

Landtechnische Forschung

HERAUSGEBER: KURATORIUM FÜR TECHNIK IN DER LANDWIRTSCHAFT
FACHGEMEINSCHAFT LANDMASCHINEN IM VDMA
MAX EYTH-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER LANDTECHNIK

Heft 4/1957

MÜNCHEN

7. JAHRGANG

Dipl.-Ing. B. Mursch, Hannover:

Untersuchungen an einer Bodenfräse

Bodenfräsen finden in letzter Zeit immer mehr Eingang in die Landwirtschaft. Die Zahl ihrer Anwendungsmöglichkeiten wächst ständig, und Endgültiges ist noch nicht abzusehen.

Da die Bodenfräsen als Anbau- und Anhängegeräte für Schlepper mit Zapfwellenantrieb gebaut werden, mußten Leistungsbedarf und Arbeitsverhalten der Bodenfräsen erst eingehend untersucht werden, um sie den vorhandenen Schleppertypen anzupassen. Außerdem sollten durch Messungen im praktischen Einsatz dem Konstrukteur Unterlagen über die Beanspruchung der Bauteile gegeben werden.

Diese Messungen lassen sich aber schnell und sicher nur mit Hilfe elektrischer Meßmethoden bewältigen. Messungen dieser Art sind nun von der Versuchsabteilung der Hanomag mit elektronischen Geräten an einer LFH-Bodenfräse durchgeführt worden und werden im folgenden näher beschrieben.

Versuchsaufgabe

Die Versuchsaufgabe bestand im wesentlichen aus zwei Teilen:

- A. Auf verschiedenen Böden mußten bei mehreren Frästiefen und Fräsgeschwindigkeiten folgende Größen gemessen werden:
1. Drehmoment an der Zapfwelle; Mittelwert und Maximalwert
 2. Mittlere Leistungsaufnahme der Bodenfräse
 3. Schubkraft der Bodenfräse an der Ackerschiene.
- B. Aus den Messungen unter A. sollte ein allgemein gültiger Zusammenhang zwischen Frästiefe, Fräsgeschwindigkeit, Bissengröße, Volumenleistung und Schlepperleistung unter Berücksichtigung verschiedener Böden gefunden werden.

Versuchsdurchführung

Versuchsgelände

1. Versuch: Entwässertes, im Vorjahr erstmalig 30 cm tief umgepflühtes Flachmoor, eben und gleichmäßig mit Binsen bewachsen. Tiefgehendes, sehr dichtes Wurzelwerk. 2. Versuch: Stoppel mit geringem Unkrautbestand. Leicht kiesiger Sandboden.

Bodenfräse

Hersteller: Landmaschinenfabrik Hannover, Typ F 10-E 1; Fräsbreite 180 cm; Übersetzung Zapfwellendrehzahl: Fräswellendrehzahl = 5,05 : 1; 10 Messerscheiben mit je 6 in Gummi federnd befestigten Fräsmessern. Fräsmesser zweier benachbarter Messerscheiben um 24° in einer Richtung versetzt (Anordnung der Messer in Schraubenlinie).

Ackerschlepper

Hersteller Hanomag, Typ R 35/45; Bereifung 11-38 AS.

Elektronische Meßeinrichtung

Das Drehmoment an der Zapfwelle wurde mit einer in die Schiebewelle eingefügten elektrischen Meßnabe gemessen.

Diese Meßnabe enthält eine aus hochwertigem Stahl hergestellte Meßwelle, die mit vier unter 45° zur Achsrichtung geklebten Dehnungsmeßstreifen versehen ist. Die Dehnungsmeßstreifen sind derart zu einem halben Brückenarm einer Wheatstone'schen Brücke zusammengeschaltet, daß Temperatureinflüsse und Biegespannungen kompensiert werden und nur die dem Drehmoment direkt proportionale Verdrehung gemessen wird. Gespeist wird die Brücke über Silberschleifringe mit Wechselstrom von 4000 Hz. Der zweite Brückenarm ist zusammen mit dem Oszillator für die Speisespannung von 11 V und 4000 Hz Trägerfrequenz, dem Demodulator, Verstärker und Anzeigergerät in einer elektronischen Trägerfrequenz-Meßbrücke untergebracht. Da für die hier erforderlichen dynamischen Messungen das Zeigerinstrument der Meßbrücke ungeeignet ist, wird die demodulierte Ausgangsspannung der Meßbrücke dem Gleichspannungsverstärker eines mechanischen Schnellschreibers zugeleitet.

Die Messung der Schubkraft an der Ackerschiene erfolgte in ähnlicher Weise ebenfalls mit Hilfe von Dehnungsmeßstreifen. Hier waren die Dehnungsmeßstreifen so auf die Ackerschiene geklebt, daß die durch das Anhängegerät ausgeübten Schub- und Zugkräfte als Biegespannungen gemessen werden konnten. Gespeist und gemessen wurde wiederum mit einer elektronischen Meßbrücke, deren Ausgangsspannung auf einen zweiten Kanal des gleichen Schnellschreibers geschaltet war.

Zur Bestimmung der Zapfwellenleistung mußte die Drehzahl der Zapfwelle gemessen werden. Dazu war an einem Bügel ein elektrodynamischer Impulsgeber neben der Zapfwelle angebracht. Eine am Flansch des Kreuzgelenks befestigte Eisen spitze ging bei jeder Umdrehung der Zapfwelle einmal am Magnetkern des Gebers vorbei. Durch die damit erzeugte zeitliche Änderung des magnetischen Flusses wird in der Spule des Gebers eine elektrische Spannung induziert, die auf dem dritten Kanal des Schnellschreibers verstärkt wird und dann auf dem Schreibstreifen als nadelförmiger Impuls erscheint. Gleichzeitig wird auf dem Diagramm eine Zeitmarke registriert, so daß durch Auszählen der Impulse über einen beliebigen Zeitintervall die mittlere Zapfwellendrehzahl bestimmt werden kann.

Die Länge der Meßstrecke betrug 20 m. In Abständen von 3 m wurden zu beiden Seiten der Meßstrecke Niveaupflöcke eingeschlagen, und der Abstand vom Boden bis zu einer über die Pflöcke gelegten Meßplatte an 5 Punkten bestimmt. Nach Durchfahren der Meßstrecke wurde die Messung wiederholt. Die Differenz beider Messungen ergab dann die Frästiefe an 40 Punkten der Meßstrecke. Die Vielzahl der Meßpunkte gewährleistet, daß die aus ihnen errechnete mittlere Frästiefe hinreichend genau wird, um überhaupt eine Auswertung der Messungen mit der mittleren Frästiefe als Bezugsgröße zu ermöglichen.

Die Einstellung der Frästiefe erfolgte an der dafür vorgesehenen Spindel. Als Maß wurde die Anzahl der zwischen Spindelende und Mutter sichtbaren Gewindgänge gewählt.

V Versuchsergebnisse

Drehmoment an der Zapfwelle

Das an der Zapfwelle gemessene Drehmoment lag in seinem zeitlichen Verlauf für jede Meßfahrt vor. Durch Planimetrieren wurde der Mittelwert bestimmt. Er ist in den Tabellen 1 und 2 zusammen mit dem während der Meßfahrt absolut größten aufgetretenen Drehmoment eingetragen.

Für die Beurteilung der Beanspruchung der Zapfwelle und der nachfolgenden Kraftübertragungsglieder der Fräse ist es durchaus zulässig, das mittlere Drehmoment als Grundbelastung und die Differenz zwischen mittlerem Drehmoment und Maximaldrehmoment als Amplitude der überlagerten Wechselbelastung anzusehen. Die mittlere Wechselbelastung ist nämlich nur wenig kleiner als die zugrunde gelegte maximale Wechselbelastung. Bei der Berechnung liegt man dann immer auf der sicheren Seite.

Die Frequenz der Wechselbeanspruchung bewegt sich zwischen 6 und 8 Hz. Eine Abhängigkeit der Lastwechselfrequenz von der Zapfwellen- oder Fräswellendrehzahl oder auch der Anzahl der je Zeiteinheit arbeitenden Messer konnte nicht festgestellt werden.

Mittlere Leistungsaufnahme

Aus den Umdrehungsimpulsen und der Zeitmarke wurde die kleinste und größte Zapfwellendrehzahl für jede Meßstrecke bestimmt. Der Unterschied betrug nie mehr als 10 U/min; die zur Leistungsberechnung herangezogene mittlere Drehzahl ist also auf ± 5 U/min oder $\pm 1\%$ genau. Der Fehler bei der Bestimmung des mittleren Drehmomentes setzt sich zusammen aus dem Fehler der Meßanordnung ($\pm 6\%$) und dem Auswertefehler ($\pm 0,5\%$); der gesamte Fehler beträgt also $\pm 6,5\%$. Die mittlere Leistungsaufnahme, die aus der mittleren Drehzahl und dem mittleren Drehmoment berechnet wurde, kann daher nur mit einer Genauigkeit von $\pm 7,5\%$ angegeben werden.

Trotz neuer Messer war die Arbeit der Fräse auf dem ersten Versuchsgelände unbefriedigend. Die erwartete maximale Frästiefe von 18–20 cm wurde auch im langsamsten Gang bei $v = 1,1$ km/h nicht erreicht, wogegen die Leistungsaufnahme der Bodenfräse bis zur maximalen Schlepperleistung — also 45 PS — anstieg. Der bezüglich der Leistung unbefriedigende Versuch — er wurde in der Entwicklungszeit der Fräse gefahren — führte zu grundlegenden Erkenntnissen über die Messerform. Es gelang hierdurch, die Frästiefe bei ähnlich schwierigen Versuchsbedingungen (Binsen auf Moor und zähes Wurzelnetz) erheblich zu vergrößern.

Auf dem wesentlich leichteren Boden beim zweiten Versuch wurden dann Frästiefen bis zu 23 cm erzielt, ohne daß die Schlepperleistung voll ausgenutzt werden mußte.

Schubkraft an der Ackerschiene des Schleppers

Die an den Werkzeugen der Fräse auftretenden Kräfte — Schnittkraft und Beschleunigungskraft — haben eine große Horizontalkomponente, die sich als Schubkraft an der Ackerschiene des Schleppers bemerkbar macht. Diese Schubkraft wirkt erst bei genügender Frästiefe, wächst dann aber so stark, daß nicht nur keine Zugleistung mehr vom Schlepper aufgebracht werden muß, sondern sogar ein negativer Schlupf auftritt; das heißt der Schlepper wird von der Fräse schneller geschoben, als es der Motordrehzahl und dem eingelegten Gang entsprechen würde. Die volle Motorleistung kann jetzt über die Zapfwelle an die Bodenfräse abgegeben werden. Diese Leistung teilt sich auf in die eigentliche Fräseleistung und die Schubleistung. Die Schubleistung wächst aber nicht nur mit der Frästiefe, sondern auch mit der Fräsegeschwindigkeit, ist jedoch im Verhältnis zur Fräseleistung klein.

Bei den in dem leichteren Boden der zweiten Meßreihe erreichten größeren Frästiefen über das Konstruktionsmaß von 20 cm hinaus kommt allerdings die volle Schubkraft an der Ackerschiene nicht mehr zur Wirkung, da dann der Getriebekasten den Boden berührt und den Schub abbremst. Die an der Ackerschiene gemessene Kraft entspricht dann natürlich

nicht mehr der wirklichen Schubkraft der Fräse. Diese Meßpunkte sind daher sowohl in der Tabelle als auch in der graphischen Darstellung in Klammern gesetzt worden.

Abhängigkeit der Schlepperleistung von Frästiefe und Fräsegeschwindigkeit

Die Auswertung der Meßergebnisse mußte sich vor allem darauf erstrecken, einen Zusammenhang zwischen den einzelnen Meßgrößen zu finden und die Bezugsgrößen den ackerbaulichen Anforderungen entsprechend auszuwählen. Da Arbeitstiefe und Krümelbildung die wichtigsten Merkmale bei der Bodenbearbeitung durch Fräsen sind, sollen als Bezugsgrößen die Frästiefe und die Bissengröße herangezogen werden.

Während die Definition der Frästiefe eindeutig ist, weicht die bisher in der Literatur übliche Definition der Bissengröße von der Auffassung des Verfassers erheblich ab.

Bei der bisher gebrauchten Definition ist die Bissengröße, die in neueren Veröffentlichungen richtiger als Bissenweite bezeichnet wird, allein von der Vorschubgeschwindigkeit der Fräse abhängig. Es ist:

$$B' = \frac{v}{3600} \cdot \frac{60}{n_F} \cdot \frac{\varphi}{2 \cdot \pi} \cdot 10^{-2} \text{ (cm)} \quad (1)$$

($B' = DE$ in Abb. 1 und 2)

Sieht man von geringen Schwankungen der Motordrehzahl während einer Meßfahrt ab, so ist die Fräswellendrehzahl n_F konstant.

Da ebenso der Winkelabstand zwischen zwei Fräsmessern einer Messerscheibe konstant ist, läßt sich schreiben:

$$B' = k \cdot v \quad (2)$$

wobei $k = \frac{\varphi \cdot 10^{-2}}{120 \cdot n_F \cdot \pi}$ (2a)

Diese Angabe der Bissenweite läßt noch keinen Schluß auf die Krümelbildung zu, da bei gleichem B' die Krümelgröße mit der Frästiefe ansteigen wird. In der Literatur wird für jede Fräse noch die Umfangsgeschwindigkeit der Messerschneiden, also die Schnittgeschwindigkeit, angegeben, da sich aus Versuchen ergeben hat, daß die Krümelbildung mit wachsender Schnittgeschwindigkeit feiner wird.

Nach Ansicht des Verfassers wird der Bissen besser durch das von einem Fräsmesser während eines Schnittvorganges abgeschnittene Bodenvolumen definiert. Da die Messerbreite und damit auch die Bissenbreite konstant sind, genügt es auch, das Verhältnis

$$\frac{B}{b} = \frac{\text{Bissenvolumen}}{\text{Bissenbreite}}$$

als Definition zu benutzen.

Bei starren Werkzeugen wäre dann B/b gegeben durch die Fläche $A'ABC'B$ (Abb. 1). Der Bissen ist dann definiert durch:

$$\frac{B}{b} = 2 \cdot \int_{y_1}^{y_2} \int_{x_1}^{x_2} f(x, y) \, dx dy \quad (3)$$

wobei

$$f(x, y) = a \cdot \arccos \left(\frac{a-y}{c} \right) \pm \sqrt{c^2 - a^2 + 2ay - y^2} - x \quad (3a)$$

die Gleichung der verschlungenen Zykloide ($c > a$) ist. Die Lösung des Integrals lautet:

$$\begin{aligned} \frac{B}{b} = 2 \cdot \left[\frac{a^2 \varphi}{2} \cdot \left(\sqrt{c^2 - a^2 + 2ay - y^2} - (a-y) \arccos \frac{a-y}{c} \right) \right. \\ \left. + \frac{a \cdot \varphi}{2} \left(\frac{a-y}{2} \sqrt{c^2 - a^2 + 2ay - y^2} + \frac{c^2}{2} \arcsin \frac{a-y}{c} \right) \right. \\ \left. - \frac{a^2 \varphi^2}{8} y \right] \frac{a+t-c}{a-c} \quad (3b) \end{aligned}$$

Diese exakte Lösung hat den Nachteil, daß sie für den Gebrauch in der Praxis zu unhandlich ist. Eine gute Näherung ist:

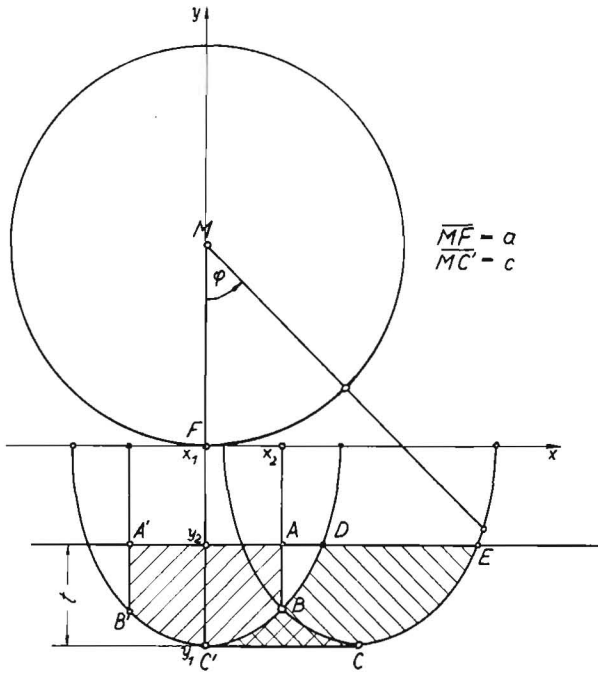


Abb. 1: Verschlungene Zyklode
 $\alpha = 1, c = 2$; Fläche $A'ABC'B' = DECB = DECC' = B/b$

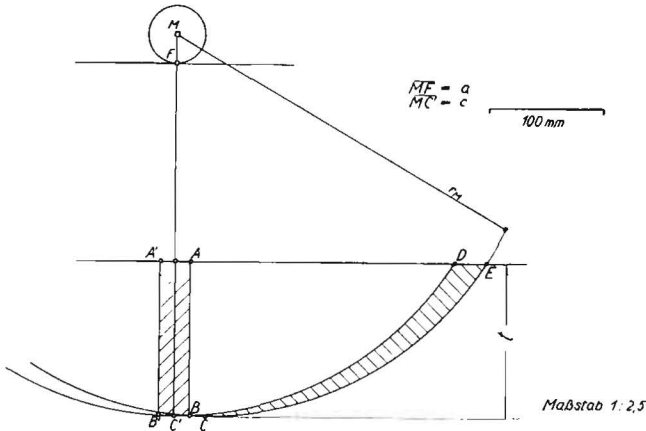


Abb. 2: Bahn der Fräsmesser der untersuchten Bodenfräse bei $v = 1,1 \text{ km/h}$ ohne Berücksichtigung der Federung

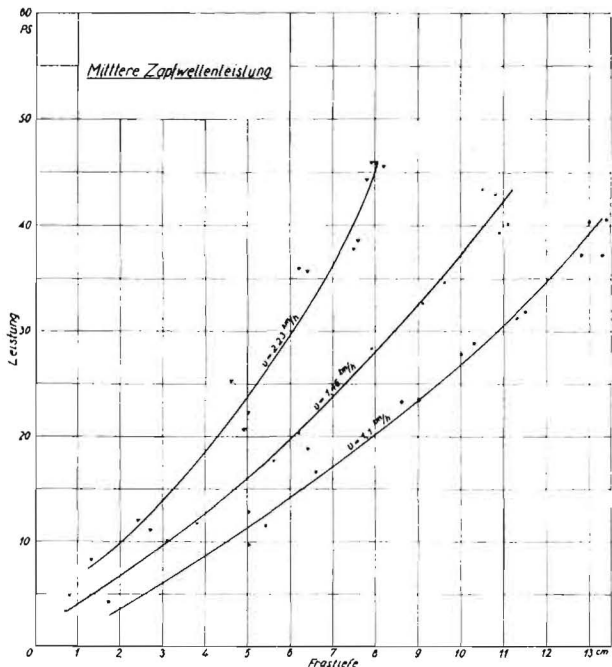


Abb. 3: Mittlere Zapfwellenleistung in Abhängigkeit von der Frästiefe (1. Versuch)

$$\frac{B}{b} = B' \cdot t = k \cdot v \cdot t \quad (4)$$

(Fläche $DECC'$ in Abb. 1 und 2)

Der Bissen wird dann um den in Abbildung 1 doppelt schraffierten Zwickel BCC' zu groß angegeben. Dieser Fehler ist aber für die bei Bodenfräsen üblichen Verhältnisse $a \ll c$ vernachlässigbar klein (Abb. 2).

Bei gefederten Werkzeugen wird die Bahn der Messerspitzen von der Zyklode abweichen. Schneidet das Messer in den Boden ein, wird der Momentanradius r gleich dem ursprünglichen Radius der Messerspitzen r_M sein. Je nach dem Schnittwiderstand des Bodens wird dann $r < r_M$ werden. Nehmen wir an, daß bei homogenem Boden die Änderung von r bei jedem Schnitt gleich ist, so bleibt auch für federnde Werkzeuge Gleichung (4) gültig.

In den graphischen Darstellungen wurde daher einmal die Frästiefe und zum anderen B/b als Bezugsgröße gewählt. Bei den Darstellungen mit der Frästiefe als Bezugsgröße erhält man Kurvenscharen mit der Geschwindigkeit v als Scharparameter. B/b ist eine Funktion von v und t und daher die allgemeinere Bezugsgröße, die statt der Kurvenscharen nur noch einfache Kurvenzüge liefert. Die Abbildungen 3 bis 6 zeigen die Diagramme für die erste Meßreihe, die Abbildungen 7 bis 10 für die zweite Meßreihe.

Alle Einzeldiagramme lassen sich in einem einzigen Leistungsnomogramm in einer für die Praxis geeigneten Form darstellen. Abbildung 11 zeigt das aus den Diagrammen des ersten Versuchs entwickelte Leistungsnomogramm. Im zweiten Versuch sollte nun speziell geklärt werden, ob die Gültigkeit dieses Nomogramms auch auf andere Bodenarten ausgedehnt werden kann. Dabei hat sich gezeigt, daß das Nomogramm wirklich für verschiedene Bodenarten zutrifft, wenn man einen Bodenfaktor x einführt und die Werte für Frästiefe, Bissengröße und Volumenleistung mit diesem multipliziert. Aus dem zweiten Versuch, der ja auf einem sehr leichten Boden gemacht wurde, ergibt sich ein Bodenfaktor von $x = 2,15$. Abweichungen treten nur bei kleinen Frästiefen unter 5 cm auf. Bei diesen geringen Tiefen wächst der Bodenfaktor bis auf 3,5 an, was durch die mit der Tiefe veränderliche Struktur des zuerst gemessenen Bodens erklärt werden kann.

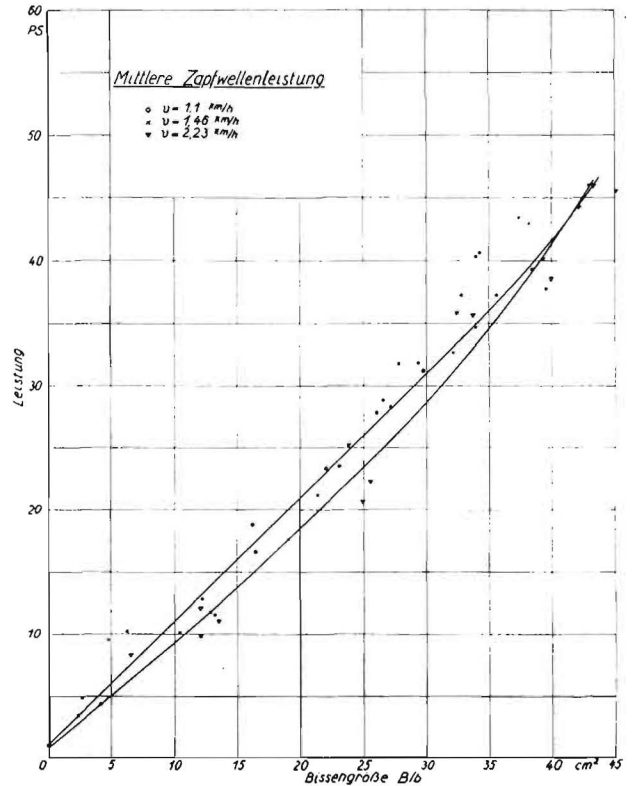


Abb. 4: Mittlere Zapfwellenleistung in Abhängigkeit von der Bissengröße (1. Versuch)

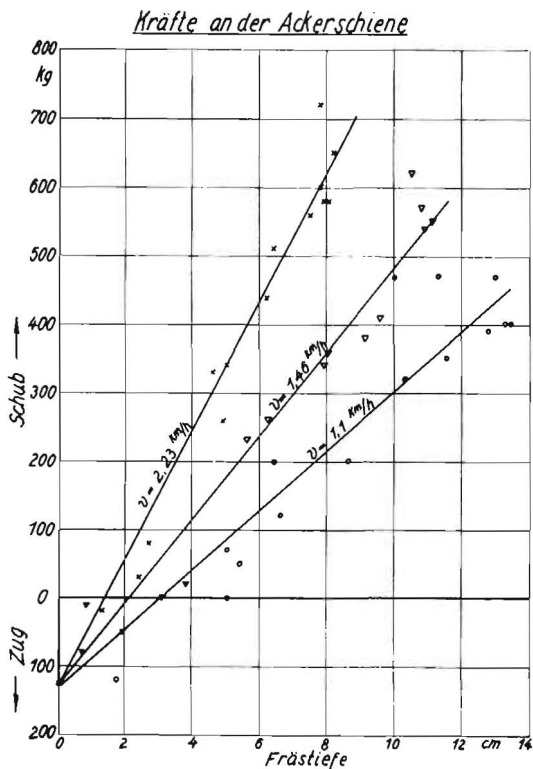


Abb. 5: Kräfte an der Ackerschiene in Abhängigkeit von der Frästiefe (1. Versuch)

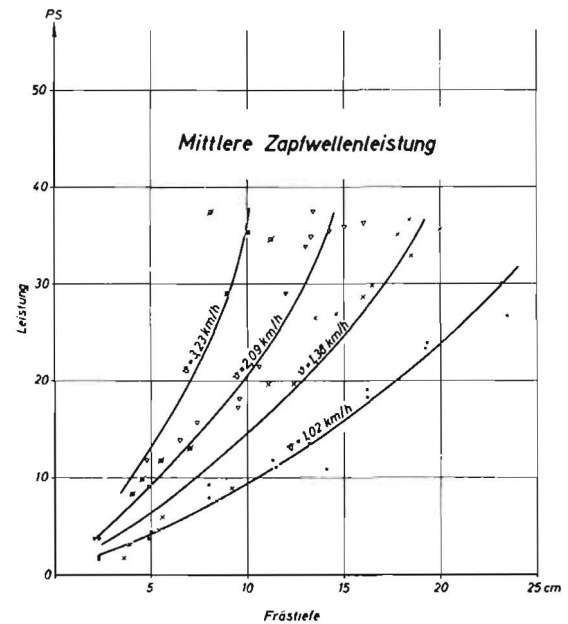


Abb. 7: Mittlere Zapfwellenleistung in Abhängigkeit von der Frästiefe (2. Versuch)

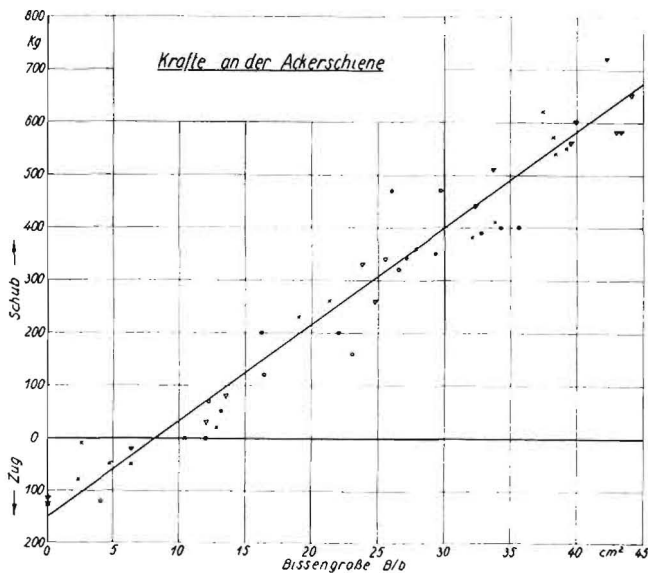


Abb. 6: Kräfte an der Ackerschiene in Abhängigkeit von der Bissengröße (1. Versuch)

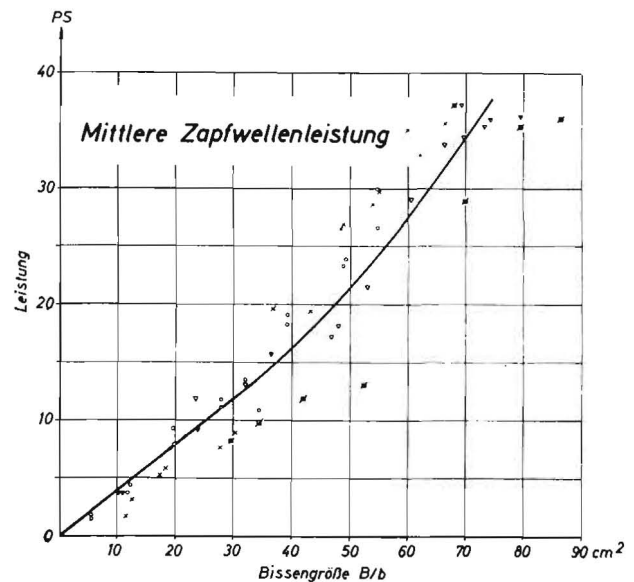


Abb. 8: Mittlere Zapfwellenleistung in Abhängigkeit von der Bissengröße (2. Versuch)

Die im Nomogramm angegebene Volumenleistung N_{vol} gibt ein Maß für das pro Stunde bearbeitete Bodenvolumen und ist wegen

$$N_{vol} = f \cdot v \cdot t \quad (\text{m}^3/\text{h}) \quad (5)$$

$$B \cdot b = k \cdot v \cdot t \quad (4)$$

$$N_{vol} = \frac{f}{k} \cdot \frac{B}{b} \quad (6)$$

direkt proportional der Bissengröße.

Eine Einschränkung beim Gebrauch des Nomogramms muß allerdings gemacht werden, um falsche Rückschlüsse zu vermeiden. Die größte erreichbare Frästiefe im langsamsten Gang muß bekannt sein. Sie kann durch Leistungssteigerung am Schlepper nicht überschritten werden, sondern allein durch weiteres Absenken der Fahrgeschwindigkeit. Inwieweit bei kleineren Fahrgeschwindigkeiten als 1,1 km/h die Frästiefe zunimmt, läßt sich aus den bisher durchgeführten Versuchen nicht ableiten, da einer immer weiteren Vergrößerung der Frästiefe schon durch den konstruktiven Aufbau der Bodenfräse bald eine Grenze gesetzt ist.

Um das Nomogramm auch für Fräsen mit anderer Arbeitsbreite verwenden zu können, wird es durchaus zulässig sein, Schlepperleistung und Volumenleistung proportional mit der Breite umzurechnen.

Zusammenfassung

Über die Größe der Leistungsaufnahme und Beanspruchung von Bodenfräsen gab es bisher nur wenig Unterlagen. Insbesondere für die neuentwickelte LFH-Bodenfräse F 10-E 1 mit 180 cm Fräsbreite und federndem Werkzeug lagen noch keine derartigen Angaben vor.

Die Versuchsaufgabe bestand also aus zwei Teilen:

- A. Messungen auf verschiedenen Böden bei mehreren Frästiefen und Fräsgeschwindigkeiten:
 1. Drehmoment an der Zapfwelle.
 2. Mittlere Leistungsaufnahme der Bodenfräse.
 3. Schubkraft der Bodenfräse an der Ackerschiene.
- B. Herstellung eines allgemein gültigen Zusammenhanges zwischen Frästiefe, Fräsgeschwindigkeit, Bissengröße, Volumenleistung und Schlepperleistung unter Berücksichtigung verschiedener Bodenarten.

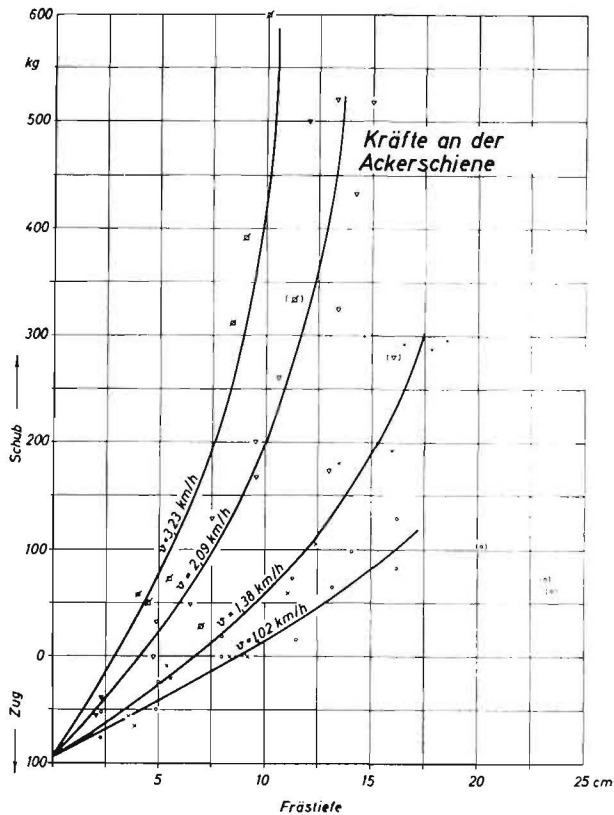


Abb. 9: Kräfte an der Ackerschiene in Abhängigkeit von der Frästiefe (2. Versuch)

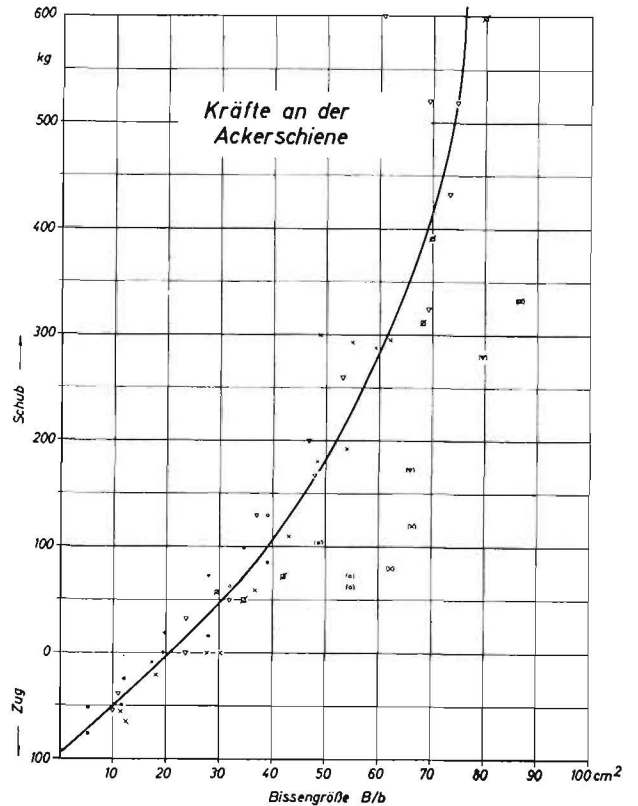


Abb. 10: Kräfte an der Ackerschiene in Abhängigkeit von der Bissengröße (2. Versuch)

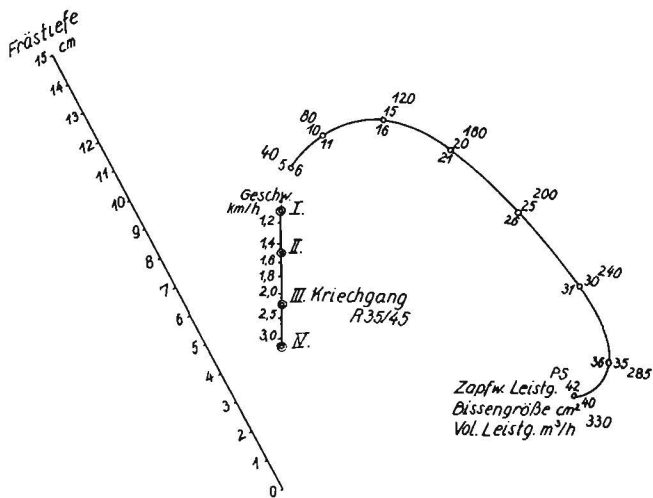


Abb. 11: Beispiel für ein Leistungsnomogramm der untersuchten Bodenfräse mit 180 cm Fräsbreite unter den Bedingungen des ersten Versuchs

Für die Messungen unter A war es besonders wichtig, die mittlere Frästiefe genau genug zu bestimmen, da die Frästiefe die einzig mögliche Bezugsgröße für alle übrigen Meßgrößen

ist. Durch sorgfältige Tiefenmessungen an 40 Einzelpunkten der 20 m langen Meßstrecke wurde diese Forderung erfüllt. Drehmoment, mittlere Leistungsaufnahme und Schubkraft der Bodenfräse sind in Einzeldiagrammen in Abhängigkeit von der Frästiefe aufgetragen. Es entstehen bei dieser Darstellungsweise Kurvenscharen mit der Fräsgeschwindigkeit als Scharparameter.

Um eine allgemein gültige Darstellung zu schaffen, schien es zweckmäßig, den Begriff der Bissengröße in Abweichung von den Literaturangaben neu zu definieren. Während bei der alten Definition die Bissengröße bei fester Fräswellendrehzahl nur von der Fräsgeschwindigkeit abhängig ist, wird in der neuen Definition die Bissengröße eine Funktion von Fräsgeschwindigkeit und Frästiefe. Bezieht man nun die oben genannten Meßgrößen auf diese neu definierte Bissengröße, so erhält man statt der Kurvenscharen einfache Kurvenzüge. Durch diese Vereinfachung konnte dann aus den Einzeldarstellungen ein Leistungsnomogramm für die untersuchte Bodenfräse aufgestellt werden, aus dem leicht die Abhängigkeit von Frästiefe, Fräsgeschwindigkeit, Bissengröße, Volumenleistung und Schlepperleistung abgelesen werden kann.

Durch zwei Parallelversuche auf einem extrem schweren und auf einem sehr leichten Boden konnte geklärt werden, daß das Leistungsnomogramm bei Einführung eines Bodenfaktors für Frästiefe, Bissengröße und Volumenleistung auch bei verschiedenen Bodenarten gültig ist.

Résumé:

Dipl.-Ing. B. Mursch, Hannover: „Untersuchungen an einer Bodenfräse.“

Dem Verfasser war die Aufgabe gestellt, an einer Bodenfräse bei mehreren Frästiefen und Fräsgeschwindigkeiten folgende Größen zu messen: Das Drehmoment an der Zapfwelle, die mittlere Leistungsaufnahme der Fräse und ihre Schubkraft an der Ackerschiene. Auf zwei verschiedenen Böden wurden insgesamt 104 Messungen durchgeführt und die Ergebnisse tabellarisch zusammengestellt. In Abweichung von der vorhandenen Literatur wird die Bissengröße als Funktion von Fräsgeschwindigkeit und Frästiefe definiert. Bezieht man darauf die gewonnenen Meßwerte, so ergeben sich einfache Kurvenzüge, die zu einem Leistungsnomogramm für die untersuchte Bodenfräse führen, aus dem die Abhängigkeit von Frästiefe, Fräsgeschwindigkeit, Bissengröße, Volumenleistung und Schlepperleistung leicht abgelesen werden kann. Nach Einführung eines Bodenfaktors ist dieses Nomogramm auch bei anderen Bodenarten gültig.

Dipl. Ing. B. Mursch, Hannover: "Cultivator Tests."

The author was given the task of measuring the output of a cultivator working at various depths and at various cutting speeds. The turning moment at the power shaft, the average power requirements of the cultivator and the power at the cutter were ascertained. A total of 104 measurements were made on two different types of surfaces and then tabulated. In contrast with previously recorded results, the size of the individual cuts of soil were defined as a function of the depth of cut and the working speed of rotation of the cultivator. The values thus obtained form simple curves and enable output nomograms to be made for the cultivator under test. The relations between depth of cut, cutting speed, size of individual cut, output by volume and tractor output can be easily read off from this nomogram. The introduction of a surface factor enables such a nomogram to be used with other types of surfaces.

Dipl.-Ing. B. Mursch, Hannover: «Essais d'une fraise.»

L'auteur a été chargé d'effectuer, sur une fraise, des mesures destinées à déterminer les facteurs suivants, en faisant varier la profondeur de fraissage et la vitesse de travail: Couple de la prise de force, puissance moyenne absorbée par la fraise, la poussée exercée sur la barre d'attelage. On a effectué, sur deux terrains différents, 104 mesures au total dont les résultats ont été reproduits sur des tableaux. En contradiction de la littérature courante, l'auteur considère que la portion de terre traitée par rotation de l'outil est fonction de la vitesse et de la profondeur de fraissage. En y rapportant les chiffres résultant des mesures, on obtient des courbes simples qui permettent l'établissement d'un nomogramme de puissance de la fraise examinée. Ce nomogramme permet de lire aisément la dépendance existant entre la profondeur de fraissage, la vitesse de travail, la portion de terre travaillée par rotation, le volume de terre brassée et la puissance du tracteur. Après avoir introduit un facteur caractérisant la texture de la terre, ce nomogramme peut servir également pour des terrains de structure différente.

Ing. dipl. B. Mursch, Hannover: «Investigaciones en una fresadora agrícola.»

Se había encargado al autor medir los valores siguientes en una fresadora agrícola, a profundidades y a velocidades de fresado distintas: El momento de giro en el eje de toma de fuerza, la absorción media de potencia de la fresa y su fuerza de empuje en la varagüta. Se efectuaron en total 104 mediciones en dos clases de terreno distintas, recogiendo los resultados en una tabla. En discrepancia de la literatura existente, el tamaño de bocado se define como función de velocidad y de profundidad de fresado. Refiriéndose a la misma, los valores medidos dan unas curvas sencillas que conducen a un nomograma de rendimiento para la fresadora ensayada, en él que se pueden leer con facilidad la dependencia de la profundidad y de la velocidad de fresado, el volumen de los bocados, el rendimiento-volumen y la potencia del tractor. Introduciéndose un factor tierra, este nomograma vale también para otras clases de terreno.

Obering. F. Kliefoth:

Der Einfluß der Reifengröße auf die Zugfähigkeit des Schleppers

Schlepperprüfffeld Marburg des KTL

Es muß als eine Tatsache angesehen werden, daß der Bauer dazu neigt, den Schlepper mit zu kleinen Reifen zu kaufen. Es ist hier nicht der Platz, die Ursachen hierfür aufzuzeigen. Hingegen soll an Hand von Meßergebnissen dargelegt werden, welchen Einfluß die Reifengröße auf die Zugfähigkeit eines Schleppers hat.

Die beste Zugfähigkeit und damit die höchsten Zugkräfte und günstigsten Zugleistungen hat ein Schlepper auf einer Betonstraße. Die hier erreichten Werte stellen das Maximum dar, das mit einem Schlepper an Zugkraft und Zugleistung erreicht werden kann. Es sind die Werte, die konstruktiv in die Maschine hineingelegt worden sind. Sie stellen das Maximum dar, weil die Fahrbahn ein Optimum an Haftfähigkeit ergibt. Deshalb geben diese Maximalwerte auf der Betonstraße einen guten Ausgangspunkt für Vergleiche mit den Zugleistungswerten, die auf Ackerböden erreicht werden können. Letztere müssen selbstverständlich niedriger liegen, allein schon wegen des höheren Fahrwiderstandes, aber aus dem Abstand zu den Maximalwerten der Betonstraße läßt sich auf die Güte oder Zweckmäßigkeit der Reifenausrüstung des Schleppers schließen.

Im Folgenden soll über die Ergebnisse aus einigen Versuchen berichtet werden, welche zwar nicht das Ziel hatten, den Einfluß des Reifens auf die Zugfähigkeit des Schleppers zu ermitteln, aber dennoch sehr klare Aufschlüsse hierüber gegeben haben.

Abbildung 1 zeigt die Zugleistungskurven und die zugehörige Schlupfkurve eines 30-PS-Schleppers, dargestellt über der Zugkraft, welche auf einer Betonstraße gemessen wurden. Im 1. und 2. Gang wurde die Zugkraft bei 2600 kg durch den Schlupf begrenzt, das heißt, die durch die konstruktive Festlegung der Fahrgeschwindigkeit mögliche Zugkraft konnte nicht erreicht werden. Eine Steigerung der Zugkraft wäre noch durch die Auslastung der Reifen bis zu ihrer maximalen Tragfähigkeit möglich gewesen. Im 3. Gang, dem Gang für die Ackerarbeiten bei diesem Schlepper, wurde die Zugkraft mit 1750 kg durch das Drehmoment des Motors begrenzt, das heißt, daß in diesem Gang die konstruktive Höchstzugkraft erreicht wurde. Die Zugleistung betrug hierbei 25,4 PS.

Mit dem gleichen Schlepper in der gleichen Ausrüstung wurden die gleichen Kurven auf einem Acker mit mittleren Verhältnissen bezüglich des Bodens und seines Zustandes aufgenommen. Es war eine Weizenstoppel auf einem milden, humosen Lehmboden ohne jeglichen Auswuchs. Der Boden war im Untergrund feucht und an der Oberfläche fast gänzlich abgetrocknet. Abbildung 2 zeigt die Ergebnisse dieser Messungen. Die maximale Zugkraft ist abgesunken von 2600 kg auf 1100 kg. Sie wurde jetzt nicht nur im 1. und 2. Gang durch den Schlupf begrenzt, sondern auch im 3., dem Arbeitsgang, in dem die erreichbare Zugkraft von 1750 kg auf 1100 kg herunterging und damit die Zugleistung von 25,4 PS auf 13,4 PS. Bezieht man diese Werte auf die Maximalwerte der Betonstraße, so

heißt dies, daß die maximal erreichbare Zugkraft auf dem Acker auf 42,5 % und diejenige des 2. Ganges auf 63 % ihres möglichen Wertes heruntergegangen ist, wobei darauf hinzuweisen ist, daß die Versuche keineswegs auf einem ungünstigen Boden durchgeführt wurden, sondern bei absolut durchschnittlichen Verhältnissen.

Was bedeuten diese Werte nun für den Einsatz des Schleppers, für den Landwirt? Aus anschließenden Versuchen mit einem Anhängerpflug hinter dem gleichen Schlepper auf dem gleichen Boden ergab sich ein mittlerer Pflugwiderstand von 55 kg/dm², so daß ein Pflugschar von 30 cm Breite bei einer Pflugtiefe von 20 cm eine mittlere Zugkraft von 330 kg erfordert. Zieht man von der maximalen, gemessenen Zugkraft eine Reserve für Steigungen bis 10 % ab, welche auch noch einen Anteil für harte Stellen beinhalten soll, so würde für den Pflug eine Zugkraft von 1100 kg — 280 kg (das Schleppergesamtgewicht betrug 2800 kg) = 820 kg zur Verfügung stehen. Somit kann der Schlepper nur einen Zweischar-Pflug ziehen. Selbst auf einem ebenen Acker mit dem gleichen Zustand wäre das Ziehen eines Dreischar-Pfluges nicht mit Sicherheit und nur mit einem sehr schlechten Wirkungsgrad möglich. Wie die Messungen zeigen, würde der Schlupf bei 990 kg Zugkraft 25 bis 26 % betragen, wobei ein sicherer Betrieb nicht mehr möglich ist. Jedes kleinste Hindernis, jede geringste Steigung würde die Räder zum Durchrutschen bringen. Bei den erwähnten Pflugversuchen konnte der Schlepper tatsächlich nur einen angehängten Zweischar-Pflug ziehen. Damit hierbei eine annehmbare Pflugleistung erzielt wurde, mußte im 4. Gang (7,2 km/h) bei gedrosselter Drehzahl gefahren werden, so daß die Leerfahrtgeschwindigkeit etwa 6 km/h betrug. Bei der entsprechenden Motordrehzahl konnte der Motor nur eine Leistung von maximal 25 PS abgeben. Das bedeutet, daß der 30-PS-Schlepper nur die Arbeit eines 25-PS-Schleppers verrichten konnte, daß 20 % seiner Nennleistung nicht ausnutzbar waren, weil die Zugfähigkeit der Reifen nicht ausreichte, die konstruktive Zugkraft des 3. Ganges von 1750 kg selbst unter Berücksichtigung eines höheren Fahrwiderstandes als auf der Betonstraße auch nur angenähert zu übertragen. Die konstruktive Zugkraft hätte für einen Vier-schar-Pflug ausgereicht, die Zugfähigkeit der Reifen gestattete jedoch nur die Verwendung eines Zweischar-Pfluges.

Es hätte nun die Möglichkeit bestanden, die Triebbräder um 100 kg höher bis zur Tragfähigkeitsgrenze bei 0,8 atü zu belasten. Damit wäre die maximale Zugkraft um etwa 50 kg erhöht worden. Auch dies hätte noch nicht für die Arbeit mit einem Dreischar-Pflug genügt.

Weiterhin wäre es möglich gewesen, die Reifen bis zur maximalen Tragfähigkeit bei 1,0 atü, also auf 2200 kg zu belasten. Beim Übergang auf einen höheren Luftdruck, um die Reifen höher belasten zu können, kann man jedoch nicht mehr mit der gleich günstigen Haftzahl für die Reifen rechnen. Es tritt dann ein abnehmender Zugkraftzuwachs ein, das heißt, das