

Erhöhte Arbeitsgeschwindigkeiten in der Feldwirtschaft Welche Vorteile bieten sie und wie können sie erreicht werden?

Die Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit bei der Produktion von Getreide, Hackfrüchten, Futter und den anderen Kulturen der Feldwirtschaft hat für die ökonomische Entwicklung der Landwirtschaft eine enorme Bedeutung. Sie erbringt u. a.:

- Einhaltung und Verkürzung agrotechnischer Termine,
- höhere und bessere Erträge,
- Steigerung der Arbeitsproduktivität,
- Senkung der Betriebskosten,
- geringeren Investitionsbedarf für die Technik.

Wege zur Beschleunigung der Feldarbeiten sind:

- höhere Arbeitsgeschwindigkeiten von Traktoren und Maschinen,
- größere Arbeitsbreiten der Maschinen und Geräte,
- Kopplung mehrerer Arbeitsmaschinen hinter einem Traktor,
- Anwendung von Mehrzweckmaschinen.

Die unter b, c und d genannten Möglichkeiten werden heute bereits in zahlreichen Ländern genutzt, die Geschwindigkeitssteigerung dagegen ist ein relativ neues und kompliziertes Problem. Die anschließenden Ausführungen erstrecken sich deshalb im wesentlichen auf diesen Fragenkreis und sind außerdem auf Radtraktoren begrenzt.

Zweckentsprechende Auslegung der Traktoren

Die in den letzten 20 Jahren erfolgte stürmische Entwicklung der gesamten Landtechnik insbesondere auf dem Gebiet der Vollerntemaschinen für die Hauptproduktionszweige der Feldwirtschaft hat auch die Forderungen an den Traktor entscheidend beeinflusst. Der große Leistungsbedarf aller Maschinenbaugruppen, die über die Traktorzapfwelle angetrieben werden, bedingte auch höhere Motorleistungen. Hinzu kamen andererseits Bestrebungen, im Hinblick auf agrotechnische Forderungen zur Aufrechterhaltung einer produktionsgerechten Bodenstruktur die Traktormasse trotz Leistungserhöhung auf dem gleichen Stand zu halten. Damit sollte gleichzeitig auch der Erhöhung der Produktionskosten für Traktoren begegnet werden.

Leichte Traktoren mit starken Motoren sind in ihrer Zugkraft durch die Bodenadhäsion der Triebräder begrenzt. Bei allen passiven Maschinen (Grubber, Eggen, Sä- und Pflegegeräte, Mähmaschinen usw.) wird deshalb die Arbeitsbreite durch die Größe des Bodenwiderstands bestimmt, die Motorleistung wird vielfach nicht optimal ausgenutzt. Größere Arbeitsbreiten führen außerdem zu schwereren und teureren Maschinen. In Bild 1 sind Vorschläge über mögliche maximale Arbeitsgeschwindigkeiten aufgeführt.

Da höhere Arbeitsgeschwindigkeiten insbesondere für landwirtschaftliche Großbetriebe die größten Vorteile bringen, ist es natürlich, daß vor allem in den sozialistischen Ländern dieser Frage intensive Beachtung zugewendet wird. In der Sowjetunion und in der VR Polen arbeiten Forschungs- und Hochschulinstitute an zahlreichen Versuchen auf diesem Gebiet, wozu in der UdSSR ein spezieller Traktor mit konstanter Masse, aber unterschiedlich leistungsstarken Austauschmotoren geschaffen wurde. In unserem Institut konnten wir vor allem in bezug auf beschleunigte Pflugarbeit beachtliche Ergebnisse erzielen.

Traktoren mit erhöhter Arbeitsgeschwindigkeit müssen in bezug auf ihre Dynamik (Überwindung erhöhter Massenwiderstände beim Start, Kupplungen, stufenlose Getriebe usw.), bessere Arbeitsbedingungen für den Traktoristen, ökonomische Gesichtspunkte (höherer Kraftstoffverbrauch, stärkerer Verschleiß usw.) eingehend geprüft werden. Notwendig sind weiter vielseitige Versuche mit den Arbeitsmaschinen, evtl. Konstruktionsänderungen. Das agrotechnische Endergeb-

nis darf nicht schlechter sein, es muß im Gegenteil verbessert werden. Auch der Verschleiß an den Arbeitsmaschinen ist zu untersuchen.

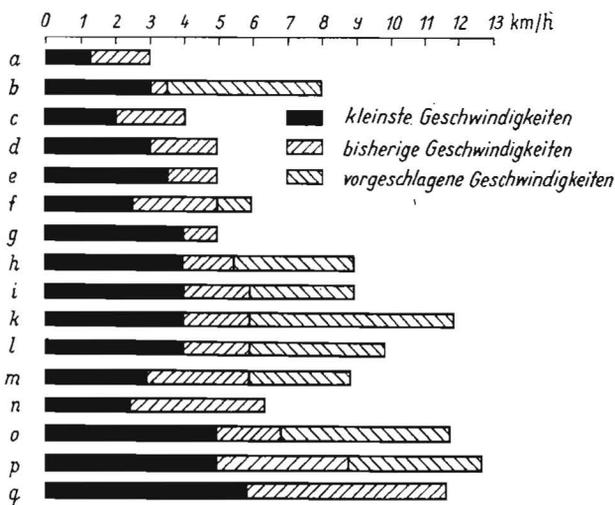
Zu einigen Fragen des Schneltpflügens

Vorauszuschicken ist, daß Schneltpflugkörper (8 bis 10 km/h Arbeitsgeschwindigkeit) auch bei normalen Geschwindigkeiten (5 bis 6 km/h) agrotechnisch befriedigend arbeiten müssen.

Die theoretische Arbeitsleistung ist bekanntlich das Produkt aus Arbeitsbreite und Geschwindigkeit, d. h. bei veränderlichen Parametern bildet sie eine geradlinige Funktion. Soll sich bei erhöhter Geschwindigkeit die Zugkraft nicht erhöhen, dann ist eine entsprechende Verringerung nicht nur der Arbeitsbreite des Pfluges, sondern auch des spezifischen Bodenwiderstandes [kp/dm²] erforderlich. Das liegt darin begründet, daß mit Erhöhung der Pfluggeschwindigkeit auch der Verformungswiderstand des Erdbalkens (Schnittkraft und kinetische Energie des durch die Streichblechflügel abgeworfenen Erdbalkenteils) wächst. Verringerung des spezifischen Widerstandes und gleichzeitige Erfüllung agrotechnischer Forderungen stellen den Konstrukteur der Pflugkörper vor schwierige Probleme. Daraus ergibt sich, daß mit unseren bisherigen Standardpflügen gewöhnlich mit einer Geschwindigkeit von 5 bis 7 km/h ohne nachteilige agrotechnische Folgen gepflügt werden kann. Bei Arbeitsgeschwindigkeiten über 7 km/h sind Spezialschneltpflugkörper erforderlich, weil sich dann bei den herkömmlichen Körpern die Qualität der Pflugfurche erheblich verschlechtern würde (infolge weiten Abwurfs des Erdbalkens teilweises Abdecken

Bild 1. Arbeitsgeschwindigkeiten für Landmaschinen;

a Pflanzsetzen von Gemüse (je nach dem Reihenabstand), b Zwischenreihenbearbeitung (je nach Konstruktion, Automatisierungsgrad und Geradlinigkeit der Drillreihen), c Kartoffelernte mit Vollerntemaschine (je nach Konstruktion, Bodenart und -zustand sowie Feldzustand), d Rübenernte mit Vollerntemaschine (je nach Konstruktion, Bodenart und -zustand sowie Verunkrautungsgrad), e Einzelkornsämaschine (je nach Konstruktion und Saatbettvorbereitung), f Sammelpresse (je nach Konstruktion und Schwadgröße), g Kartoffelpflanzen (je nach Konstruktion, Knollengröße und Bodenzustand), h Ackerwalzen (je nach Konstruktion, Bodenart und -zustand), i Normalpflügen, durchschnittl. Pflugtiefe 25 cm (je nach Konstruktion, Bodenart und -zustand), k Grubbern (je nach Zinkenkonstruktion sowie Bodenart und -zustand), l Scheibenegge (je nach Konstruktion und Einstellung der Scheiben), m Grünfütterernte mit Mähhäcksler (je nach Konstruktion, sowie Art und Zustand des Grüngutes), n Getreideernte mit Mähdescher (je nach Konstruktion, Getreidedichte und -zustand), o Drillen (je nach Scharkonstruktion und Saatbettvorbereitung), p Mähen von Gras und Grünfutter (je nach Konstruktion, Verunkrautung und Bodennebenheit), q Wenden des Mähgutes mit gleichzeitigem Schwadreden



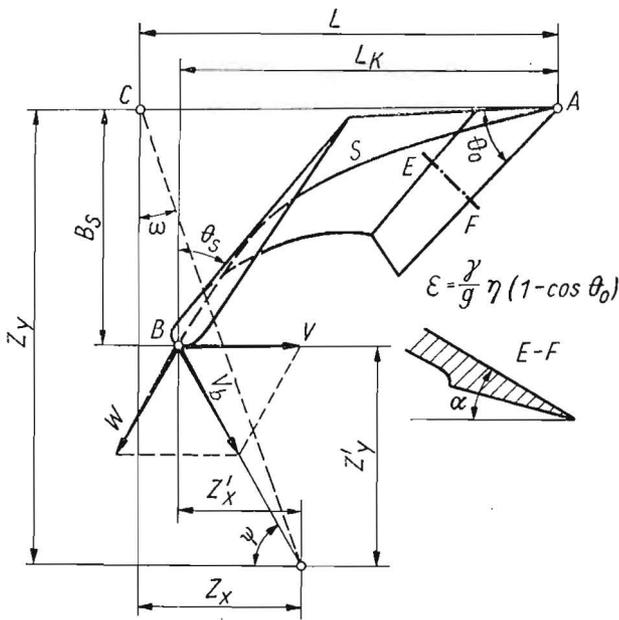


Bild 2. Bestimmung des Koeffizienten des dynamischen Pflugwiderstands (Erläuterung im Text)

des Furchenbodens, ungleichmäßige Tiefe der aufglockerten Bodenschicht, unebene Oberfläche, ungenügendes Zudecken des umgepflügten Pflanzenbestandes).

Die Qualität der Pflugarbeit und z. T. auch die Größe des Bodenwiderstands hängen von der Verlagerung der Erdbalkenmasse und insbesondere von der Strecke ihrer Längsverschiebung (Bild 2) und diese wiederum vom Winkel θ_s — der Stellung des Streichblechflügels — ab. Außerdem wirken darauf die Größe des Schnittwinkels θ_0 , der Anstellwinkel der Scharschneide α und die mehr oder weniger steile Stellung des Pflugkörpers ein. Die Verminderung dieser beiden Winkel ist jedoch nur bis zu einem gewissen Maß möglich, da sonst der Pflugwiderstand erhöht wird.

Unsere Forschungen ergaben, daß bei entsprechender Verminderung des Einstellwinkels θ_s und analoger Verkürzung beim Schneltpflügen gleich große Bodenwiderstände wie beim Normalpflügen (5 bis 6 km/h) erreicht werden. Damit bestätigte sich die von unserem Mitarbeiter Prof. BERNACKI erarbeitete allgemeine Formel zur Bestimmung des Koeffizienten des dynamischen Pflugwiderstands:

$$E = \frac{\gamma}{g} \eta (1 - \cos \theta_0) \left[\frac{\text{kp s}^2}{\text{m}^4} \right]$$

Dabei bedeuten:

- γ Wichte des Bodens [kp/m³] und
- η dimensionsloser Koeffizient,

der den Einfluß übriger Parameter der Streichblechfläche und der Reibungswiderstände berücksichtigt. Nach unseren Versuchen bewirken die Verminderung des Winkels θ_s und die Verkürzung des Streichblechs einen kleineren Schnittwinkel des Erdstreifens und eine schmalere Furchensohle, auf der der Reifen des Traktorrades nun zu wenig Raum hat. Je schneller gepflügt wird, um so höher und breiter fliegt der Erdbalken und um so schlechter erfolgt das Zapflügen. Steile Pflugkörper stürzen die Scholle schneller und besser als flachliegende Körper, sie erhöhen jedoch den Pflugwiderstand und führen somit zu einem Widerspruch zwischen der Erfüllung der agrotechnischen Forderungen und der Senkung des Pflugwiderstands.

Unsere Forschungen führten zur Entwicklung konstruktiver Richtlinien für Schneltpflugkörper, die auch bei normalen Geschwindigkeiten zufriedenstellend arbeiten. Die polnische Landmaschinenindustrie soll danach Prototypen neuer Pflüge herausbringen.

Unsere Labor- und Feldversuche haben bewiesen, daß etwa 50 % der vom Pflugkörper zu überwindenden Widerstände auf die Reibung zwischen Erdbalken und Streichblechoberfläche entfallen. Man versucht nun, diese Reibungswiderstände zu beseitigen. So hat man z. B. in Frankreich angefeuchtete Streichblechflächen erprobt, die Methode ist jedoch praktisch undurchführbar. In Ungarn arbeitete man mit rotierenden Kegeln sowohl als Streichblech wie auch als Anlage, das erreichte Ergebnis scheint jedoch die höheren Fertigungskosten nicht zu rechtfertigen. Schöpferische Konstrukteure und Erfinder finden hier noch ein großes Arbeitsfeld, vielleicht auch in Richtung auf durch die Zapfwellen bewegten Elemente. Schneltpflugkörper müssen außerdem automatisch wirkende Steinsicherungen besitzen.¹

Bei Festigkeitsberechnungen des Pflugarhmens muß auch die erhöhte Wirkung selbsterregter Schwingungen des Gerätes beachtet werden. Zweckentsprechende Werkstoffe und Profile sowie die richtige Verbindung der einzelnen Teile können die erforderliche Versteifung des Rahmens bewirken. Parallel zum Problem der Bodenwiderstände beim Schneltpflügen interessiert auch das bisher wenig erforschte Problem der Verbesserung der Verbindung der angetriebenen Traktorräder mit dem Boden — von mir Bodentransmission genannt. Die Größe des Wirkungsgrades der Bodentransmission entscheidet über die Traktorzugkraft. Man kann zwar die Bodenadhäsion verbessern (doppelt durch Allradantrieb und um 50 % mit elastischen Halbraupen), der Allradantrieb macht jedoch den Traktor teuer und die Halbraupen nutzen die Reifen schnell ab und fallen auch oft von den Rädern.

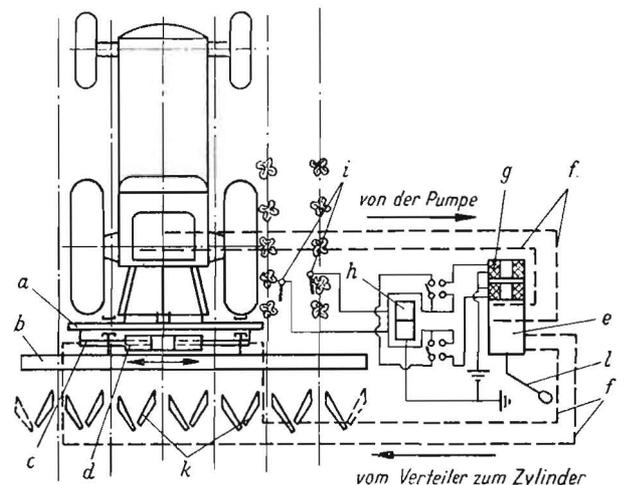
Einfachere und billigere Lösungen werden vielerorts gesucht. PIRELLI in Italien hat einen neuen Reifentyp vorgeschlagen, der die Zugkraft um 20 % erhöhen soll, in Westdeutschland entwickelte man den sogenannten „schreitenden Schlepper“ als 6-Rad-Fahrzeug mit gegenläufiger Bewegung der „Radbeine“.

Erhöhte Arbeitsgeschwindigkeiten beim Grubbern, Eggen, Säen, bei der Pflege und Düngung

Weil die Arbeit der üblichen Grubberzinken bei erhöhter Geschwindigkeit unbefriedigend ausfiel, hat man in der UdSSR einen neuen Zinken mit Gänsefußscharen von entsprechendem Scharschneidenwinkel 2γ angewendet. Bei Winkelgrößen $\gamma = 50$ bis 60° wurden gute Arbeitsergebnisse bei kleinsten Widerständen erreicht (12 bis 13 km/h).

¹ siehe H. 12/1964, S. 538

Bild 3. Automatische Steuerungsvorrichtung für Hackmaschine; a angehängter und mit dem Traktor starr verbundener Rohrbalken, b Geräteanbauschiene, c Kolbenstange, d Hydraulikzylinder, e Hydraulikverteiler, f Hydraulikleitungen, g Elektromagnet, h Halbleiter — Stromverstärker, i Tastfinger, k Hackmesser, l Handsteuerung



Bei Geschwindigkeiten von 9 bis 10 km/h mit der Scheibengge müssen der Anchnittwinkel der Scheiben von 36 bis 40° auf 24 bis 30° vermindert und die Scheibenzwischenräume verringert werden. Man erreicht dann nicht nur eine bessere Arbeitsqualität, sondern vermeidet auch die Erhöhung des Bodenwiderstands.

Kompliziert ist das Problem der Rübenpflege bei höheren Geschwindigkeiten. Die Steuerung des Hackgerätes ist außerordentlich erschwert und ermüdend und die Schutzscheiben können vor allem bei wenig sorgfältiger Säarbeit Pflanzenbeschädigungen kaum verhindern. Da Drill- und Hackmaschinen gleiche Arbeitsbreiten haben müssen, läßt sich die angestrebte Steigerung der Arbeitsproduktivität durch größere Arbeitsbreiten der Hackgeräte nicht erreichen. Es kann deshalb nur schneller gearbeitet werden, wenn eine automatische Steuerung der Arbeitsorgane ermöglicht wird.

In der Landtechnik sind verschiedene automatische Steuerungssysteme bekannt (vornehmlich elektro-hydraulische Systeme). Im Beispiel Bild 3 werden als Taster zwei Stangen nahe zwei mittlerer Rübenreihen entlanggeführt; sobald ein Taster eine Pflanze berührt, wird der Stromkreis über Pflanze, Erde und Maschinenrahmen geschlossen. Der durch einen Verstärker vergrößerte Impuls öffnet mit Hilfe eines Elektromagneten eine hydraulische Ölleitung zum Zylinder, in dem ein Kolben arbeitet. Eine solche Automatik vermag die Arbeitsproduktivität bei Einmannbedienung zu verdoppeln.

Einfacher und billiger ist ein Furchenzieher, der beim Säen eine Rille zieht und beim Hacken dann in der gleichen Rille als Steuerungselement arbeitet. Bei viel Niederschlag zwischen Aussaat und Hacke kann diese Rille jedoch verschlammten und dann ihre Aufgabe nicht erfüllen.

Höhere Arbeitsgeschwindigkeiten beim Drillen lösen nur Probleme bei den Säscharen aus, weil diese bei schnellerer Fahrt durch Kluten oder Steine aus dem Boden herausgehoben werden können und die Samen auf die Oberfläche fallen, oder weil sie bei lockerem Boden zu tief eindringen. Nur auf sorgfältig vorbereiteten Böden kann man mit belasteten „europäischen“ Drillscharen auch bei 12 km/h und mehr einwandfrei arbeiten. Dagegen haben sich der sowjetische Schartyp und Scheibenschare wesentlich besser bewährt (Bild 4). Bei Scheibenscharen mit 330 mm Dmr. und Neigungswinkel von 6° statt der üblichen 10 bis 12° konnte der Widerstand um rund 20 % gesenkt werden.

Normale Düngerstreuer können unbedenklich mit 10 bis 12 km/h gefahren werden. Bei Präzisionsmaschinen ergeben sich aber derart große Schwierigkeiten, daß ein beschleunigtes Arbeiten mit ihnen vorerst nicht möglich sein dürfte. Das gilt auch für Lege- und Pflanzmaschinen.

Futtermäh und Erntearbeiten

Der übliche Mähfingerbalken beugt bei beschleunigter Arbeit die Grashalme nach vorn und verursacht dadurch hohe Stopfeln und Grünguteinbußen, außerdem verstopft er leicht. Kurbelstangenbrüche und Klingendefekte sind weitere Folgen. Dagegen haben unsere Versuche mit dem Doppelmesserschneidwerk (Antrieb durch zwei Taumelscheiben) auch bei 12 bis 15 km/h Geschwindigkeit geringere Verluste und bessere Arbeit ergeben als mit dem normalen Schneidwerk bei 8 km/h (Bild 5).

Die Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit des Mähdreschers ist nur möglich bei größerem Durchsatz im Dreschwerk, was von Trommelpaltbreite, Trommeldrehzahl und -konstruktion abhängt.

Bei den Kartoffel- und Rübenvollerntemaschinen ergeben sich beträchtliche Schwierigkeiten. Schlechtere Sortierung und vermehrte Beschädigungen bei Kartoffeln, schwieriges Steuern bei den Rüben sind hier die Haupthindernisse, wobei die automatische Steuerung bei den Rüben eine geringere

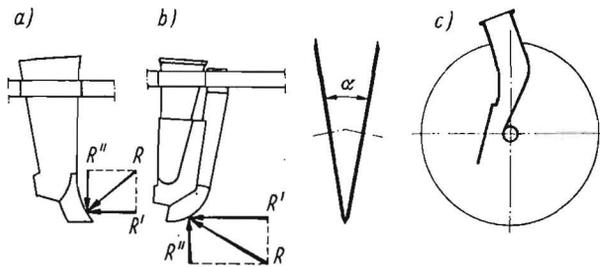


Bild 4. Bekannte Drillscharausführungen; a) sowjetischer Typ, b) europäischer Typ, c) Scheibenschare

Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit ermöglichen könnte. Wie auch beim Säen und Pflegen ist hier ein hohes agrotechnisches Niveau erforderlich.

Gesundheitsschutz für den Traktoristen

Hier ergeben sich besondere Probleme. Die Untersuchungen in der DDR zeigten, daß schon bei normalen Traktorgeschwindigkeiten Gesundheitsschädigungen auftreten. Bei hohen Geschwindigkeiten vergrößern sich aber die Amplituden und Frequenzen der Schwingungen noch, so daß dadurch die Arbeitsbedingungen für den Traktoristen weiter verschlechtert werden. Unbedingt notwendig sind deshalb Traktorsitze, die die auftretenden Schwingungen dämpfen und die Schwingungsfrequenz verringern. In unserem Institut wird an der Lösung dieses Problems ebenfalls gearbeitet.

A 6009

Bild 5. Vergleich der Schnittverhältnisse bei normalem und Doppelmesserschneidwerk; a) normales Schneidwerk, b) Doppelmesserschneidwerk, h Vorschub während eines Messerhubes, B abgemähtes Feld während des vorigen Messerhubes, Neigungswinkel der Scheibenachse in bezug auf lotrechte Achse, V Umlaufgeschwindigkeit, V₁ Vorschubgeschwindigkeit des Zapfens, V₂ lineare Geschwindigkeit des Messerbalkens, l veränderliche Hebelarmlänge (harmonische Bewegung des Messerbalkens)

