

Die Ergebnisse bisheriger Untersuchungen an Lichtschen Rotoren

Im ständig zunehmenden Maße werden auf dem Gebiet der Bodenbearbeitung von breitesten der Landtechnik zugewandten Kreisen solche technischen Lösungen hervorgebracht, die darauf abzielen, die dem Gespann „Schlepper-Anhängepflug“ anhaftenden Nachteile zu überwinden und dessen Bearbeitungserfolg zu überbieten. Zum überwiegenden Teil handelt es sich bei diesen Lösungen um Bodenbearbeitungsgeräte mit rotierenden Werkzeugen. Weniger bekannt sind Geräte mit schwingenden Werkzeugen oder rollenden Werkzeulementen.

In der DDR gehört zu den neueren Entwicklungen auf dem Gebiet der rotierenden Bodenbearbeitung der Rotorpflug Licht [1]. Dieser Pflug stellt ein Gerät dar, dessen Arbeitswerkzeug – ein rotierendes Schaufelpaar mit quer zur Fahrtrichtung und schräg zur Erdoberfläche angeordneter Rotationsachse – nach dem Gleichlaufprinzip arbeitend von oben in den zu bearbeitenden Erdbalken sticht und die herausgeschnittenen Bissen unter gleichzeitigem Wenden zur Seite ablegt.

Erste Versuche mit dem Urmodell und dann etwas später mit einem dreifurchigen Versuchsgerät, das als Anhäng-Rotorpflug arbeitete (Bild 1), brachten recht beachtliche Ergebnisse. Sie waren zwar nicht in allen Punkten befriedigend, sprachen aber für eine Weiterentwicklung dieses Arbeitsprinzips. Das Institut für Landmaschinentechnik der Technischen Hochschule Dresden übernahm diese Aufgabe als Forschungsauftrag und bearbeitete sie zum überwiegenden Teil im Rahmen von studentischen Beleg- und Diplomaufgaben. Eingangs wurde eine Rotorgeometrie erarbeitet, daran anschließend die Bissen-

*) Technische Hochschule Dresden, Institut für Landmaschinentechnik (Direktor: Prof. Dr.-Ing. W. GRÜNER).

¹⁾ Nähere Einzelheiten in: Untersuchungen an Lichtschen Pflug-Rotoren. Archiv für Landtechnik, 1. Bd. H. 3/1959. Akademie-Verlag Berlin.

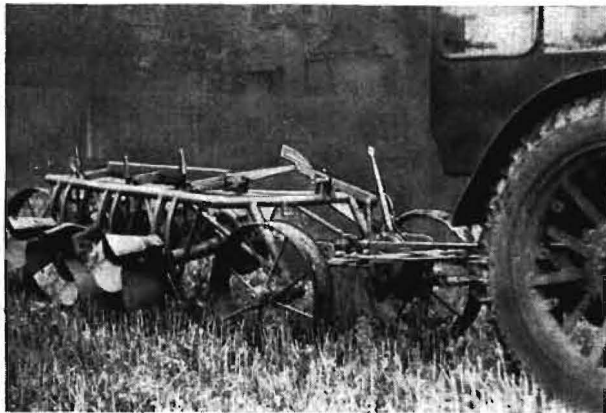


Bild 1. Lichtscher Rotorpflug, dreifurchig

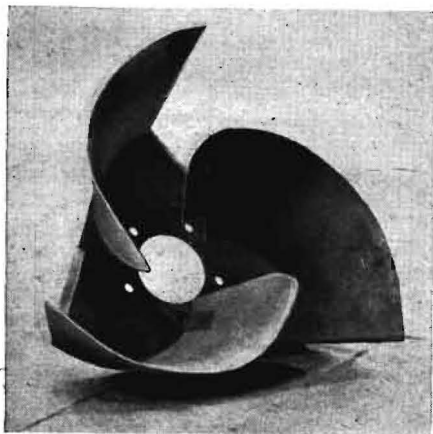


Bild 2. Dreischaufliger Versuchsrotor

bewegung auf der Schaufel theoretisch und die Wendefähigkeit der Rotoren praktisch untersucht und abschließend eine Energiebilanz aufgenommen.

Der Aufbau der Rotoren

Unter einem Rotor verstehen wir ein rotierendes Bodenbearbeitungswerkzeug, das aus einer Grundplatte und den daran befestigten Schaufeln besteht.

Der Durchmesser der Grundplatte richtet sich hauptsächlich nach der geforderten Arbeitstiefe und der vorgegebenen Neigung der Rotorachse zur Erdoberfläche. Auf Grund der bisherigen Untersuchungen liegen hierfür folgende Erfahrungswerte vor:

$$\begin{aligned} \text{Mittlere Arbeitstiefe} & t_m = 200 \dots 250 \text{ mm} \\ \text{Neigung der Rotorachse} & \phi = 15^\circ \dots 25^\circ \\ \text{Grundplattendurchmesser} & D_g = 600 \dots 800 \text{ mm} \end{aligned}$$

Die Anzahl der an der Grundplatte befestigten Schaufeln hängt vom Durchmesser der Grundplatte und vom erforderlichen Durchgang zwischen zwei benachbarten Schaufeln ab. Kleinere Rotoren (Bild 2) werden im allgemeinen mit drei, größere mit vier Schaufeln ausgerüstet.

Die Form der Schaufeln und deren Anordnung auf der Grundplatte¹⁾ sind so festzulegen, daß

1. eine gute Schneidwirkung erzielt wird,
2. ein einwandfreier Freischnitt im gesamten Arbeitsbereich möglich ist, ohne daß es zu Grenzschichtverschmierungen in den Furchen kommt,
3. ein den acker- und pflanzenbaulichen Forderungen genügendes Furchensohlenprofil gewährleistet wird,
4. Verstopfungen auf Grund dessen, daß sich der Rotor mit Boden zusetzt, ausgeschlossen sind und
5. die aus den zu bearbeitenden Erdbalken herausgeschnittenen Bissen hinreichend gekrümelt und gewendet und ordnungsgemäß abgelegt werden.

Außer der Berücksichtigung dieser Forderungen beim Entwurf ist selbstverständlich aber auch darauf zu achten, daß der Rotor in seinem Aufbau technologisch einfach und funktionsicher gehalten wird.

Der technologische Arbeitserfolg der Rotoren

Auf der Grundlage der theoretischen Ergebnisse wurden unter Berücksichtigung der praktischen Erfahrungen Versuchsrotoren gebaut und deren Arbeitsfähigkeit in der Bodenrinne für rotierende Bodenbearbeitung des Institutslaboratoriums untersucht. Insbesondere interessierte der Einfluß

1. der Bissenlänge auf die Krümfähigkeit der Bissen,
2. der Rotorumfangsgeschwindigkeit, Schaufelform und -anordnung auf die Güte der Bodenwendung und
3. der Rotoreinstellung und Schaufelanordnung auf die Ausbildung des Furchensohlenprofils.

Als Versuchsboden diente ein präparierter Formsand, dessen Textur einem lehmigen Feinsand entsprach. Um das Wendergebnis der Rotoren sichtbar zu machen, wurde vor dem Rotordurchgang der zu bearbeitende Erdbalken mit sich gut gegeneinander abhebenden Erdfarben schichtweise horizontal eingefärbt. Die Beurteilung des Arbeitsergebnisses erfolgte nach Augenschein und wurde auf dasjenige eines normalen Scharpflugkörpers bezogen. Zu diesem Zweck wurde in einem Vorversuch das Wendergebnis eines Pflugkörpers vom dreifurchigen Anhängepflug DZ 30 unter normalen Arbeitsbedingungen aufgenommen.

Insgesamt brachten die Untersuchungen folgende Ergebnisse: 1. Die Krümfähigkeit der Bodenbissen hängt in erster Linie von der Bissenlänge, der Bodenart und dem Boden-

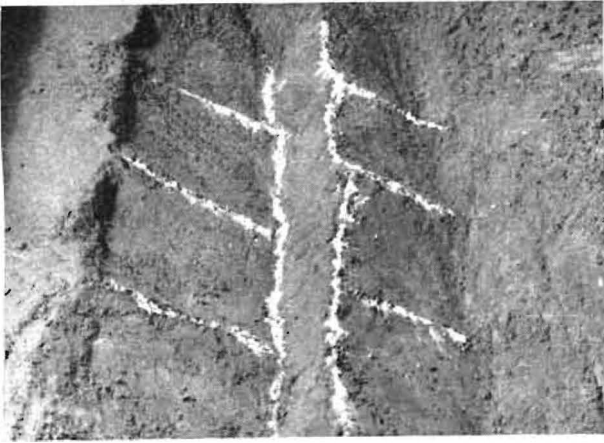


Bild 3. Furchensohlenprofil nach dem Rotordurchgang

zustand ab. Für den lehmigen Feinsand ergab sich bei einer Bodenfeuchtigkeit von 12 ··· 15 Masse-% und einem Eindringwiderstand von rund 16 kp/cm² eine obere Grenzlänge von 150 ··· 180 mm. Nimmt die Bissenlänge über das Maß der oberen Grenzlänge zu, dann steigt die Zahl derjenigen Bissen progressiv an, die nur in den Randzonen zerfallen, deren Kernstück jedoch unverseht bleibt.

2. Änderungen der Bissenlänge innerhalb des Bereiches bis zur oberen Grenzlänge haben keinen Einfluß auf den Grad der Bodenwendung.

3. Änderungen an der Schaufelkrümmung und Schaufelneigung zur Grundplatte in dem Maße, daß die Forderungen des Abschnittes „Der Aufbau der Rotoren“ nicht verletzt werden, haben keinen Einfluß auf die Wendefähigkeit der Rotoren. Damit kann die Schaufelgestalt sehr einfach gehalten werden, und es hat sich gezeigt, daß Schaufeln mit zylindrischem Mantel völlig genügen.

4. Entscheidenden Einfluß auf das Wendergebnis hat die Rotorumfangsgeschwindigkeit. Der Grad der Bodenwendung war durchweg unvollkommen, d. h. nicht alle Teile des Oberbodens wurden mit Unterboden abgedeckt. Bei kleinen Umfangsgeschwindigkeiten ergab sich aber dadurch noch ein befriedigendes Ergebnis, daß beim nachfolgenden Rotordurchgang der noch offene Oberboden der Vorfurche mit Unterboden der Folgefurche abgedeckt wurde. Mit zunehmender Umfangsgeschwindigkeit verschlechtert sich dieser Effekt aber so weit, bis man das Wendergebnis als unzureichend ansprechen muß. Die obere Grenzgeschwindigkeit, bei der noch ein befriedigendes Wendergebnis erzielt wurde, lag bei den untersuchten Rotoren zwischen 1,5 und 1,7 m/s.

5. Das Furchensohlenprofil wird von den Abmessungen des Rotors und dessen Lage während der Arbeit bestimmt (Bild 3). Es gliedert sich in ein Längs- und ein Querprofil auf. Das Längsprofil war bei allen Versuchen recht ausgeglichen und wurde von den verschiedenen Rotorausführungen auch nur unbedeutend beeinflusst. Anders liegen die Dinge beim Querprofil. Bei ungünstiger Rotor- und Schaufelneigung können die Querkämme so hoch werden, daß sie acker- und pflanzenbaulich nicht mehr vertretbar sind.

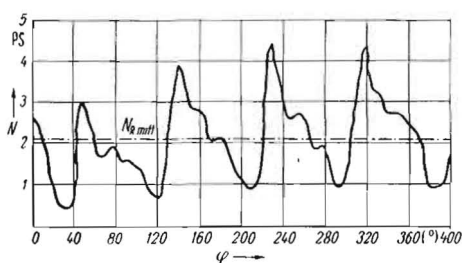


Bild 4. Rotationsleistungsmeßschrieb für den vierschaufligen Rotor. Bearbeitungsquerschnitt: 25 × 20 cm, Bissenlänge 16,5 cm, Fahrgeschwindigkeit 0,63 m/s

Um ein möglichst ebenes Furchensohlenprofil zu erzielen, muß beim Entwurf die Rotor- und Schaufelneigung so gering als möglich gehalten werden. Und da diese Maßnahme in den meisten Fällen noch nicht genügt, ist außerdem die Schaufelschneide so weit nach rückwärts zu neigen, bis entweder das gewünschte Furchensohlenprofil zustandekommt oder aber die optimalsten Verhältnisse zwischen konstruktivem Aufwand und zu erwartendem Arbeitserfolg erreicht sind.

6. Die geringen Rotorumfangsgeschwindigkeiten bedingen unter Berücksichtigung der zulässigen Bissenlängen sehr kleine Fahrgeschwindigkeiten. Dadurch sinkt im Vergleich zum Scharpflug die Flächenleistung erheblich ab, außerdem werden an das Schleppertriebwerk erhöhte Anforderungen gestellt. Es ergab sich für die untersuchten Rotoren eine obere Grenzgeschwindigkeit, die im Mittel bei 0,35 m/s lag.

7. Die durchweg unvollkommene Bodenwendung ist ein ausgesprochenes Kennzeichen des Rotorpfluges und wird dadurch hervorgerufen, daß zu einem großen Teil die von den Schaufeln abgeworfenen Bissen beim Auftreffen in der Furche eine labile Lage einnehmen und dann regellos verrollen. Diese Tatsache erübrigt alle Bemühungen, durch ausgeprägtere Kenn- und verfeinerte Betriebsdaten des Rotors das Wendergebnis zu verbessern, da sie auf Grund dieses Charakteristikums erfolglos bleiben müssen.

Diese beiden letztgenannten Ergebnisse stellen schwerwiegende Nachteile dieses Arbeitsprinzips dar. Wenn nicht Lösungen gefunden werden, mit denen diese Nachteile zu überwinden sind, dann dürften die agrotechnischen und energetischen Vorteile derartiger Geräte ernsthaft in Frage gestellt sein. Unter Berücksichtigung der bisherigen Ergebnisse können solche Lösungen nur kombinierte Bodenbearbeitungswerkzeuge sein.

Ein solches kombiniertes Werkzeug kann aus zwei Einzelwerkzeugen bestehen, wobei das eine den Ober- und das andere den Unterboden bearbeitet. Wir haben hiervon ausgehend den Rotor mit einem über die gesamte Arbeitsbreite schneidenden Vorschäler ausgerüstet. Dieser trennt den Oberboden vom Unterboden und stürzt ihn unter gleichzeitigem Wenden in die Vorfurche. Die Bearbeitung des Unterbodens erfolgt mit dem Rotor in bereits bekannter Weise, wobei der gewendete Oberboden vom Unterboden völlig abgedeckt wird. Das Arbeitsergebnis entsprach den Erwartungen und stand demjenigen des Scharpflugkörpers kaum nach. Allerdings ist durch die Kombination der einfachen Aufbau des reinen Rotorprinzips verlorengegangen.

Der Energiebedarf eines Rotors

Der Gebrauchswert eines Rotors richtet sich nicht nur nach seinem technologischen Arbeitserfolg, sondern auch danach, welcher energetische Aufwand zum Erreichen des Arbeitsergebnisses erforderlich ist.

Lichtsche Rotoren benötigen auf Grund ihrer Drehbewegung in der Hauptsache Rotationsenergie, und da sie nach dem Gleichlaufprinzip arbeiten, d. h. sich in Fahrtrichtung drehen, wird über den Bodenwiderstand ein Teil der Rotationsenergie als Schubenergie wiedergewonnen. Nur dann, wenn keine Schaufel im Eingriff steht, ist der volle Gleit- und Rollwiderstand des Gerätes zu überwinden.

Den Rotationsenergiebedarf ermittelten wir mit Hilfe einer elektrischen Meßeinrichtung. Die Schub- sowie Zugkraft des Rotors wurde mit einem Amsler-Zugkraftschreiber aufgenommen.

Bild 4 zeigt einen Rotationsleistungsmeßschrieb mit eingezeichnetem Mittelwert für einen vierschaufligen Versuchsrotor. Der Verlauf dieses Meßschriebes war bei allen Versuchen ähnlich und stellt ein Charakteristikum rotierender Bodenbearbeitungswerkzeuge dar. Wenn die Schaufel von oben in den Boden sticht, steigt der Arbeitswiderstand schnell an. Das Maximum ist erreicht, wenn der Bissen aus dem Boden heranzubrechen beginnt. Danach ist lediglich der Hubwiderstand des Bissens bis zum Abwurf und der Reibwiderstand in der Furche zu überwinden.

Ähnlich verhält sich der Verlauf des Schubkraftgewinns. Er steigt und fällt mit dem Rotationsleistungsbedarf. Ist der Bissen aus dem zu bearbeitenden Erdbalken herausgelöst, hört der Rotorschub auf, zur Überwindung der Reibung zwischen Rotorgrundplatte und Furchenwand ist nun eine gewisse Zugkraft erforderlich. Für den in Bild 4 dargestellten Versuch ergab sich ein maximaler Schubleistungsgewinn und Zugleistungsbedarf von je $\approx 0,5$ PS.

Ganz allgemein läßt sich aus den Meßschrieben herauslesen: Lichtsche Rotoren benötigen in der Hauptsache Rotationsenergie. Während des Schaufeleingriffs verwandeln sie einen Teil davon in Schubenergie. Der Bedarf an Zugenergie ist gering und tritt zudem auch nur periodisch auf.

Dieses Verhalten kann als vorteilhaft angesehen werden, da

1. die direkte Verwertung der drehenden Motorenergie verlustärmer erfolgt; als das bei der Energieübertragung vom Zughaken des Schleppers auf die Arbeitsorgane eines Scharpfluges der Fall ist,
2. die rückgewonnene Schubenergie entsprechend ihrer Größe einen Teil des Zugwiderstandes kompensiert und damit die Schlupfverluste senkt und
3. durch die Verringerung des Schlupfes und durch die mögliche Senkung des Schleppertotgewichtes auf Grund der direkten Energieübertragung die Bodenstrukturen ein geschränkt werden.

Diesen Vorteilen stehen einige nicht zu übersehende Nachteile gegenüber, vor allem:

1. Der Leistungsbedarf, auf den Arbeitserfolg bezogen, liegt gegenüber dem Scharpflug zu hoch. Nach Bild 4 benötigte der vierschaulige Rotor in einem lehmigen Feinsand eine mittlere Leistung von $0,42$ PS/dm² Bodenbearbeitungsquerschnitt, wobei man die Spitzenwerte von rund $0,9$ PS/dm² nicht über-

sehen darf. Ein normaler Pflugkörper würde unter den gleichen Bedingungen nur eine Leistung von $0,15$ PS/dm² benötigen. Die Ursache für diesen hohen Leistungsbedarf des Rotors liegt im höheren Verhältnis der Schnittfläche zum bearbeiteten Bodenvolumen begründet.

2. Sowohl Rotations- als auch Zugleistungsbedarf weisen eine erhebliche Ungleichförmigkeit auf. Dadurch werden die Bauelemente des Rotorpfluges beträchtlichen dynamischen Belastungen ausgesetzt. Diese werden auch auf den Schlepper übertragen, wenn es nicht gelingt, bei mehrfurchigen Geräten die Körper so anzuordnen, daß sich der zeitliche Leistungsbedarf ausgleicht.

Schlußbetrachtungen

Die am Institut durchgeführten umfangreichen Untersuchungen haben die erwarteten Vorteile des Rotorpfluges bestätigt. Der Lichtsche Rotor verwertet die Schlepperenergie besser, ruft keine Pflugsohlenverdichtungen hervor und senkt die Strukturschäden in den Schlepperspuren. Diese Vorteile werden aber von solchen Nachteilen, wie der unvollkommenen Bodenwendung, der geringen Flächenleistung und dem hohen und ungleichförmigen Energiebedarf derart überschattet, daß man unter den gegenwärtigen Bedingungen die Vorstellung von einer eventuellen Ablösung des Scharpfluges durch den Rotorpflug von Licht fallen lassen muß. Das soll jedoch nicht heißen, daß dieses Arbeitsprinzip grundsätzlich keine Berechtigung hätte. Es ist durchaus denkbar, daß es insbesondere dort, wo wir auf eine vollkommene Bodenwendung verzichten können, vorteilhaft zum Einsatz gelangen und unter Umständen überhaupt erst zur Mechanisierung eines Arbeitsprozesses beitragen kann.

Literatur

- [1] LICHT, H.: Ein neuartiges Bodbearbeitungsgerät. Deutsche Agrartechnik (1955) H. 7, S. 269.

A 3477

Einsatzgrenzen von Fräsen mittlerer Leistung

Seit Jahrzehnten haben sich neben Einachsschleppern mit Motorleistungen bis 14 PS auch Bodenfräsen von 6 PS und Motorhacken von geringerer Antriebsleistung als willkommene Helfer im Gartenbau gut bewährt. Besonders wenn die Geräte mit rotierenden Fräsworkzeugen arbeiten, wird die Handarbeit weitgehend ersetzt und leistungsmäßig weit übertroffen. Das gilt besonders für das Vorbereiten des Saattbettes (Tieflockern), für das Flachhacken in den Pflanzenreihen sowie für das Einfräsen von Mist, Stoppeln und Unkraut. Für diese Arbeiten verwendet man Spitz-, Schäl- bzw. Tiefarbeitshaken (Bild 1).

Grundsätzlich ist darauf zu achten, daß die krallenförmigen Spitzhaken *b* nur zum Fräsen von Böden ohne größeren Widerstand bestimmt sind. Die rechtwinklig gebogenen Schälhaken *c* sind nur zur Flachbearbeitung (Hacken) einzusetzen. Infolge ihrer gebogenen Form neigen aber beide Werkzeuge dazu, die abgeschlagenen oder herausgerissenen Pflanzenteile auf die Bodenoberfläche abzulegen. Will man dies vermeiden, so müssen die messerförmigen Tiefarbeitshaken *d* verwendet werden. Zum Abschlagen und Unterfräsen, z. B. von Erdbeerranken, eignet sich nur diese Hakenausführung. Sie er-

zeugt zwar auf schweren Böden eine gröbere Krümelstruktur, läßt sich aber auch auf Böden mit größeren Widerständen verwenden. Der Haken *d* kann sich nicht festhaken und vermeidet dadurch das plötzliche Festfahren, zudem ist sein Kraftbedarf bedeutend geringer. Wenn man den Vorschub durch Anbau kleinerer Triebäder vermindert, läßt sich die für die Fräsarbeit zweckmäßige, geringere Bissengröße erzielen.

Das Auswechseln der Werkzeuge ist bei diesen Maschinentypen leider sehr umständlich, man sollte deshalb dort, wo oft umgerüstet werden muß, leicht auswechselbare Ersatzfräschwänze mit zweckentsprechenden Haken bereitstellen. Erfahrungsgemäß sind Fräsgetriebe leicht reparaturanfällig, deshalb sollte immer Ersatz bereitstehen.

Bei der Herbstbestellung ist der Boden möglichst zu pflügen, weil gefrästes Land im Winter leicht verschlämmt, in diesem Fall muß vor Frosteintritt gegrubbert werden.

Beim Umbruch von Wiesenland werden die Bodenfräsen übermäßig beansprucht, man sollte für derartige schwere Arbeiten stärkere Maschinen verwenden.

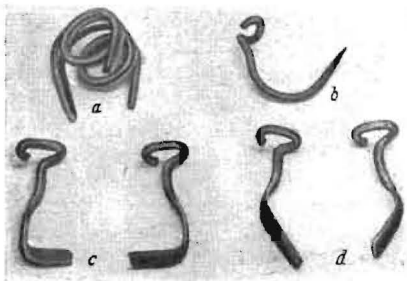


Bild 1. a Werkzeugfeder, b Spitzhaken, c Schälhaken, d Tiefarbeitshaken

Bild 2. Anhängerkupplung mit eingebauter Stoßfederung (nach einem Vorschlag des Verfassers)

