbaues dazu, Maschinenkörper dicht zwischen und unter Reben, Sträuchern und Bäumen vorbeiführen zu müssen. Hierfür die nötigen Erkenntnisse zu schaffen, ist eine wichtige Aufgabe der Grundlagenforschung der allernächsten Zeit.

DK 631.3.001

Schrifttum:

- [1] Kloth und Stoppel: Der Energiefluß im Zapfwellenbinder. TidL 13 (1932) S. 49—50, 66—69, 88—91.
- [2] Kloth: Getriebefragen, 2. Konstrukteur-Kursus. Heft 61 der RKTL-Schriften. Berlin 1935.
- [3] Richter: Versuche mit Triebbrädern für Landmaschinen. 3. Konstrukteur-Kursus. Heft 71 der RKTL-Schriften. Berlin 1936 S. 21—29.
- [4] Schallert: Kräfte und Beanspruchungen in Drillmaschinen. 4. Konstrukteur-Kursus. Heft 88 der RKTL-Schriften. Berlin 1937 S. 15—19.
- [5] Strappel: Kräfte und Beanspruchungen in Bindemähern. 4. Konstrukteur-Kursus. Heft 88 der RKTL-Schriften. Berlin 1937 S. 19—29.
- [6] Ries und Kloth: Leichtzügigkeit. 4. Konstrukteur-Kursus. Heft 88 der RKTL-Schriften. Berlin 1937 S. 46—50.
- [7] Schallert: Zugkraft- und Gewichtsherabsetzung an Drillmaschinen. Aus den Arbeiten des Instituts für Landmaschinenbau der T. H. Berlin. Heft 81 der RKTL-Schriften. Berlin 1938.
- [8] Kloth: Die Weiterentwicklung der Landmaschinenkonstruktionen. TidL 22 (1941) Heft 3 S. 54—58.
- [9] Dinglinger: Über den Grabwiderstand. Diss. T. H. Hannover 1927 (Unterscheidet: „Stirn- und Seitenreibung“).
- [10] Nádai: Der bildsame Zustand der Werkstoffe. J. Springer, Berlin 1927.
- [11] Schwerd: Forschung und Forschungsergebnisse zur Schnitt-Theorie. ZVDI 76 (1932) S. 1257—1265.
- [12] Rathje: Der Schnittvorgang im Sande. Forschungsheft 350, Beilage zu „Forschung auf dem Gebiete des Ingenieurwesens“. Berlin 1931.

- [13] Mechanik und Elektrifizierung der sozialistischen Landwirtschaft. Nr. 4, Moskau 1939, S. 23—27. (Erhöhung des Sandgehaltes in den Grenzen 20—60 % führt zu beträchtlichem Rückgang des Bodenwiderstandes, Erhöhung des Lehmgehaltes auf 30—50 % führt zu beträchtlicher Zunahme des Bodenwiderstandes.)
- [14] Arbeiten des Instituts für Mechanisierung der Landwirtschaft, Band IX, Moskau 1937. (Die meisten Pflugkörper sind bis höchstens 7 km/h verwendbar bei erhöhtem spezifischen Widerstand — in manchen Fällen Erhöhung um 25 %. Entwürfe neuer Pflugschare sollen 9,5 km/h zulassen ohne Widerstandszunahme.)
- [15] Schtschutshkin u. a.: Sammelwerk „Bodenbearbeitungsmaschinen“. Moskau und Leningrad 1940 S. 174—211. (Gewöhnliche Pflüge können bis 7,2 km/h arbeiten ohne Erhöhung der Zugkraft und ohne Beeinträchtigung der Arbeit. Ein Versuchskörper scheint sich bewährt zu haben, mit dem bis 10,8 km/h Geschwindigkeit möglich ist.)
- [16] Gerdes: Verminderung der Bodenreibung am Streichblech. Aus „The Implement and Machinery Review“. TidL 6 (1925) Nr. 78.
- [17] Weber: Untersuchungen über den Einfluß des elektrischen Stromes auf den Zugkraftbedarf beim Pflügen. Diss. T. H. München 1932 und ZVDI 77 (1933) Nr. 198.
- [18] König: Zugkraftminderung beim Pflügen durch Elektrizität. TidL 14 (1933) S. 68—70. (Pacinioli erreichte 1905 8—10 % Zugkraftersparnis. Die Beeinflussung der äußeren Reibung bewirkt beim Pflug keine Vorteile. Weber prüfte die Beeinflussung der inneren Reibung durch Veränderung der Oberflächenspannungen. Max. der Zugkraftverminderung bei etwa 1 A 110 V bis zu 20 %.)
- [19] Puchner: Über den Einfluß des elektrischen Stromes auf die Festigkeit des Bodens. Fortschritte der Landwirtschaft 8 (1933) S. 385.
- [20] Kühne: Neue Untersuchungen an Werkzeugen zur Bodenbearbeitung. TidL 17 (1936) S. 114—119. (Energie-Ersparnis 16—20 %, elektrischer Aufwand 10 % der Ersparnis; 50—70 W/Schar, 50 V.)
- [21] Shuse und Sawitschew: Veränderungen der Zugkraft beim Pflügen unter dem Einfluß des elektrischen Stromes. „Elektrifizierung der Landwirtschaft“ Moskau 1937 S. 29—33. (Die Zugkraft sinkt bei 0—6,6 A um so schneller, je feuchter der Boden ist. Die Arbeitsgeschwindigkeit des Pfluges ist ziemlich belanglos, der Stromaufwand jedoch größer als die Zugkraftersparnis.)
- [22] Patent der SSW Berlin DRP 716 774, Kl 45a. ZfL Berlin Nr. 32 S. 6. (Verwendung eines Stromes, dessen Spannung sich rasch zwischen einem Minimum und einem Maximum ändert: Arbeitersparnis bis 35 %.)
- [23] Perels: Handbuch des landwirtschaftlichen Maschinenwesens. Costenoble, Jena 1880, S. 273.
- [24] Kaganoff, Vibratoren für Schlepperpflüge. „Landwirtschaftliche Maschinen“ Moskau 1941 S. 14/15. (Bei 32 cm Tieflang und 1,39 m/s Geschwindigkeit sank die Zugkraft bei Anwendung des Vibrators von 1453 auf 1075 kg.)
- [25] Kloth: Was kann die Technik zur Verbesserung der Bodenbearbeitung tun? KTL-Berichte über Landtechnik IV (1948) S. 87—91.
- [26] Mechanisierung und Elektrifizierung der sozialistischen Landwirtschaft. Moskau 1939 S. 26—28. (Überzuglegierungen aus 86 % Fe, 10 % Ferromangan, 4 % Graphit oder 74 % Fe, 15 % Ferromangan, 5 % Ferrochrom, 6 % Graphit erhöhen die Verschleißfestigkeit der Pflugschare auf das 4—5fache und vermindern den Zugwiderstand um 10—12 %.)
- [27] Iwanoff u. Nilowski: Sammelwerk „Arbeiten über Theorie, Berechnung und Herstellung der Landmaschinen“, Moskau 1940 S. 256—257. (Aufschweißlegierungen aus 60 % Ferrochrom, 22 % Graphit, 14 % Ca₂CO₃ und 4 % Ferromangan oder aus Eisen mit 7,3 % Ferromangan, 3,6 % Ferrovanadium, 2,2 % Graphit, 1,5 % Ca₂CO₃ erhöhen die Verschleißfestigkeit auf das 4—5fache, vermindern den Zugwiderstand beim Pflügen um etwa 20 %. Die Legierungen sind schlagunempfindlich.)
- [28] Landtechnik 5 (1950) S. 635—636 aus „MTS“. (Russische Versuche 1949 mit verchromten Pflugscharen. Senkung des Zugwiderstandes von 367 auf 255 kg. Kein Anhalten des Bodens. Elektrolyt: 100—150 g Chromanhydrid in 1 l Wasser mit 1 % Schwefelsäure. Höchste Verschleißfestigkeit bei 70—80 A/dm² Stromdichte. 55° Maximaltemperatur beim Verdampfen. Stärke der Chromschicht 0,35—0,40 mm. Schar ist selbstschärfend.)
- [29] Stoppel und Petit: Was weiß man heute vom Schneiden? 5. Konstrukteur-Kursus Heft 91 der RKTL-Schriften Berlin 1938 S. 78—103.
- [30] Talalajeff: Untersuchung des gleitenden Schneidens der Stengel. „Landwirtschaftliche Maschinen“ Nr. 6 (1938) S. 6—9.
- [31] Vormfelde: Der ziehende Schnitt. ZfL Nr. 29 (1942) S. 1—2.
- [32] Könemann: Biologische Bodenkultur und Düngewirtschaft. Tutzing 1939 S. 127—130.
- [33] Rosmann: Arbeitswerkzeuge der Landmaschinen bei erhöhter Arbeitsgeschwindigkeit. „Mechanisierung der sozialistischen Landwirtschaft“ Nr. 9 (1937) S. 39—41.

Résumé:

Reg.-Rat. Dipl.-Ing. Fr. Flehr:
„Möglichkeiten einer strömungsgünstigeren Gestaltung landwirtschaftlicher Geräte und Werkzeuge.“
 Für die Verbesserung der Leichtzügigkeit landwirtschaftlicher Maschinen ist das Problem des Gleitwiderstandes der übergeordnete Fragenkomplex; Rollwiderstand, Getriebewiderstand u. a. sind nur Teilfragen. Die Formen des Gleitwiderstandes, Verdrängungswiderstand und Oberflächenreibungswiderstand, werden behandelt und die Anwendungsmöglichkeiten der klassischen Strömungslehre für die Landtechnik gesucht. Zahlreiche Beispiele über die mögliche Glättung von Strömungsvorgängen bei der Bewegung von landwirtschaftlichen Maschinen bzw. Werkzeugen durch Haufwerke verschiedener Substanzen, zeigen ein wichtiges Aufgabengebiet für die landtechnische Grundlagenforschung.

Reg.-Rat. Dipl.-Ing. Fr. Flehr:
„The Possibilities of Better Streamlined Designs for Agricultural and Machinery.“
 The principal factor in the solution of the problem of a reduction in the power required to move agricultural machinery is the resistance offered by the soil to the passage of the implement; rolling friction, internal friction, etc., are only minor details. The various forms of resistance to passage, to parting and to breaking the surface offered by the soil are examined and the possibilities of applying the principles of hydrodynamics to the shape of agricultural implements investigated. Many examples of smoothing out the various resistances by application of streamlining to the movement of agricultural implements through the soil aggregate of various materials prove that this offers an important field for enquiry in agricultural engineering research.

Reg.-Rat. Dipl.-Ing. Fr. Flehr: „Possibilités d'une formation avantageuse du courant d'air mis en mouvement par des machines et des instruments agricoles.“

Le problème de la résistance à l'avancement est le plus complexe pour l'amélioration de la traction aisée des machines agricoles. La résistance au roulement, celle des engrenages etc. ne sont que des données partielles. Les formes de la résistance à l'avancement, au déplacement et au frottement superficiel sont examinées et les possibilités d'application des études classiques des courants d'air à la technique agricole sont recherchées. De nombreux exemples de diminution possible des phénomènes de courant d'air produit par le mouvement des machines agricoles ou des outils par l'accumulation de différentes substances, laissent apercevoir un important domaine d'investigations pour l'étude fondamentale de la technique agricole.

Ing. dipl. Fr. Flehr, consejero gub.: „Posibilidades de dar forma favorable a las corrientes a los aperos y utensilios agrícolas.“

La cuestión de la resistencia al deslizamiento es un problema primordial para facilitar la tracción de máquinas agrícolas, siendo en cambio problemas parciales la resistencia a la rodadura, así como el del engranaje y otros. Son tratadas las formas de resistencia al resbalamiento, al desplazamiento y al roce de las superficies, buscándose la aplicación de la doctrina clásica de las corrientes para la técnica agrícola. Los numerosos ejemplos que se dan del alisado posible para reducir el efecto de las corrientes en el movimiento de máquinas y de aperos de labranza por la combinación de varias sustancias, hacen resaltar la importancia de estas cuestiones para la investigación de los problemas técnico — agrícolas.

Dr.-Ing. H. Engesser, Waldeck:

Spritzmengen von Gespannspritzen bei veränderlicher Fahrgeschwindigkeit

Die gespanngezogene Schädlingsbekämpfungsspritze, bei der die Pumpe und das Rührwerk vom Laufrad angetrieben werden, nimmt wegen der im Vergleich zu Motorspritzen günstigen Betriebskosten, wegen ihrer verhältnismäßig großen Flächenleistung und wegen der einfachen Bedienbarkeit im deutschen Pflanzenschutz, vor allen Dingen bei der Bekämpfung von Schädlingen und Pflanzenkrankheiten im Ackerbau, immer noch eine wichtige Stellung ein. Zehntausende dieser Geräte sind in jedem Jahr zur Bekämpfung der Kartoffelkäfer, der Krautfäule, der Rapsglanzkäfer und zur Vernichtung der Unkräuter in Gebrauch. Es lohnt sich also, der Weiterentwicklung und Verbesserung der Gespannspritzen besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Spritzmengen je ha

Von den staatlichen Pflanzenschutzstellen in Deutschland wurden in den letzten Jahren Versuche zur Senkung des Wasserverbrauchs von Gespannspritzen durchgeführt, um die durch Wassertransport, Umpumpen usw. entstehenden erheblichen Kosten zu reduzieren. Auf Grund dieser Untersuchungen war es möglich, die Spritzmenge je ha von 800 bis 1000 l auf 400 und sogar auf 200 l zu senken, ohne daß die biologische Wirkung der Spritzung vermindert wurde. Die Tendenz zu noch stärkerer Senkung des Wasserverbrauchs und damit zu noch rationellerer Spritzung besteht weiterhin.

Zahlreiche Firmen und Versuchsstellen beschäftigen sich mit der Entwicklung von Spritzgeräten mit Flächenleistungen bis zu 40 l/ha. Es liegt auf der Hand, daß bei derartig geringen Flüssigkeitsmengen je ha nicht nur die Erzeugung einer homogenen Spritzbrühe von besonderer Bedeutung ist, sondern auch eine vollkommen gleichmäßige Verteilung der Flüssigkeit je Flächeneinheit angestrebt werden muß.

Fahrgeschwindigkeiten der Gespannspritze

Wenn man von der Beeinflussung der Flüssigkeitsverteilung durch Windeinwirkung, durch Düsenverstopfungen, durch die Konstruktion der Düsen und durch die Anordnung der einzelnen Düsen am Gerät absieht, dürfte die gleichmäßige Benetzung der Pflanzen vor allem durch die Geschwindigkeitsänderung der von einem Pferd gezogenen Spritze beeinträchtigt werden. Das Temperament des Pferdes, die erforderliche Zugkraft der Spritze und die Beschaffenheit des Ackerbodens wirken sich auf die Fahrgeschwindigkeit aus; sie beeinflussen damit die ausgebrachte Flüssigkeitsmenge je Zeiteinheit und, da sich bei Veränderung der Fahrgeschwindigkeit auch der Betriebsdruck der Spritze ändert, die Flüssigkeitsmenge je ha.

Die Energiegleichung für eine gespanngezogene Feldspritze lautet:

$$\mathcal{L}_{\text{ges.}} = \mathcal{L}_{\text{RR}} + \mathcal{L}_{\text{LR}} + \mathcal{L}_P + G \quad [\text{mkg/s}]$$

darin bedeutet: \mathcal{L}_{RR} = Rollende Reibung (Fahrwiderstand)

\mathcal{L}_{LR} = Lagerreibung

$\mathcal{L}_P + G$ = Antriebsleistung für Pumpe und Getriebe.

Da bei Fortbewegung in Richtung der Antriebskraft (Kraft am Zughaken)

$$\mathcal{L} = P \cdot v \quad [\text{mkg/s}] \quad \text{oder} \quad P = \frac{\mathcal{L}}{v} \quad [\text{kg}]$$

ist, kann durch Division mit v direkt die Zugkraft an Stelle der Antriebsleistung und damit auch der Zugkraftanteil der einzelnen Summanden errechnet werden.

Für den Zugkraftanteil der Rollenden Reibung P_{RR} kann nach R. Bernstein¹⁾ bei 2 Laufrädern gesetzt werden:

$$P_{\text{RR}} = 2 \cdot 0,57 \frac{G^{3/2}}{R^{3/4} \cdot \sqrt{a_1 + a_2 \cdot b}} \quad [\text{kg}] = \text{konstant bei veränderlicher Fahrgeschwindigkeit, aber veränderlich mit der Bodenbeschaffenheit und dem Durchmesser sowie Breite der Laufräder.}$$

Darin bedeutet: G = Gewicht des Fahrzeuges [kg]
 R = Radius des Laufrades [cm]
 b = Felgenbreite [cm]
 a_1 und a_2 = Beiwerte für Bodenzustand

Für den Zugkraftanteil der Lagerreibung P_{LR} gilt:

$$P_{\text{LR}} = \mu \cdot G' \cdot \frac{r}{R} = \text{konstant für bestimmte Rad- und Achsenabmessung; klein gegenüber } P_{\text{RR}} \text{ und } P_P + G$$

darin bedeutet: μ = Reibungskoeffizient (Stahl auf Gußeisen)
 G' = Gewicht des Fahrzeuges [kg] (ohne Räder)
 r = Radius der Achse [m].

Für den Zugkraftanteil aus der Pumpenleistung $P_P + G$ gilt:

$$P_P + G = \frac{N_P}{\eta_{\text{Getr.}}} \cdot \frac{1}{v} = \text{steigt mit Fahrgeschwindigkeit } v \text{ an, denn } N_P \text{ ist etwa proportional } v^2 \text{ (siehe Pumpendiagramm Abb. 1).}$$

Darin bedeutet N_P = Pumpenleistung [mkg/s]
 $\eta_{\text{Getr.}}$ = Getriebewirkungsgrad.

Bei schwerem Boden erhöht sich infolge der Zunahme der Rollenden Reibung (Beiwerte a_1 und a_2 sinken!) der erste Summand P_{RR} , der zweite Summand P_{LR} bleibt annähernd konstant (Lagerreibung) und der dritte Summand $P_P + G$ muß bei angemeinere gleicher Zugkraft daher kleiner werden; das bedeutet, daß das Pferd langsamer gehen wird, denn bei kleinerer Drehzahl sinkt sofort die Antriebsleistung der Pumpe, aber auch die ausgebrachte Wassermenge und der Druck. Umgekehrt ist das Verhalten bei hartem, glattem Boden. Dann steigert das Pferd die Geschwindigkeit (Druck

¹⁾ Kühn, Handbuch der Landmaschinentechnik 1930, Band 1.