

Moderne Landtechnik – international gesehen

Die Mechanisierung der Landwirtschaft ist in den letzten zehn Jahren nicht nur bei uns sondern auch in vielen andern Ländern der Erde in einem Umfang verwirklicht worden, der durch die Entwicklung landtechnischer Konstruktionen von wesentlichem Einfluß war. Die verstärkte Zuführung neuer Landmaschinen und Traktoren in die Landwirtschaft ging einher mit oftmals revolutionierenden technischen Neuerungen und Verbesserungen, die vielfach auch durch neue Arbeitsmethoden und fortschrittliche Betriebsorganisation inspiriert wurden. Die Vielfältigkeit dieser Entwicklungstendenzen zu registrieren und zu vermitteln, muß Aufgabe der Fachzeitschrift sein. Bei der Fülle unserer eigenen Probleme beim Aufbau und der Ausrüstung unserer sozialistischen Landwirtschaft konnten wir dieser Aufgabe nicht immer ausreichend nachkommen. Wir haben jedoch die Absicht, künftig umfangreicher als bisher über die internationale landtechnische Entwicklung kritisch zu berichten.

Die nachfolgende Aufsatzreihe enthält bereits einige wissenswerte Entwicklungen auf landtechnischem Gebiet in anderen Ländern. So erläutern z. B. die Ingenieure MIKES und HAVELEC (CSSR) die Mechanisierung der Ausbringung von flüssigem Ammoniak, Ing. VÖLKER berichtet über die sogenannte „minimale Bodenbearbeitung“, Dr. LEHOCZKY (Budapest) untersucht Möglichkeiten, durch konstruktive Maßnahmen den Zugkraftbedarf bei erhöhten Arbeitsgeschwindigkeiten ökonomischer zu gestalten. In mehreren Kurzbeiträgen werden neue Konstruktionen und Entwicklungen aus der UdSSR, Polen und der CSSR beschrieben. Für die Reihenfolge der Aufsätze war nicht die Wertigkeit oder Herkunft, sondern der Ablauf des landwirtschaftlichen Arbeitsjahres bestimmend. Die letzten Beiträge dieser Reihe stellen Berichte von internationalen Landmaschinen-Ausstellungen dar, die unseren Lesern gleichfalls neue Landmaschinen und Traktoren nahebringen sollen. Berichte dieser Art sind auch für die folgenden Hefte vorgesehen.

Die Redaktion

Dr. Dipl.-Ing. L. LEHOCZKY, Universität der Landwirtschaftswissenschaften, Budapest-Gödöllő

Pfluggeschwindigkeit und Zugkraft

Um die mechanische Energie bei der Bodenbearbeitung, insbesondere beim Pflügen, zweckmäßig auszunutzen, ist die Analyse der Zugkraft, die unter den verschiedenen Arbeitsbedingungen benötigt wird, besonders wichtig.

Als der Pflug noch durch tierische Zugkraft betätigt wurde, war die Frage des Zugkraftbedarfs praktisch ohne Bedeutung, zumal über die Pfluggeschwindigkeit gar nicht diskutiert wurde. Erst nach Einführung des Traktors in die Landwirtschaft fanden die Fragen der Pfluggeschwindigkeit und ihres Einflusses auf den Zugkraftbedarf Beachtung. Da jetzt die Entwicklung der sozialistischen Landwirtschaft auch durch die rationelle Ausnutzung der motorischen Energie zu sichern ist, müssen wir die wirtschaftliche Anwendung der Zugkraft beim Pflügen als der schwersten, teuersten und zeitaufwendigsten Arbeit sehr sorgfältig und vielseitig analysieren.

Der Traktoreinsatz ermöglicht Arbeitsgeschwindigkeiten, die bei der Arbeit mit Zugtieren nicht zu erreichen sind. Der Einfluß der Geschwindigkeit auf eine Änderung der Arbeitsbedingungen des Pflügens, auf die Technologie der Bodenbearbeitung und auf den Kraft- und Leistungsbedarf wird seitdem vielfältig untersucht.

Die richtige Agrotechnik erfordert eine gewisse Pflugtiefe, die Wirtschaftlichkeit dagegen das Bewegen einer möglichst geringen Bodenmasse. Daraus ergeben sich die Arbeitsbedingungen des Pflügens.

Die beim Pflügen auftretenden Widerstände können infolge der Änderung mehrerer Faktoren nicht als konstant betrachtet werden. Der auftretende Widerstand hängt u. a. von den physikalischen und mechanischen Eigenschaften des Bodens, seinem Feuchtigkeitsgehalt, dem ausgeschnittenen Furchenquerschnitt usw. ab.

Auf den Zugwiderstand üben – außer den mit dem Boden zusammenhängenden Faktoren – Arbeitsgeschwindigkeit, Masse und Konstruktion des Pfluges sowie Art und Zustand der Arbeitsorgane einen Einfluß aus.

Der Zugkraftbedarf bestimmt den Typ der anzuwendenden Kraftmaschine, er beeinflußt den Kraftstoffverbrauch und die Arbeitsleistung und dadurch die Selbstkosten. Es ist also anzustreben, die Maschinen bzw. Geräte optimal auszunutzen.

Der Zugkraftbedarf des Pfluges wird in erster Linie davon bestimmt, wie groß der Bodenwiderstand ist. Der spezifische Bodenwiderstand hängt ab von der Bodenart, der Pflanzenbedeckung des Bodens, der Feuchtigkeit, dem Kulturzustand des Bodens, der früheren Bodenbearbeitung, usw.

Der Einfluß der Bodenfeuchtigkeit auf den spezifischen Bodenwiderstand wurde vielfach untersucht. Dabei ergab sich, daß der spezifische Bodenwiderstand bei einer gewissen Bodenfeuchtigkeit einen Minimalwert hat (gilt allerdings nicht für ganz leichte Sandböden). Eine Zunahme der Bodenfeuchtigkeit steigert dagegen den Widerstand, weil die Reibung und das Anhaften des Erdreichs am Streichblech zunimmt.

Die Gesetzmäßigkeiten im Verhältnis der erforderlichen Zugkraft zu den sich ändernden Arbeitsbedingungen des Pfluges bearbeitete der sowjetische Akademiker GORJATSCHKIN.

Seine rationelle Formel spiegelt diese Gesetzmäßigkeit wider und drückt den physikalischen Zusammenhang zwischen den Hauptfaktoren des Pflugarbeitsgangs und dem bei der Pflugarbeit auftretenden Gesamt-widerstand aus:

$$P = f \cdot G + k \cdot t \cdot b + \varepsilon \cdot t \cdot b \cdot v^2.$$

Sie zeigt, daß sich der Zugkraftbedarf bei steigender Geschwindigkeit und bei sonst unveränderten Verhältnissen etwa parabol-förmig ändert. Bei den allgemein üblichen Geschwindigkeiten ist der Einfluß des dritten Gliedes der Formel im Vergleich zu den beiden ersten Gliedern gering – er macht nur ungefähr 5% des ganzen Zugkraftbedarfs aus. Die Versuchsergebnisse bestätigen im allgemeinen die Richtigkeit der Formel. Die Formel kann aber für praktische Zwecke nur dann gebraucht werden, wenn die Werte der f - und k -Koeffizienten bekannt sind. Zahlenwerte für diese Koeffizienten können in der Fachliteratur gefunden werden, doch ist ihre Wahl gegebenenfalls nicht leicht, weil die Grenzen der Werte sehr weit sind.

Es ist naheliegend, daß man versucht, auf eine höhere Pfluggeschwindigkeit überzugehen, um die Leistungsfähigkeit des Schleppers am besten auszunutzen. Das ergibt auch eine schnellere und rechtzeitige Durchführung der Pflugarbeiten.

Die Zugkraft P wächst nach der rationellen Formel mit der Erhöhung der Pfluggeschwindigkeit zum Teil quadratisch – die

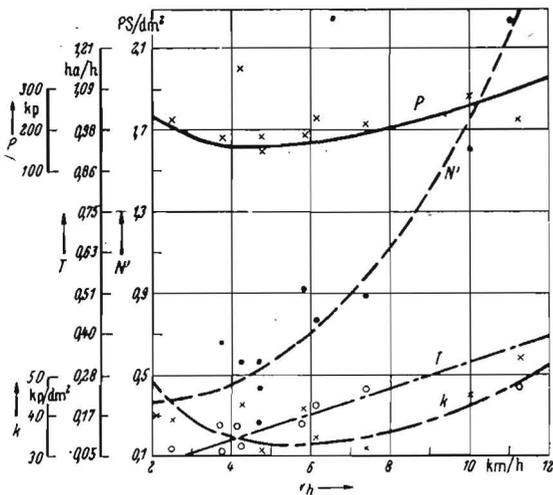


Bild 1 (links). Resultate der Pflugversuche mit einem Sack-8''-Pflug auf sandigem Boden.
 v_h Pfluggeschwindigkeit (km/h), P Zugkraft (kp), k spezifischer Pflugwiderstand (kp/dm²), N' spezifischer Leistungsbedarf (PS/dm²), T theoretische Flächenleistung (ha/h)

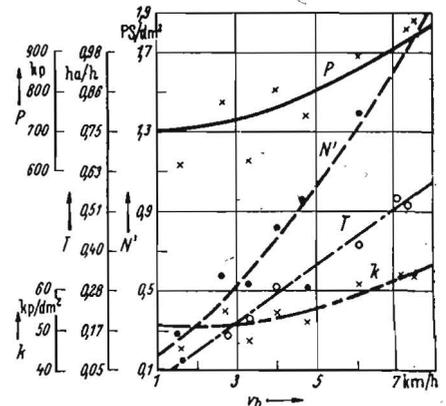


Bild 3. Resultate der Pflugversuche mit einem TE-330-Pflug auf mittelschwerem Lehmboden.
 v_h Pfluggeschwindigkeit (km/h), P Zugkraft (kp), k spezifischer Pflugwiderstand (kp/dm²), N' spezifischer Leistungsbedarf (PS/dm²), T theoretische Flächenleistung (ha/h)

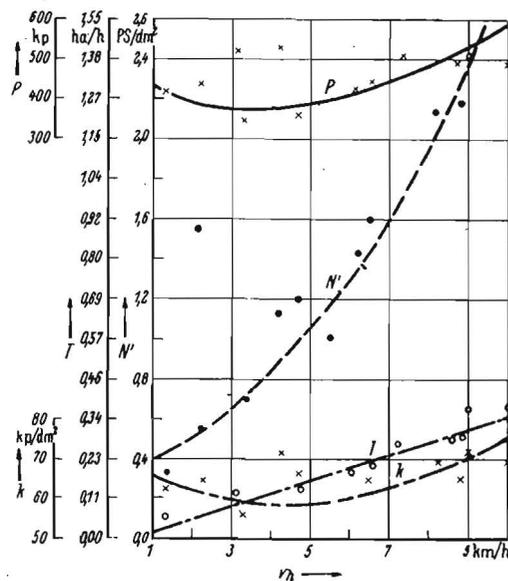


Bild 2. Resultate der Pflugversuche mit einem Sack-8''-Pflug auf mittelschwerem Lehmboden.
 v_h Pfluggeschwindigkeit (km/h), P Zugkraft (kp), k spezifischer Pflugwiderstand (kp/dm²), N' spezifischer Leistungsbedarf (PS/dm²), T theoretische Flächenleistung (ha/h)

für den Betrieb des Pfluges erforderliche Leistung steigt viel schneller. Dies sieht man aus dem Zusammenhang:

$$N = \frac{P \cdot v}{75} = \frac{(f \cdot G + k \cdot t \cdot b) \cdot v}{75} + \frac{\varepsilon \cdot t \cdot b \cdot v^3}{75}$$

Die Leistung, in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit dargestellt, ergibt also eine kubische Funktion.

Mit Hilfe von Berechnungen erhält man nur Durchschnittswerte für die Zugkraft. In Wirklichkeit schwankt der Widerstand während der Arbeit ununterbrochen und weicht vom Durchschnittswert mehr oder weniger ab. Diese Abweichungen entstehen, weil sich die physikalisch-mechanischen Eigenschaften des Bodens längs der Furche stetig ändern. Daneben spielt aber auch eine Rolle, wie genau der Pflug den Einstellwert beim Furchenziehen einhält.

Aus der mittleren Zugkraft läßt sich die beim Pflügen zu leistende Arbeit exakt berechnen. Bei der Wahl des Schleppers kann dies jedoch nicht als ausreichend betrachtet werden, weil während des Pflügens weit höhere Kräfte auftreten können. Es muß dementsprechend die maximale erforderliche Zugkraft angesetzt werden. Für die Bestimmung der maximalen Zugkraft geben weder die theoretischen Werte noch die in der Praxis im allgemeinen gebräuchlichen Faustformeln annehmbare Ergebnisse. Um den Zugkraftbedarf eines Gerätes feststellen zu können, muß man Zugkraftmessungen unternehmen.

Mit der Frage des Schnellpflügens haben sich Wissenschaftler verschiedener Länder befaßt. Ausgedehnte Versuche wurden hauptsächlich in den Jahren 1950 bis 1959 unternommen. Hervorzuheben ist dabei die Arbeit der sowjetischen Forscher (VEDENJAPIN, KULIKOW, BACHTIN, KIRTBAJA, NIKIFOROW, POLJAK, SCHTSCHUPAK, VERNIKOW u. a.), der Deutschen (GÄTKE, TEIPEL, KOSWIG, RIEDEL, GROTH, LEHMANN, PÖHLS usw.), und des italienischen Professors CAPPARINI. In Ungarn wurde mit derartigen Versuchen im Jahr 1958 begonnen.

Um die Abhängigkeit des Zugkraftbedarfs von der Pfluggeschwindigkeit zu bestimmen, führte der Lehrstuhl für Landmaschinen der Landwirtschaftlichen Fakultät der Universität der Landwirtschaftswissenschaften Budapest-Gödöllő umfangreiche Versuchsmessungen durch. Diese erfolgten auf verschiedenen Böden, mit verschiedenen Pflügen, teilweise in Zusammenarbeit mit dem ungarischen Landmaschinen-Versuchsinstitut und dem Institut für Landmaschinenforschung. Bei den Zugkraftmessungen wurden verschiedene Registrierdynamometer ungarischer und ausländischer Herkunft verwendet, deren Meßfehler $\pm 2\%$ nicht überstiegen. Die Auswertung der Dynamogramme erfolgte planimetrisch.

Die Pflugversuche wurden in erster Linie mit einem Karrenpflug Typ Sack 8'' unternommen, weil man in Ungarn den spezifischen Bodenwiderstand mit dem Sack-8''-Pflug ermittelt (bei einer Pfluggeschwindigkeit von 1 m/s) und dieser Wert die Grundlage für die Normung der Maschinenarbeit bildet. Die Messungen wurden auf verschiedenen Böden durchgeführt (Bild 1 und 2).

Aus den Meßergebnissen ist folgendes zu entnehmen: In Abhängigkeit von der Geschwindigkeit ist die Änderung der Zugkraft und des mit ihr proportionalen spezifischen Pflugwiderstands gering, das Anwachsen des spezifischen Leistungs-

Tabelle 1. Spezifische Leistungsdaten in Abhängigkeit von der Pfluggeschwindigkeit ($v = 4 \text{ km/h} = 100\%$)

Pfluggeschwindigkeit v_h [km/h]	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Spezifischer Pflugwiderstand k [kp/dm ²]	62	59	59	60	61	63	66	70	74
	105	100	100	102	104	107	112	119	125
Spezifischer Leistungsbedarf N' [PS/dm ²]	0,5	0,65	0,82	1,04	1,3	1,6	1,94	2,3	2,5
	61	79	100	127	159	195	237	281	305
Theoretische Flächenleistung T [ha/h]	0,0575	0,0921	0,1266	0,1611	0,2072	0,2417	0,2763	0,3223	0,3569
	46	73	100	127	164	190	218	254	283

bedarfs (PS/dm²) dagegen ist bemerkenswert. Nimmt man die Normalpfluggeschwindigkeit von 4 km/h ebenso wie die dazugehörigen Werte jeweils als 100% an, dann ergeben sich die in Tabelle 1 ausgewiesenen Zahlen (aus Bild 2 abgelesene Werte).

Bild 3 zeigt die Resultate ähnlicher Messungen, die mit einem ungarischen TE-330 Normalpflug unternommen wurden.

Aus den energetischen Angaben ist zu ersehen, daß die Steigerung der Pfluggeschwindigkeit möglich ist und sich auf die Wirtschaftlichkeit des Schlepperbetriebes positiv auswirken kann. Ausschlaggebend dafür ist die Wahl des richtigen Schleppertyps.

Zusammenfassung

Die fortschreitende Mechanisierung der Landwirtschaft wirft die Frage der Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit auf. In unseren diesbezüglichen Versuchen und Untersuchungen beim Pflügen ergaben sich folgende Erfahrungen:

1. In Abhängigkeit von der Pfluggeschwindigkeit nimmt der Zugkraftbedarf des Pfluges zu. Bis zu einer Geschwindigkeit von 11,25 km/h ist der wachsende Zugkraftbedarf kein Hindernis für die Steigerung der jetzt allgemein üblichen Pfluggeschwindigkeiten.

2. Die Zugleistung und die Zugkraft der eingesetzten Schlepper erforderte bei den höheren Pfluggeschwindigkeiten eine geringere Arbeitsbreite der Mehrscharpflüge (Abbau von Pflugkörpern). Trotz der verringerten Arbeitsbreiten läßt sich durch die Steigerung der Pfluggeschwindigkeit eine größere Flächenleistung erreichen. Diese Feststellung wäre noch durch weitere Betriebsversuche zu bekräftigen.

3. Falls man bei gleichbleibender Arbeitsbreite jedoch mit höheren Geschwindigkeiten pflügen will, so sind Schlepper mit höherer Motorleistung und besser abgestuftem Getriebe notwendig.

4. Nach unseren Versuchen leisten die vorhandenen Pflüge bis ungefähr zu einer Geschwindigkeit von 6,5 km/h befriedigende Arbeit, wobei die Form der Pflugkörper unverändert bleiben kann.

5. Das Pflügen mit Geschwindigkeiten über 6,5 km/h kann mit den vorhandenen Pflügen nur bei allergünstigsten Boden- und Feuchtigkeitsverhältnissen durchgeführt werden.

Um Pflüge konstruieren zu können, die für Geschwindigkeiten über 6,5 km/h geeignet sind, wäre zu bestimmen, wie die

geometrischen Kennzeichen der Arbeitsorgane in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit zu ändern sind. Wir wollen unsere Versuche in dieser Richtung weiterführen.

6. Bei Anwendung der ursprünglichen Werte für den spezifischen Bodenwiderstand muß die jeweilige Geschwindigkeit in Betracht gezogen werden.

7. Die Ausführungen beschränken sich auf die Untersuchung der energetischen Fragen. Um die Auswirkung der Geschwindigkeitssteigerung beim Pflügen näher auswerten zu können, ist weiterhin zu untersuchen, wie die physikalischen Eigenschaften des Bodens durch die Steigerung der Geschwindigkeit beeinflußt werden. Zu diesem Zwecke wurden weitere Untersuchungen eingeleitet.

Literatur

- Autorenkollektiv: Kompendium der sowjetischen Landmaschinentechnik VEB Verlag Technik, Berlin 1954.
- KIRTBAJA, JU. K.: Isledowanije Sostaeljajuschtschich tjaogovogo soprotivlenija seljskocschajstvennich maschin i orudij. Sel hosmaschina, 1953. Nr. 11.
- BACHTJIN, P. U.: Fizitscheskaja spelostj potschwi i skorostj vapaschki. Potschvovedenie, 1952. Nr. 5.
- GÄTKE, R.: Bringt uns das Schnellpflügen Vorteile? Deutsche Agrartechnik (1953) H. 4.
- TEIPEL, R.: Bringt uns das Schnellpflügen Vorteile? Deutsche Agrartechnik (1953) H. 10.
- CAPPARINI, P.: Der Einfluß der Furchentiefe, Furchenbreite und Geschwindigkeit auf den Pflugwiderstand. Landtechnische Forschung (1957) H. 6.
- PÖHLS, E., u. GROTH, H. J., LEHMANN, W.: Kraftstoffverbrauch und Flächenleistung... Deutsche Agrartechnik, 1958, H. 4.
- LEHOCZKY, L.: A szántási sebesség növelésének néhány kérdése. A Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztályának közleményei, Band XVI. Nr. 3 bis 4.
- LEHOCZKY, L.: A növeltsébségű szántás hatása a termelési eredményekre. Agrártudomány Budapest, 1960, Nr. 10.
- LEHOCZKY, L.: Hogyan befolyásolja a szántási sebesség növelése a terméseredményeket. Agrártudományi Egyetem Kiadványai.
- LEHOCZKY, L.: A szántási sebesség növelése. Agrártudomány, Budapest, 1959, Nr. 7.
- SOLOVJEJTSCHIK, A. G.: O parametrah gusenitschnogo traktora vszjazi is robotoj na povisheennich skorostjach. Mech. i. elektr. soc. seljskovo hoz. 1957. Nr. 1.
- KÉGL, L.: A talajművelő gépek hatása a talai szerkezetére. Jahrbuch des Mezőgazdasági Gepkiserleti Intézet, VII. Band, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1951.
- KÉGL, L.: Ujabb vizsgálatok a talajszerkezet néhány sajátágának és a talajművelő gépek munkájának összefüggéséről. Agrokémia és Talajtan, 1956. 3. sz.
- VEDENJAPIN, G. V.: Naschi isledovania po rabotje seljskocschajstvennich maschin na povisheennich skorostjach. „M. Sz. St. H.“ 1938. 2. sz.
- KULIKOV, D. V., u. KULIKOV, V. V.: Rabota trakcionich plugov na povisheennich skorostjach. izd. Vashnij, Moskva, 1937.
- Jelentés az UFE-230 eke prototípusával végzett vizsgálatokról (Bericht über die Untersuchungen des Pflugprototyps UFE-230).
- BOLTIZÁR, P.: Kormánylemezek elmélete, tervezése, szerkesztése, gyorsszántás. Budapest, Mérnöki Továbbképző Intézet, 1955. A 4356

K. LAMMEL/J. GALAMBOS, Budapest

Versuche zur Bestimmung der Maschinentypen für die Bodenbearbeitung in Hanglagen¹⁾

Im Rahmen unserer Versuche zur Ausgestaltung eines Maschinensystems für Hanggebiete haben wir unter Zuhilfenahme einer Berechnungsanlage Messungen zur Feststellung des Bodenschutzwertes der mit den wichtigsten Bodenbearbeitungsgeräten verrichteten Arbeiten unternommen. Unsere Untersuchungen beruhten auf der Messung der Menge des von der unterschiedlich bearbeiteten Bodenfläche ablaufenden Beregnungswassers und der in diesem enthaltenen Bodenteilchen. Auf Grund dieser Messungen erhielten wir zahlenmäßige Angaben über den Bodenschutzwert der untersuchten Maschinen und Bearbeitungsmethoden.

Als Ergebnis der Untersuchungen konnte unter anderem festgestellt werden, daß der Boden- und Wasserverlust je m² unbearbeiteter Getreidestoppeln wesentlich größer ist als auf geschältem Boden. Auf Kleestoppeln ist der Wasserverlust ebenfalls bedeutend, der Bodenverlust jedoch geringer als wenn die Stoppeln geschält worden sind. Den besten und sichersten Bodenschutz bietet das waagerechte (in der Richtung der Schichtlinien durchgeführte), mit Tieflockerung verbundene Pflügen. Bei Anwendung der gebräuchlichen Bodenbearbeitungsgeräte erweist sich das waagerechte Pflügen genügender Tiefe stets als verlässliches Schutzverfahren. Auch diejenigen Maschinen bzw. Verfahren, die eine wirksame Erhöhung des Wasserspeichervermögens der Bodenoberfläche und eine tiefreichende

¹⁾ Kurzfassung aus Mitteilungen des Instituts für Landtechnik, Budapest 1960) Nr. 2.

Bodenlockerung ergeben, können mit gutem Erfolg angewende werden.

Im Hinblick auf die Erfordernisse des Bodenschutzes müssen in Hanglagen solche Pflüge zur Anwendung gelangen, die die Bodenbalken beim Pflügen in Richtung der Schichtlinien hangauf wenden. In unserer Studie sind die grundsätzlichen Bedingungen des Hangaufwendens der Bodenbalken ausgearbeitet worden. Nach unseren Untersuchungen beträgt bei dem durch die am Hang angewandten Pflugkörper ausgeschnittenen Bodenbalken das erwünschte Verhältnis der Tiefe zur Breite 1:2.

Auf Grund der Vergleichsprüfung der nach Schichtlinien bzw. in der Hangrichtung durchgeführten Bodenbearbeitung konnte festgestellt werden, daß das Pflügen in Richtung der Schichtlinie stets weniger Gesamtenergie erfordert als das Bergauf-Bergabpflügen. (Nach unseren Messungen beträgt der Unterschied im Energiebedarf 4 bis 19%) Beim Arbeiten nach der Schichtlinie ergab sich in allen untersuchten Fällen beim Allradantrieb ein um 70 bis 80% geringerer Schlupf als beim Zweiradantrieb. Der durch den Allradantrieb erreichbare Zugwirkungsgrad wird durch die auf kürzeren geraden Strecken anwendbare Differentialsperre noch weiter erhöht. Der beim Allradschlepper bestehende geringere Radschlupf wirkt sich auch auf die Bodenstruktur schonend aus, ferner ergibt sich durch die größere Belastung der Vorderachse beim Allradschlepper eine bessere Lenkbarkeit als beim Schlepper mit Zweiradantrieb. A 4476