

## Gedanken über Möglichkeiten einer realen Beurteilung der Auslastung von landwirtschaftlichen Schleppern, Maschinen und Aggregaten

Die Bezugsbasis „Hektar mittleres Pflügen“ (hm) und die ihr anhaftenden Unzulänglichkeiten stehen schon seit einiger Zeit in der Diskussion. Der Autor des anschließenden Aufsatzes behandelt die Frage der realen Auslastung von Schleppern und Landmaschinen auf der Basis des Vergleichs von Energieaufwand und Arbeitsergebnis als einer unbestechlichen Beurteilungsgrundlage. Von der technischen Seite her werden dazu Beispiele der Messung mechanischer Arbeiten gegeben und über die Arbeitsmethodik berichtet. Die Redaktion

### Warum ist eine reale Beurteilung der Auslastung landwirtschaftlicher Maschinen notwendig?

Die Probleme dieses Themas sollen einmal – losgelöst von den sonst unbedingt notwendigen betriebswirtschaftlichen Erwägungen – vom rein technischen Standpunkt aus betrachtet werden. Dabei wird versucht, einen Ausblick auf meßtechnische Möglichkeiten zu geben, die es wahrscheinlich machen, in absehbarer Zeit den Schritt von der als günstig erkannten Theorie in die praktische Anwendung zu tun.

Zur Zeit benutzt man bei den MTS zur Ermittlung der Auslastung des Schlepper- und Maschinenparks, zur Festlegung von Arbeitsnormen und Kraftstoffverbrauchsnormen usw. eine Tabelle mit Umrechnungskoeffizienten. Die Bezugsbasis ist der „Hektar mittleres Pflügen“ (hm). Mit Hilfe dieser Koeffizienten werden alle landwirtschaftlichen Arbeiten auf „hm“ umgerechnet, wobei bei bestimmten Arbeiten auch noch andere regulierende Faktoren in die Rechnung einbezogen werden. Die Umrechnungskoeffizienten sind größtenteils empirisch ermittelt und stellen somit durchschnittliche Erfahrungswerte dar. Die Auslastung des Maschinenparks wird an Hand der geleisteten „hm“ beurteilt. Diese Bezugsgröße ist die Grundlage für die Planung der Arbeiten der MTS, für den Bezirksplan, den Stationsplan, für Wettbewerbe und Leistungsvergleiche.

Für die Arbeits- und Kraftstoffverbrauchsnormen gibt es den Republik-Schichtnormenkatalog, der wahrscheinlich auch auf Erfahrungswerten, evtl. auf einzelnen Zugkraftmessungen aufgebaut wurde. Welche Widersprüche zwischen den Koeffizienten und beispielsweise den Kraftstoffverbrauchsnormen vorhanden sind, hat REICHENHEIM in einem kurzen Beitrag [1] dargelegt.

Auch von anderen Autoren aus Wissenschaft und Praxis wurde schon häufig auf die Mängel und Willkürlichkeiten der Berechnungsmethoden nach „hm“ hingewiesen. Die Nachteile sind also allgemein bekannt, und es wurde schon wiederholt darauf hingewiesen, daß die tatsächlich verrichtete mechanische Arbeit eine viel realere Basis abgeben würde [2].

In der Tat bietet der Vergleich zwischen der einem Aggregat – z. B. Schlepper und angehängter, zapfwellenbetriebener Arbeitsmaschine – zugeführten Energie und der beim Arbeitsprozeß tatsächlich verrichteten mechanischen Arbeit sowohl für die Forschung als auch für die Praxis eine unbestechliche Beurteilungsgrundlage.

Mit Hilfe des mechanischen Wärmeäquivalents können wir leicht aus der Kraftstoffmenge die einem Prozeß über ein Aggregat zugeführte Energie angeben. Sie ist nämlich

$$E = 427 \cdot H_u \cdot Q \quad [\text{kpm}], \quad (1)$$

wobei  $H_u$  unterer Heizwert des Kraftstoffes [kcal/kg],

$Q$  Kraftstoffmenge [kg],

427 kpm/kcal mech. Wärmeäquivalent

bedeuten.

\*) Institut für Landtechnik Potsdam-Bornim der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin (Direktor: Prof. Dr. S. ROSEGGER).

Wenn wir bei dem Beispiel bleiben – also Aggregat, bestehend aus Schlepper und angehängter zapfwellenbetriebener Arbeitsmaschine (Feldhäcksler) – so wird diese Energie im Schleppermotor in mechanische Arbeit umgesetzt.

Infolge der thermischen Verluste beim Kreisprozeß ist ein gewisser Energieanteil von vornherein verloren. Er soll hier durch den thermischen Wirkungsgrad des Kreisprozesses berücksichtigt werden und wir gehen dann von der effektiven Energie

$$E_{eff} = 427 \cdot H_u \cdot Q \cdot \eta_{th} \quad (2)$$

aus. Dieser effektiven Energie steht die gesamte beim Prozeß verrichtete mechanische Arbeit gegenüber.

$$E_{eff} = A_{ges} \quad (3)$$

Nun wird in einem Aggregat beim Arbeitsprozeß an den verschiedensten Stellen mechanische Arbeit geleistet. Das fängt an im Motor, dort muß zur Überwindung der Kolbenreibung der Kurbellager- und Kurbelwellenlagerreibung usw. Arbeit  $A_{Mot}$  aufgewendet werden. Ähnliche Reibungsarbeit wird im Getriebe  $A_{Getr}$  geleistet. Dann ist zur Eigenfortbewegung des Schleppers, also zur Überwindung seines Rollwiderstands, Arbeit  $A_R$  erforderlich. Weiterhin tritt Schlupf der Triebäder auf, wozu Arbeit  $A_{Schl}$  erforderlich ist. Endlich kommen wir zu den Anteilen der Gesamtarbeit, die über die Arbeitsmaschine abgegeben werden. Da muß erstens Arbeit zur Fortbewegung der Maschine, also reine Zugarbeit  $A_{Zug}$  am Haken verrichtet werden. Zweitens wird durch die Zapfwelle ein Energieanteil also Dreharbeit  $A_{Dreh}$  zum Antrieb der Arbeitsorgane geleistet. Wenn wir das zusammenfassen, können wir schreiben:

$$A_{ges} = A_{Mot} + A_{Getr} + A_R + A_{Schl} + A_{Zug} + A_{Dreh}. \quad (4)$$

Selbstverständlich kann man beispielsweise den letzten Arbeitsanteil weiter unterteilen in Arbeiten, die am Mähwerk, Förderband oder Häcksler usw. geleistet werden. Der Konstrukteur wird das bei der Erprobung seiner Maschine auch tun. Vorausgesetzt, es wäre möglich, diese einzelnen Arbeitsanteile oder auch bestimmte Summen dieser Arbeitsanteile sowie die Gesamtarbeit mit Hilfe einfacher Meßgeräte zu messen, so hätten wir eine Grundlage, das gesamte Aggregat und sein Verhalten beim Arbeitsprozeß nach vielen Gesichtspunkten zu beurteilen.

Dabei werden der Konstrukteur und der Betriebswirtschaftler verschiedene Gesichtspunkte heranziehen; aber beide können technisch begründete Schlußfolgerungen ziehen. Den Konstrukteur werden bei der Erprobung eines neuen Aggregates vor allem die Arbeitsanteile interessieren, die wir als Verlustarbeiten ansehen können, also die Arbeitsanteile, die nicht direkt bei der Bearbeitung des Bodens oder der Erntegüter auftreten. Er wird ihrer Ursache nachgehen und versuchen, diese Anteile so gering wie möglich werden zu lassen.

Der Betriebswirtschaftler dagegen hat es mit fertigen Aggregaten oder Maschinen zu tun. Er kann die Verlustarbeiten, die für jede Maschine spezifisch sind, kaum beeinflussen, daher werden ihn in der Hauptsache die direkt für den Arbeitsprozeß erforderlichen Arbeitsanteile interessieren. Beim Einsatz verschiedener Aggregate für den gleichen Arbeitsprozeß

kann er leicht feststellen, welches Aggregat mit geringerem Energieaufwand arbeitet; oder wenn er das gleiche Aggregat unter verschiedenen Bedingungen einsetzt, wird er diese Arbeitsbedingungen nach ihrem erforderlichen Arbeitsbedarf einstufen können. Da es sich hierbei um Vergleiche handelt, dürfte es zweckmäßig sein, die Arbeit auf die bearbeitete Menge, also auf  $m^3$  (bei der Bodenbearbeitung) oder  $kg$  (bei Erntevorgängen o. a.) zu beziehen und eine spezifische Arbeit zu definieren

$$a_1 = \frac{A}{V} \text{ [kpm/m}^3\text{]} \quad (5a), \quad a_2 = \frac{A}{Q} \text{ [kpm/kg]}. \quad (5b)$$

Man kann aber mit Hilfe der Arbeitsmessung auch feststellen, ob durchschnittlich die Leistungsfähigkeit eines Schleppers gut oder schlecht ausgenutzt wurde. Wird z. B. die mechanische Gesamtarbeit während einer Schicht gemessen und diese dann durch die reine Arbeitszeit während der Schicht dividiert, so erhält man die durchschnittliche Leistung. Man setzt sie ins Verhältnis zur Nutzleistung des Schleppers und erhält den Ausnutzungskoeffizienten.

Es ist einleuchtend, daß Normen, die auf den gemessenen spezifischen Arbeiten beruhen, realer sind als die z. Z. praktisch angewandten Koeffizienten in bezug auf „hm“.

### Wie kann man die mechanische Arbeit messen?

Mechanische Arbeit ist das Produkt aus Kraft und Weg (Zugarbeit), beziehungsweise aus Drehmoment und Drehwinkel (Dreharbeit).

$$dA = P \cdot ds \quad (6a), \quad dA = M d\varphi, \quad (6b)$$

wobei

$$P = f(s) \quad M = f(\varphi)$$

ist.

Kraft und Drehmoment sind bei unseren landwirtschaftlichen Prozessen variable Größen, sie verändern sich in Abhängigkeit vom Weg bzw. vom Drehwinkel.

In Gl. (6) wurde aus diesem Grund auch nur ein Arbeitselement für das sehr kurze Wegelement  $ds$  bzw. das kleine Winkelement  $d\varphi$  angegeben, für die die Kraft bzw. das Moment konstant angenommen werden kann. Will man die Arbeit während eines bestimmten längeren Weges oder eines bestimmten größeren Drehwinkels haben, so muß man die Ausdrücke integrieren:

$$A = \int P ds \quad (7a), \quad A = \int M d\varphi. \quad (7b)$$

Die mechanische Arbeit setzt sich, wie wir hier sehen, aus drei Teilen zusammen: Kraft, Weg und Integrationsvorgang bzw. Moment, Drehwinkel und Integrationsvorgang. Ein Arbeitsmeßgerät wird daher auch drei Teile aufweisen müssen:

Einen Geber für die veränderliche Kraft bzw. das veränderliche Moment: einen Geber für den Weg bzw. den Drehwinkel und ein Rechengetriebe, das den Integrationsvorgang durchführt. Zugkraftmesser für veränderliche Zugkräfte und auch Drehmomentmesser für den Einsatz in der Landtechnik sind vorhanden. Den Weg kann man leicht von einem Laufrad, das möglichst schlupffrei laufen muß, abnehmen, und den Drehwinkel nimmt man von der das Drehmoment übertragenden Welle ab. Es fehlt also noch ein robustes und unempfindliches Integrationsgetriebe, das den rauen Einsatz in der Praxis aushält und genügend genau arbeitet.

Bekannte Integrationsgetriebe arbeiten vielfach nach dem Prinzip der Reibungsvarioren. Auch SCHLICHTING [2] hat für seinen Zugkraftmesser ein solches Reibradgetriebe eingesetzt (Bild 1).

Die horizontale Treibscheibe wird vom Vorderrad des Schleppers, also proportional dem Weg, angetrieben. Das Reibrad wird über einen Bowdenzug vom Zugkraftmesser in Abhängigkeit von der Zugkraft verstellt. Je größer die Zugkraft ist, um so schneller dreht sich das Reibrad, denn auf einem um so größeren Umfang der Treibscheibe rollt es ab. Die Umdrehungen des Reibrades sind das Maß für die mechanische Arbeit, sie werden in dem Zählwerk festgehalten. Die Drehzahl

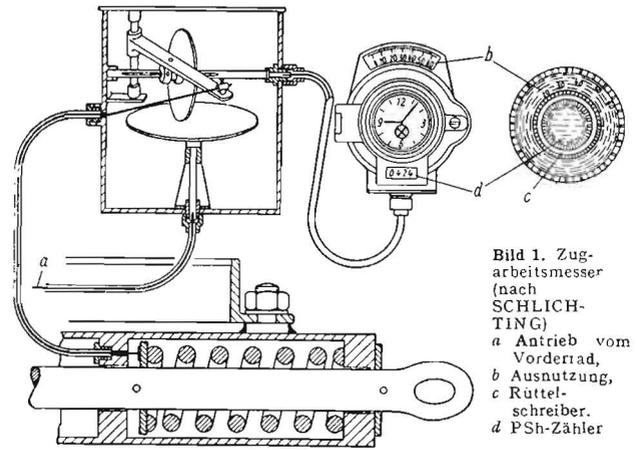


Bild 1. Zugkraftmessers (nach SCHLICHTING)  
a Antrieb vom Vorderrad, b Ausnutzung, c Rüttelschreiber, d PSN-Zähler

(U/min) des Reibrades ist ein Maß für die augenblickliche Leistung. Die Tachometerskala zeigt also die Leistung an, was zur Beobachtung der augenblicklichen Ausnutzung herangezogen werden kann. Leider haben diese Reibradgetriebe immer Schlupf, der sich gerade bei diesem Verwendungszweck, wo relativ schnell veränderliche Kräfte und Momente auftreten, sehr nachteilig auswirkt. Der Schlupf bleibt nicht konstant, sondern ist von verschiedenen Faktoren abhängig, wie Geschwindigkeit, Druck auf die Reibräder, Reibungskoeffizienten und vor allem der Verstellgeschwindigkeit.

### Zug- und Dreharbeitszähler nach Prof. SCHWAZABAJA (Sowjetunion)

Auf einer Studienreise wurden kürzlich im Institut für Landmaschinenlehre der georgischen landwirtschaftlichen Hochschule in Tiflis rein mechanisch arbeitende Zug- und Dreharbeitszähler gezeigt, die besonders deshalb von Interesse waren, weil sie zu einem einheitlich aufgebauten Meßgerätesatz für landtechnische Zwecke gehörten. Diese beiden Arbeitszähler sollen kurz beschrieben werden (Bild 2).

Die rechte Seite der schematischen Darstellung zeigt den Zugkraftgeber. Als druckempfindliches Element dient eine Schraubenfeder. Er besteht aus einem zylindrischen Gehäuse 1, mit dem die Zugöse 16 fest verbunden ist. Zugstange 5 mit Flansch 8 und der anderen Zugöse 6 bewegt sich, in den Geleitschienen 12 mittels der Rollen 11 geführt, im Gehäuse 1, wobei sich der Flansch 8 über die Schraubenfeder 2 am Gehäuseboden abstützt. Am Flansch 8 ist der Bowdenzug 25 befestigt, der den Federweg, der sich proportional der Zugkraft ergibt, auf das Integrationsgetriebe überträgt. Zum Zugkraftmesser gehören zwei ineinandersteckbare Schraubenfedern. Da die Federn einzeln oder zusammen eingesetzt werden können, besitzt der Zugkraftmesser drei Meßbereiche. Auf der linken Hälfte der schematischen Darstellung ist das Integrationsgetriebe zu sehen. Es arbeitet folgendermaßen: Ein Exzenter 56 wird vom Weggeber – er ist hier nicht eingezeichnet, da es sich nur um ein Laufrad und eine von diesem irgendwie übersetzt angetriebene biegsame Welle handelt – proportional dem Weg in Drehung versetzt. Jede Umdrehung des Exzenters entspricht also einem kleinen Wegelement  $\Delta s$ . Durch die Exzenterbewegung kommt die Antriebsschwinge 40 eines Viergelenkgetriebes in schwingende Bewegung. Die Koppel 36 des Viergelenkgetriebes ist verstellbar. Ihre Ver-

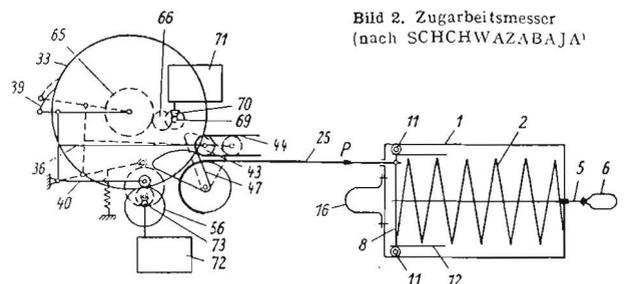


Bild 2. Zugkraftmessers (nach SCHWAZABAJA)

stellung geschieht proportional der Kraft. Bei der Kraft Null befindet sich der untere Gelenkpunkt der Koppel im gestellfesten Drehpunkt der Antriebsschwinge, so daß trotz Schwingbewegung der Antriebsschwinge die Koppel in Ruhe bleibt. Bei einer endlichen Kraft verschiebt sich der untere Gelenkpunkt der Koppel längs der Antriebsschwinge. Infolgedessen wird bei Bewegung der Antriebsschwinge die Abtriebsschwinge 39 über die Koppel ebenfalls in schwingende Bewegung versetzt. Mit der Abtriebsschwinge 39 ist ein doppeltes Klinkenschaltwerk verbunden, das ein im Drehpunkt der Abtriebsschwinge gelagertes Sperrrad 33 antreibt. Die Drehbewegung des Sperrades ist proportional der Arbeit, die Umdrehungen werden über Zahn- und Kegelräder 65, 66, 69, 70 auf eine Zähluhr 71 übertragen, deren Anzeige die Maßzahl für die verrichtete Arbeit angibt. An die Exzenterwelle ist über ein Kegelradpaar 73 noch eine Zähluhr 72 angeschlossen, deren Anzeige zur Kontrolle die Maßzahl für den zurückgelegten Weg angibt.

Es sei erwähnt, daß dieses Rechengetriebe, genau genommen, kein reines Integrationsgetriebe darstellt, denn es werden praktisch die Produkte aus der mittleren Kraft während des kleinen, aber endlichen Weges  $\Delta s$  und diesem Weg  $\Delta s$ , der bei einer halben Umdrehung der Exzenterwelle zurückgelegt wird, summiert.

Bei der Arbeit ist der Bowdenzug 25 mit dem Rechengetriebe gekoppelt. Er ist um eine Trommel herumgeschlungen. Mit dieser Trommel ist eine Kurvenscheibe 47 fest verbunden, die die mit der Koppelstange des Viergelenkgetriebes verbundene Rolle 43 längs der Führung 44 verschiebt. Die Kurvenform der Kurvenscheibe ergibt sich aus Linearitätsbedingungen.

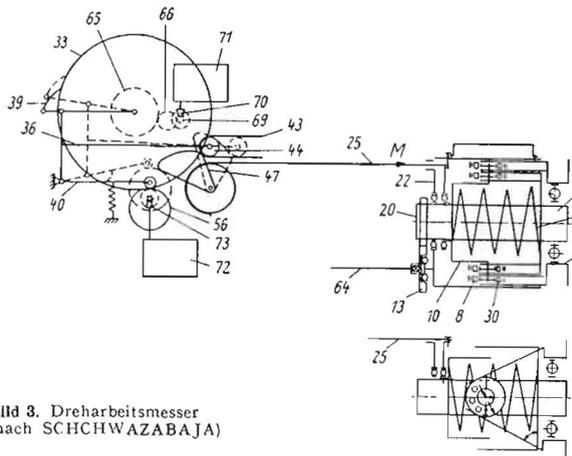


Bild 3. Dreharbeitsmesser (nach SCHCHWAZABAJA)

Bild 3 zeigt eine schematische Darstellung des Dreharbeitszählers. Das Rechengetriebe ist das gleiche. Als Momentgeber dient der rechts gezeigte Drehmomentmesser. Dieser besitzt als druckempfindliches Element ebenfalls eine Schraubenfeder. Bei Belastung werden Welle 3 und Flansch 1 gegeneinander verdreht. Die Verbindung zwischen Welle und Flansch wird über die Brücke 10 hergestellt. Diese Brücke besitzt zwei Paar übereinanderliegende Rollen. Die inneren Rollen 8 (Kugellager) werden in Längsnuten eines mit der Welle starr verbundenen Flansches geführt. Die äußeren Rollen 30 stützen sich auf Schraubenflächen ab, die fest mit dem Flansch 1 verbunden sind. Bei Belastung laufen die äußeren Rollen auf den Schraubenflächen auf, wobei die Brücke auf den festen Flansch der Welle zu bewegt wird. Zwischen Brücke und festem Flansch wirkt die Schraubenfeder 7. Die Bewegung der Brücke dauert an, bis die Umfangskraft an den äußeren Rollen infolge des Drehmoments mit der Federkraft im Gleichgewicht ist. Die Größe der Relativbewegung der Brücke gegenüber der Welle ist das Maß für die Größe des Drehmoments. An der Brücke ist daher über ein Lager der Bowdenzug 25 angelenkt, der dieses Maß an das Rechengetriebe weitergibt. Das Ganze wird umschlossen von einem Gehäuse 22, in dem

sich Welle und Flansch zwar frei drehen, aber nicht längs verschieben können. Zur Abnahme der Drehzahl wird von einem auf der Welle sitzenden Zahnrad 20 ein im Gehäuse gelagertes Ritzel 13 angetrieben, auf das eine biegsame Welle 64 aufgesteckt wird.

Bowdenzug 25 wird wie beim Zugarbeitszähler mit dem Rechengetriebe verbunden, während die biegsame Welle 64 den Exzenter des Rechengetriebes antreibt. Dieses führt nun die Integration des Drehmoments über den Drehwinkel aus, und man kann auf der Zähluhr 71 die Maßzahl für die geleistete Dreharbeit ablesen. Die Zähluhr 72 zeigt die Anzahl der Umdrehungen der arbeitenden Welle an.

Eine Gesamtansicht des Dreharbeitszählers zeigt Bild 4. Man kann rechts den Drehmomentmesser erkennen, von dem der Bowdenzug und die biegsame Welle zum Rechengetriebe (links) führen.

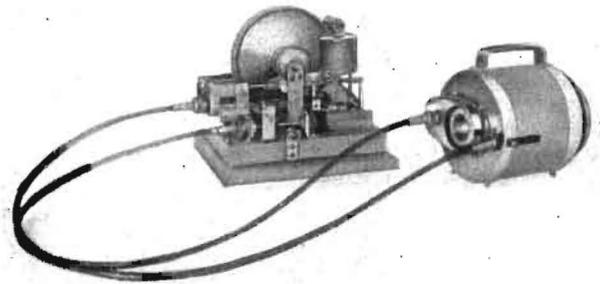


Bild 4. Dreharbeitszähler (nach SCHCHWAZABAJA)

Der Vollständigkeit halber sei noch ein Tiefenmesser erwähnt, der bei der Bodenbearbeitung zur Ermittlung der durchschnittlichen Arbeitstiefe und damit zur Ermittlung des bearbeiteten Bodenvolumens benutzt werden kann (Bild 5).

Mit dem Rahmen des Bodenbearbeitungsgerätes 1 wird das Gestell 2 des Tiefenmessers fest verschraubt. Im Gestell kann sich ein Stempel 3, in dem das Tastrad 4 gelagert ist, verschieben. Tastrad 4 läuft auf der unbearbeiteten Bodenoberfläche. Eine Keilfläche am Stempel verschiebt entsprechend dem Tiefgang  $t$  eine Druckrolle 5. Die Verschiebung dieser Druckrolle wird über den Bowdenzug 25 auf ein Schreibwerk oder das Rechengetriebe übertragen. Wenn man den Bowdenzug an das Rechengetriebe anschließt und gleichzeitig die Exzenterwelle wegproportional antreibt, kann auf der Zähluhr das Produkt aus Arbeitstiefe und Weglänge abgelesen werden. Man braucht das Ergebnis nur noch mit der Gesamtarbeitsbreite zu multiplizieren, um das bearbeitete Bodenvolumen zu erhalten. Wird dagegen die Anzeige der Zähluhr durch die Weglänge dividiert, so erhält man die durchschnittliche Arbeitstiefe.

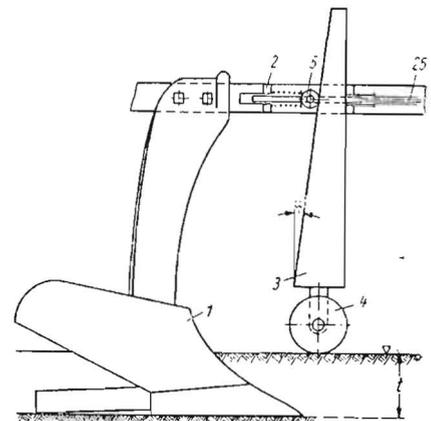


Bild 5. Tiefenmesser (nach SCHCHWAZABAJA)

Für die Ermittlung der Zug- und Dreharbeit angehängter zapfwellenbetriebener Maschinen wurde ein Meßwagen gebaut, der zwischen Schlepper und Maschine eingehängt wird. Auf Bild 6 sieht man die eingebauten Zug- und Dreharbeitszähler.

Wir haben gesehen, daß es technische Möglichkeiten gibt, sowohl die Zugarbeit als auch die Dreharbeit zu messen, obwohl man über die technische Ausführung der Meßgeräte beim eben erwähnten Beispiel durchaus noch diskutieren kann.

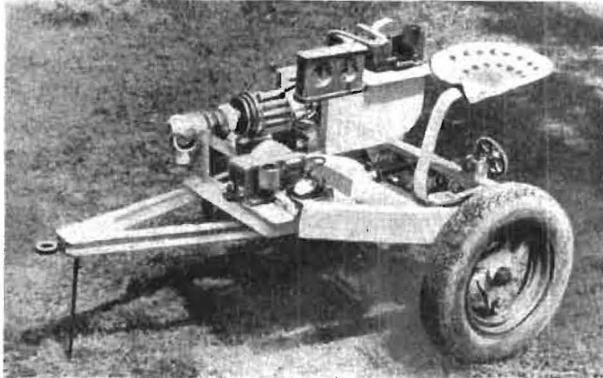


Bild 6. Meßwagen (nach SCHCHWAZABAJA)

Auch in der Abteilung Meßtechnik des Instituts für Landtechnik Potsdam-Bornim wird versucht, für die dort entwickelten hydraulischen Zugkraft- und Drehmomentmesser eine Recheneinrichtung zu entwerfen, um diese Geräte als Zug- oder Dreharbeitszähler einsetzen zu können.

#### Wie kann man die gegebenen Meßmöglichkeiten praktisch verwerten?

In der Einleitung wurde ganz allgemein etwas über die Beurteilungsmöglichkeiten gesagt, die die Messung der mechanischen Arbeiten bietet. Wie wird man diese Möglichkeiten praktisch nutzbar machen können, vorausgesetzt, es gäbe bereits betriebs sichere und genügend genaue Arbeitsmesser?

Man muß hier prinzipiell zwischen der Anwendung für die Forschung und Entwicklung und dem Einsatz in der breiten Praxis unterscheiden.

Der Arbeitsmesser liefert für beide Anwendungsgebiete, wenn man aus der angezeigten Arbeit die spezifische Arbeit oder die Leistung berechnet, Durchschnittswerte über beliebig lange Zeiten. Der Arbeitsmesser zählt beispielsweise die während einer ganzen Schicht oder einer Woche verrichtete mechanische Arbeit, woraus dann die durchschnittliche Schichtleistung bzw. Wochenleistung berechnet werden kann. Durch diese über lange Zeiten ausgedehnte Mittelwertbildung eliminieren sich von selbst alle zufälligen Schwankungen der Zugkraft oder des Drehmoments. Wer schon einmal Maschinenuntersuchungen im praktischen Einsatz durchgeführt hat, der weiß, welcher Arbeits- und Zeitaufwand notwendig ist, um aus den auf kurzen Meßstrecken gewonnenen Ergebnissen einigermaßen gesicherte Durchschnittswerte zu erhalten. Es ist nun aber trotzdem nicht so, daß mit dem Arbeitsmesser keine Momentanwerte festgehalten werden könnten. Das Zählwerk des Arbeitszählers braucht nur mit einem Tachometer verbunden zu werden, wie es SCHLICHTING schon gemacht hat, und wenn man die Tachometeranzeige von einem entsprechend gedämpften Schreibwerk auf einen Diagrammstreifen aufzeichnen läßt, erhält man eine Leistungskurve. Hieraus kann man dann kurzzeitige Leistungsspitzen ablesen, die bei der Auslegung einer Maschine natürlich berücksichtigt werden müssen. Gleichzeitig können auch Zugkraft- und Drehmomentdiagramme aufgezeichnet werden.

Wir wollen noch einmal die Summe der Arbeitsanteile anschauen Gl. (4).

$A_{ges}$  läßt sich nicht direkt messen. Baut man einen ersten Dreharbeitszähler zwischen Motor und Getriebe ein, so zeigt dieser an:

$$\underbrace{A_{ges} - A_{Mot}}_{A_1} = A_{Getr} + \underbrace{A_R + A_{Schl}}_{A_{A1} + A_{A2}} + \underbrace{A_{Zug}}_{A_2} + \underbrace{A_{Dreh}}_{A_3} \quad (8)$$

Ein Zugarbeitszähler am Haken und ein Dreharbeitszähler auf der Zapfwelle sind sehr leicht einzuschalten, womit wir die auf das Arbeitsgerät übertragenen Arbeiten erhalten. Weiterhin ist es möglich, an jedem treibenden Rad einen Dreharbeitszähler anzubringen, dessen Summe der Anzeigen die Summe der beiden Komponenten „Arbeit infolge Rollwiderstand des Schleppers“ und „Schlupfarbeit“ angibt. Auf diese Art und Weise lassen sich die einzelnen Arbeiten eliminieren, ja man kann auch, indem auf weitere treibende Wellen der Arbeitsmaschine Dreharbeitszähler aufgesetzt werden, Teilarbeiten für den Antrieb bestimmter Arbeitsorgane messen. So ist es dem Konstrukteur möglich, durch Auswertung des Zahlenmaterials eine genaue Verlustteilung seiner neuentwickelten Maschine aufzurechnen. Diese Verlustteilung hat ihren besonderen Wert dadurch, daß sie auf Durchschnittswerten aus längerem praktischen Einsatz basiert. Soweit die Einsatzmöglichkeiten der Arbeitsmesser für den Ingenieur.

Der Betriebstechniker wird vielleicht sagen, es genügt, einen Dreharbeitszähler zwischen Motor und Getriebe oder noch besser hinter dem Getriebe einzubauen, um die Summe der variablen Arbeitsanteile die im Motor und Getriebe verbrauchte Arbeit ist nur wenig von der Einsatzart abhängig und daher für jeden Schleppertyp quasi eine Konstante - zu erhalten. Mit jedem Schleppertyp und allen gebräuchlichen Maschinen werden nun unter den verschiedensten Einsatzbedingungen Arbeitsmessungen durchgeführt. Mit den gewonnenen Ergebnissen korrigiert man den Republik-Schichtnormenkatalog sowie die Umrechnungskoeffizienten und stellt sie dadurch auf eine objektive Basis.

Diese umfangreichen Arbeitsmessungen sollten durchgeführt werden, weil sie sehr wertvolles Material über den Arbeitsbedarf, den Zugkraftbedarf, die erforderliche Leistung der Maschinen bei den verschiedenen Arbeitsarten ergeben und zwar schneller und bequemer als das bisher mit den Zugkraftmessungen und dem damit verbundenen mühsamen Ausplanimetrieren der Diagramme möglich ist.

Ob aber der Normenkatalog durch eine solche Maßnahme wirklich viel verbessert werden kann, ist zu bezweifeln. Der Katalog kann immer nur Durchschnittswerte angeben, ob er nun auf Grund von Erfahrungswerten oder Meßergebnissen aufgestellt wurde. Eine Berücksichtigung der vielfältig unterschiedlichen sowie standort- und witterungsbedingten Einsatzverhältnisse beim jeweiligen tatsächlichen Arbeitseinsatz läßt sich auf diese Art und Weise nicht erreichen.

Man sollte daher erwägen, jeden Schlepper serienmäßig mit einem betriebssicheren Arbeitszähler auszurüsten. Für die Aufstellung standortbedingter Normen kann dies eine wesentliche Erleichterung für die Stationen bedeuten, und man kann dann die Auslastung des Schlepper- und Maschinenparks an Hand der Zahlenangaben der Arbeitszähler kontrollieren.

Wenn gleichzeitig in der schon beschriebenen Art ein Leistungsanzeiger angeschlossen wird, kann der Traktorist jederzeit die Auslastung seines Schleppers beobachten.

Es ist selbstverständlich, daß die Arbeitsmessung allein nicht ausreicht, um den Einsatz von Maschinenaggregaten und die Aufstellung von Normen zu beurteilen, aber es sollte ja im Rahmen dieses Aufsatzes nur auf die technische Seite dieses Problems eingegangen werden.

#### Zusammenfassung

Die Beurteilung der Auslastung von landwirtschaftlichen Schleppern, Maschinen und Aggregaten findet eine reale Grundlage im Vergleich zwischen aufgewandter Energie und

(Schluß auf S. 535)

## Ein neuer hydraulischer Zugkraftmesser

*Die Ermittlung von Zugkräften gehört nach wie vor zu den wichtigsten Aufgaben der Landtechnik, da diese nicht nur Aufschluß über den Energie- und Kraftbedarf geben, sondern vor allem auch die Grundlagen zur Schaffung der dringend benötigten technischen Kenngrößen liefern. Aus diesem Grunde wurde in der Abteilung Meßtechnik des Instituts für Landtechnik Potsdam-Bornim ein neuer Zugkraftmesser entwickelt und gebaut, der den durch die fortschreitende Technisierung bedingten erhöhten Anforderungen besser gerecht wird als die z. Z. üblichen Geräte.*

Für eine Maschinenprüfung während des praktischen Einsatzes, etwa im Rahmen der Prüfgruppen der MTS, kommen von den heute bekannten Zugkraftmessern nur mechanisch oder hydraulisch arbeitende in Betracht. Die elektrischen oder elektronischen Geräte verlangen auf Grund ihrer Kompliziertheit zur Bedienung und Wartung z. Z. noch Spezialkräfte. Während auf diesem Gebiete also mit den neuesten und modernsten Meßgeräten gearbeitet wird, werden bei der allgemeinen Maschinenprüfung die bisher üblichen mechanischen und hydraulischen Zugkraftmesser den Anforderungen nur bedingt gerecht. Sie werden fast ausnahmslos als loses Glied zwischen Schlepper und angehängtem Gerät eingeschaltet und können dadurch weder die senkrecht oder quer zur Zugrichtung auftretenden Kräfte abfangen noch das angehängte Gerät spurhaltig und mit gleichbleibender Arbeitstiefe führen, was aber vor allem bei Zapfwellenantrieb notwendig ist. Auch können negative Zugkräfte, die beim Zurückstoßen oder bei Talfahrten auftreten, nicht übertragen werden. Bei der Neukonstruktion, die auf der Grundlage des von MARKS geschaffenen Zugkraftmessers aufbaut, sind diese eben genannten Nachteile behoben. Außerdem wurden gleichzeitig noch eine Reihe anderer Forderungen, wie bequem veränderbarer Anzeigebereich oder robuste und stabile aber dennoch handliche Bauweise, erfüllt.

Der Zugkraftmesser arbeitet hydraulisch, wodurch genügend große Verstellkräfte zum Betrieb eines Schreibgerätes zur Verfügung stehen und Übersetzungen in praktisch beliebiger Größe möglich sind.

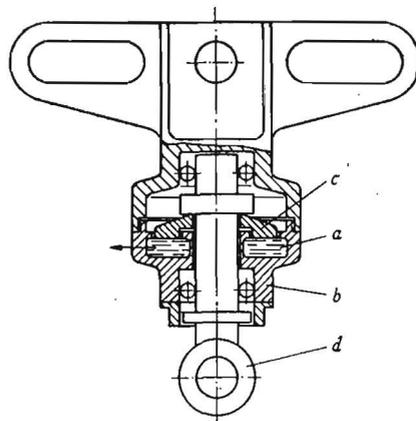
Das Gerät ist für Zugkräfte bis 3000 kg ausgelegt, die in Verbindung mit dem ebenfalls in unserem Institut entwickelten Schreibwerk Typ K-4 registriert werden können. Auf Grund seiner stabilen Bauweise und der besonderen Lagerung des Zugbolzens kann man außerdem Kräfte bis 1250 kg aufnehmen, die senkrecht oder quer zur Zugrichtung zum Anhängepunkt auftreten. Auch Schubkräfte bis zur Höhe der maximalen Zugkraft können ohne weiteres übertragen werden. Auf Grund dieser Eigenschaften eignet sich das Gerät besonders für Zugkraftmessungen an Anhängegeräten und -maschinen, die stark kopflastig sind, wie z. B. Stallungstreuer oder für solche, die spurhaltig und mit gleichbleibender Arbeitstiefe geführt werden müssen, wie Pflanz- und Legemaschinen. Die starre Be-

festigung an der Zugschiene des Schleppers ermöglicht im besonderen auch, Zugkraftmessungen an zapfwellengetriebenen Maschinen und Geräten durchzuführen.

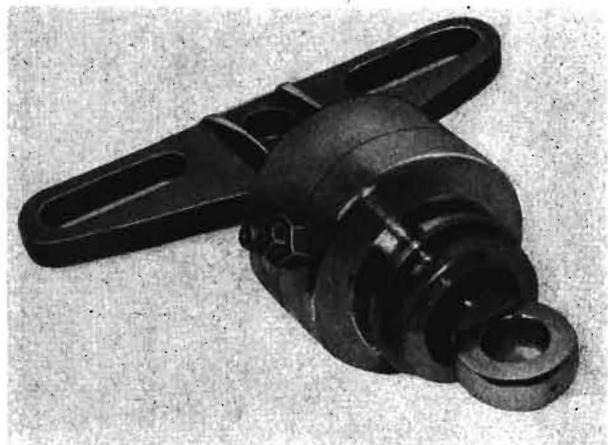
### Technische Beschreibung

Grundelement des hydraulischen Zugkraftmessers (Bild 1 und 2), der unsere Typenbezeichnung D-2 erhalten hat, ist eine ringförmige Beutelmembran aus Gummi *a*, die auf drei Seiten vom Membrankörper *k* umschlossen ist. An der vierten Seite der Membran liegt der Druckflansch *c* an. Beim Einwirken von Zugkräften auf die Anhängöse *d* wird der Flansch *c* durch den Bund des Zugbolzens in axialer Richtung auf die Membran hin verschoben. Da die Membran vollständig mit Flüssigkeit gefüllt ist, entsteht durch diesen Vorgang ein Überdruck, der mit Hilfe einer geeigneten Verbindung (Hochdruckschlauch) an das Schreibgerät weitergeleitet werden kann. Die Höhe des Überdruckes ist eine Funktion der Zugbelastung und der einwirkenden Kraft direkt proportional. Nach entsprechender Eichung wird er deshalb als Maß für die Zugkraft herangezogen. Membran und Druckflansch sind in ihren Abmessungen so aufeinander abgestimmt, daß bei der maximalen Belastung von 3000 kg ein Überdruck von 45 at

**Bild 1.** Funktionsschema des hydraulischen Zugkraftmessers  
*a* Beutelmembran aus Gummi, *b* Membrankörper, *c* Druckflansch, *d* Zugöse



**Bild 2.** Ansicht des hydraulischen Zugkraftmessers Typ D-2 für 3000 kg Zugkraft



\*) Institut für Landtechnik Potsdam-Bornim der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin (Direktor: Prof. Dr. S. ROSEGER).

(Schluß von S. 534)

verrichteter mechanischer Arbeit. Technische Möglichkeiten der Messung mechanischer Zug- und Dreharbeit werden an Beispielen beschrieben, auf die Methodik der Arbeitsmessung wird kurz eingegangen.

### Literatur

- [1] REICHENHEIM: Vergleichende Betrachtung zum „Hektar mittleren Pflügens“. Die Deutsche Landwirtschaft (1957) H. 4, S. 161.
- [2] SCHLICHTING: Messung der Schlepperausnutzung und der Zugarbeit beim Pflügen. Wiss. Abhandl. der DAL, Band VIII.
- [3] SCHCHWAZABAJA: Dreh- und Zugarbeitsmesser und Methoden zur Messung des Aufwandes mechanischer Arbeit bei Schleppergruppen. Arbeiten des grusinischen landwirtschaftlichen Institutes, Kapitel XLII und XLIII 1955. A 3280