

Landtechnische Forschung

HERAUSGEBER: KURATORIUM FÜR TECHNIK IN DER LANDWIRTSCHAFT
UND LANDMASCHINEN- UND ACKERSCHLEPPER-VEREINIGUNG IM VDMA

Heft 2/1961

MÜNCHEN

11. JAHRGANG

Kurt Schröter und Hubert Geisthoff:

Drehmoment- und Längskraftmessungen an Gelenkwellen im Feldebetrieb

Bei der mehr als in anderen Zweigen des Maschinenbaues auf Kosteneinsparung ausgerichteten Konstruktion von Landmaschinen ist es heute nicht mehr zu verantworten, Festigkeitsberechnungen und damit Dimensionsfestlegungen der Antriebsteile nur nach geschätzten Beanspruchungen vorzunehmen. Die Zeit für eine längere Erprobung in der Praxis steht häufig nicht zur Verfügung. So wird es notwendig, zur Ausschaltung von Risiken kurzzeitige elektronische Messungen an den Antriebsorganen im praktischen Feldeinsatz vorzunehmen, welche Art und Größe der Beanspruchungen sowie die durch Dauerbrüche gefährdeten Querschnitte erkennen lassen [1].

Die Beanspruchung der Antriebselemente

Die an Landmaschinen auftretenden dynamischen Betriebsbeanspruchungen sind von vielen verschiedenartigen Faktoren abhängig, die sich häufig einer Vorausberechnung entziehen. So sind neben den aus der Antriebsleistung sich ergebenden mittleren Drehmomenten auch die aus ständigen Belastungsänderungen durch die verschiedene Beschaffenheit des zu behandelnden Gutes oder der zu bearbeitenden Böden entstehenden Schwankungen zu berücksichtigen. Vor allem aber machen sich die von vielen Einzelorganen ausgehenden Massenkräfte und Drehschwingungen bemerkbar, die durch Überlagerung eine beachtliche Überhöhung der Drehmomentspitzen erbringen können.

Da eine theoretische Ermittlung dieser die Bauteile gefährdenden Spitzen meistens nicht möglich ist, bleibt die Notwendigkeit, aus einer Summe von Feldmessungen an Maschinen gleicher Charakteristik „Stoß-Faktoren“ für die Spitzenmomente zu ermitteln und diese mit dem sich aus der Antriebsleistung ergebenden mittleren Drehmoment zu multiplizieren. Nur so werden alle für die Bemessung der Bauelemente maßgebenden Spitzenwerte berücksichtigt.

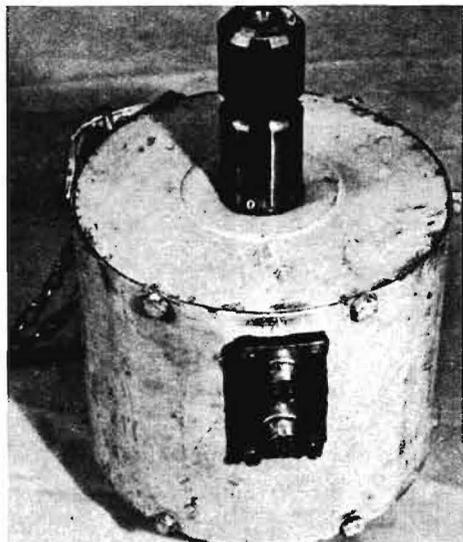


Bild 1: Sogenannte Meßnabe zur Aufnahme von Drehmomenten und Axialkräften

Dieser Stoßfaktor, hier K genannt, berücksichtigt also den Einfluß der verschiedenen Arbeitswerkzeuge an den Landmaschinen, die aus der Elastizität der einzelnen Übertragungsorgane sich ergebende Eigenfrequenz und die periodischen Ungleichförmigkeiten sowohl der Verbrennungskraftmaschine als auch der häufig nicht ausgeglichenen Kardangelenke.

Die Längskräfte in den Schiebeteilen der Gelenkwellen werden unmittelbar von den auftretenden Drehmomenten beeinflusst und müssen vor allem für die Dimensionierung der Längslager an den Anschlußorganen sowohl der Ackerschlepper als auch der Landmaschinen Berücksichtigung finden.

Der Aufbau der Meßeinrichtung für Drehmoment- und Längskraftmessungen

Die Anforderungen, wie sie an eine für den Feldeinsatz bestimmte Meßanlage gestellt werden, erfüllte weitestgehend der Torsiodynograph [2 ÷ 4]. Er wird von Batterien gespeist und umfaßt Motor, Generator, Meßnabe, Abgleich, Verstärkergerät und Demodulator. Als Aufzeichnungsgerät dient ein Schleifenoszillograph.

Die auf diesen Verwendungszweck abgestimmte Meßnabe (Bilder 1 und 2), in der durch Dehnungsmeßstreifen [5] die Kraftverläufe aufgenommen wurden, läßt sich an fast alle Schlepperzapfwellen anbringen (Bild 3). Bei der gewählten Dimensionierung konnten Drehmomente bis zu 600 mkg und Axialkräfte bis zu 3 t zugelassen werden. Die Dehnungsmeßstreifen waren so angeordnet, daß die Einflüsse von Biegeschwingungen kompensiert wurden. Damit bei den Messungen keine gegenseitige Beeinflussung der Gebersysteme auftreten konnte, wurden sie getrennt von je einem Motorgenerator mit Spannung versorgt. Damit sich keine Verfälschungen der Meßwerte durch Schwankungen der Übertragungswiderstände zwischen Schleifringen und Kontaktbürsten infolge zu großer Umfangsgeschwindigkeiten ergaben, wurden die Schleifring-Durchmesser so gewählt, daß 1000 U/min mit Sicherheit zugelassen werden konnten. Zusätzlich zu dieser kombinierten Meßnabe für Drehmoment- und Axialkraftmessungen stand eine Drehmomentmeßnabe zur Verfügung, die auch den Einbau in eine Landmaschine erlaubte.

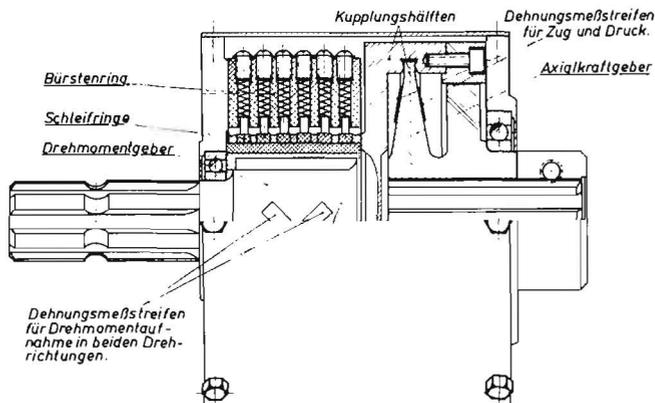


Bild 2: Meßnabe nach Bild 1 im Halbschnitt



Bild 3: Meßnabe, zwischen Schlepper und Schlegelfeldhäcksler geschaltet

Der als Aufzeichnungsgerät verwendete Schleifenoszillograph ist leicht, robust, stabil, erschütterungsunempfindlich und berücksichtigt Frequenzen bis zu 400 Hz. Er kann noch bei fünfundzwanzigfacher Erdbeschleunigung verwendet werden und verfügt über neun Kanäle zum gleichzeitigen Aufzeichnen von neun Meßgrößen. Um eine ausreichende Meßgenauigkeit sicherzustellen, war eine Eichung und Überprüfung der Meßanlage vor und nach jedem Ein-

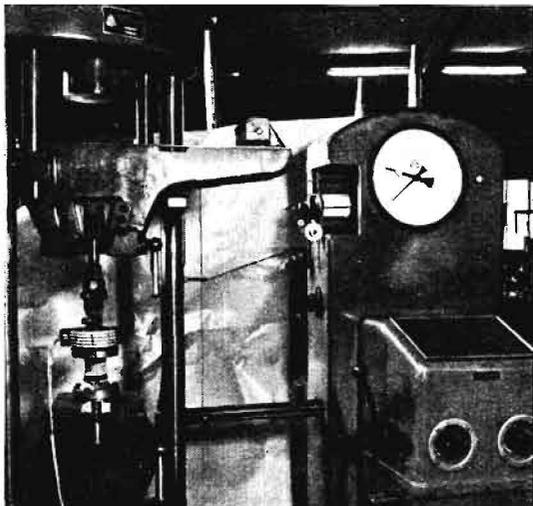


Bild 4: Eichung des Axialkraft-Gebertes der Meßnabe auf der Zerreißmaschine

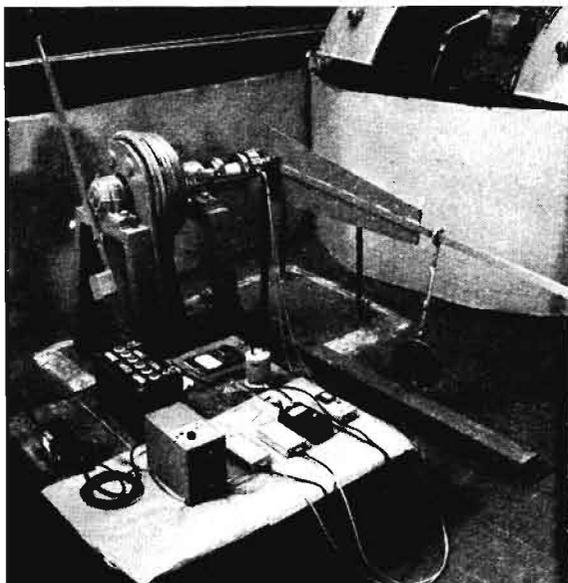


Bild 5: Eichung des Drehmoment-Gebertes der Meßnabe auf einer Spezialeinrichtung

satz erforderlich. Der Axialkraftgeber wurde auf der Zerreißmaschine (Bild 4) und der Drehmomentgeber auf einer Spezialeinrichtung geeicht (Bild 5).

Der Aufbau der gesamten Meßeinrichtung wurde so gewählt, daß sie als Meßwagen (Bild 6) oder als Meßkarre (Bild 7) eingesetzt werden konnte.

Die Versuchsbedingungen

Der Kraftbedarf hängt bei fast allen Landmaschinen von den Witterungsverhältnissen, Bodenverhältnissen, Arbeitsgeschwindigkeiten und dem zu bearbeitenden Gut ab. Da das Gerät auch bei ungünstigen Betriebsbedingungen den Festigkeitsforderungen gerecht werden soll, sind Einsatzverhältnisse herbeizuführen, bei denen die in der Praxis möglichen Spitzenbelastungen auftreten. Auch sollte für den Meßversuch ein überstarker Schlepper zur Verfügung stehen, um die Beschleunigungskräfte und die Beanspruchungen bei durch Verstopfungen annähernd blockierten Maschinen zu erhalten.

Die Auswertung der Messungen

Aus den bei den Versuchen aufgenommenen Oszillogrammen werden durch Ausplanimetrieren der Drehmomentflächen die Mittelwerte und bei gleichzeitiger Aufnahme der Drehzahl beziehungsweise Zeitmarken die mittleren Antriebsleistungen beziehungsweise Frequenzen ermittelt. Die Art der Gelenkwelle und das Arbeitsprinzip der Geräte sind bei der Auswertung und Klassifizierung der Meßwerte zusätzlich zu berücksichtigen. So ist zum Beispiel zwischen den verschiedenen Feldhäckslerarten zu unterscheiden.

Den Meßwerten kann weiterhin die Höhe der Drehmomenteinstellung einer eventuell notwendigen Überlastkupplung entnommen werden. Die Einstellung kann nach diesen Unterlagen so gewählt werden, daß die Übertragungsverhältnisse gerade noch eine zufriedenstellende Arbeit in der Praxis gestatten. Zu den den einzelnen Gerätegruppen eigenen Stoßfaktoren K können so auch die zugehörigen Kupplungsfaktoren K' ermittelt werden.

Die in Tafel 1 aufgeführten Werte geben den im Betrieb mehrmals ermittelten maximalen Leistungsbedarf verschiedener Maschinen wieder [6 ÷ 10]. Eine Unterteilung nach dem Arbeitsprinzip der Maschinenarten wurde dabei allerdings nicht vorgenommen. Auch wurden die Spitzenwerte, wie sie beim Anfahren durch die Beschleunigungskräfte auftreten können, nicht aufgeführt.

Nur die im Betrieb auftretenden Spitzenwerte wurden angeführt. Sie ergeben sich nach Errechnung der mittleren Antriebsleistung aus der Beziehung

$$\max Md \text{ (mkg)} = 716,2 \frac{N \text{ (PS)}}{n \text{ (1/Min)}} \cdot K \text{ bzw. } K'$$

Bild 8 zeigt den Drehmoment- und Axialkraftverlauf, wie er an einem Krümmer [11] mit eingebauter Überlastkupplung im Normalbetrieb auftritt. Der Übergang der in der Gelenkwelle aufgetretenen Druckkräfte in Zugkräfte ist deutlich zu erkennen. Die Ände-

Tafel 1: Werte für den Leistungsbedarf und die Stoßfaktoren verschiedener Maschinen und Geräte

Maschinenart	Leistungsbedarf [PS]	$K^*)$	K'
Aufsammelpressen	20—45	3	2
Bindemäher	5—10	4	2
Bodenfräsen	30—60	6	2,5
Feldhäcksler	25—50	3	1,5
Grasmäher	3—5	4	2
Heulader	5—12	3	2
Heuwerbegeräte	4—15	4	1,5
Kartoffelroder	6—15	2,5	1,5
Krantschläger	8—40	3	2,5
Kunstdüngerstreuer	1—5	1,5	1,2
Mähdrescher	25—50	1,6	1,2
Pumpen	4—30	3	2
Rübensammelroder	10—30	2,5	1,5
Stallmiststreuer	15—30	3	2

*) K = Stoßfaktoren ohne Begrenzung durch Überlastkupplung
 K' = durch Überlastkupplung begrenzte Stoßfaktoren



Bild 6: Meßnabe in Verbindung mit motorisiertem Meßwagen

rung der Krafrichtung wurde durch Bodenunebenheiten hervorgerufen.

Die beim Anfahren aufgetretenen, im Vergleich zu dem Betriebsdrehmoment erheblichen Spitzendrehmomente lassen die Messungen an einem Feldhäcksler, an einem Rübensammelroder und an einem Miststreuer deutlich erkennen (Bild 9). Demnach ist zwischen den beim Anfahren (durch die Beschleunigungskräfte) auftretenden Spitzenwerten, dem Arbeitsdrehmoment und den im Betrieb gelegentlich auftretenden Spitzenwerten (infolge Bodenhindernissen oder Überbeschickungen) zu unterscheiden.

Untersuchungen [12] haben ergeben, daß unter Vernachlässigung einiger unbedeutender Einflußfaktoren sich die Verdrehbeanspruchungen im Zapfwellenantrieb aus den folgenden vier Hauptgruppen in unterschiedlichen Anteilen zusammensetzen:

1. den von der Verbrennungskraftmaschine über die Zapfwelle abgegebenen Arbeitsdrehmomenten;
2. den Schwingmomenten der rotierenden Teile des Ackersehlers;
3. den Beschleunigungsmomenten der anzutreibenden Massen des getriebenen Gerätes und
4. den von den Stoßkräften auf die Arbeitswerkzeuge des angetriebenen Gerätes herrührenden Drehmomentenspitzen.

Diese Ursachen für das Anwachsen zu einer erheblichen Gesamtbeanspruchung lassen erkennen, daß der effektive Leistungsbedarf sehr stark von den Maschinenkonstruktionen abhängt. Die in Tafel 1 angegebenen Stoßfaktoren sind also nur unter Berücksichtigung der effektiven Leistungsaufnahme der einzelnen Maschinen zu verwenden.

Auch der Winkel zwischen Gelenkwelle und Anschlußwelle kann das maximale Drehmoment sehr beeinflussen.

Für die Dimensionierung der An- und Abtriebsteile sollten damit nicht die durchschnittlichen Kraftübertragungsverhältnisse, sondern grundsätzlich die kurzzeitig auftretenden Spitzenwerte zugrundegelegt werden. Diese in jedem Fall zu berücksichtigenden Spitzenwerte können durch Verwendung einer entsprechenden Überlastkupplung beeinflußt beziehungsweise reduziert werden.

Die aufgenommenen Oszillogramme stellen zusammen mit den gefundenen Stoßzuschlägen für die verschiedenen Maschinen die Basis zur Auswahl des geeigneten Drehmomentbegrenzers dar. Auch hierfür müssen sowohl die Maximalwerte der auftretenden Drehmomentstöße als auch ihr Verhältnis zu den Mittelwerten Berücksichtigung finden, ferner die Frequenz der größten Stoßbeanspruchungen und schließlich die Betriebsbedingungen der zu schützenden Maschine. Schon der Übergang in eine andere Größenordnung der auftretenden maximalen Drehmomente kann veranlassen, eine andere Bauart des Drehmomentbegrenzers zu wählen. Das Betriebsverhalten verschiedener angetriebener Landmaschinen mit etwa dem gleichen Leistungsbedarf kann so unterschiedlich sein, daß trotz der gleichen Drehmomente Drehmomentbegrenzer ganz verschiedener Bauarten erforderlich werden können. So ist zum Beispiel bei der Verwendung einer Bodenfräse ein Dreh-

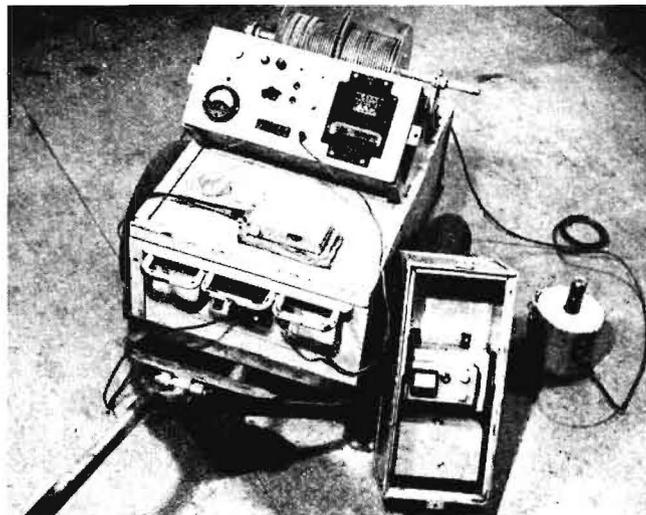


Bild 7: Meßnabe in Verbindung mit Meßkarre

momentbegrenzer erforderlich, der nach dem Überschreiten des Grenzmomentes ein möglichst hohes Restmoment behält, um nach dem Überfahren des Hindernisses (z. B. eines Steines oder einer Baumwurzel) sofort die Fräse wieder betriebsbereit zu machen. Andererseits ist es beispielsweise für den Standdrusch mit einer durch Drehmomentbegrenzer geschützten Dreschmaschine unerwünscht, nach dem Überschreiten des Grenzmomentes durch Verstopfung der Dreschtrommel noch ein Restdrehmoment zu behalten, da in der relativ langen Zeit bis zum Abstellen der Antriebsmaschine Beschädigungen an den Transmissionsteilen oder an der Überlastkupplung eintreten können. Das gleiche gilt für eine ohne Aufsicht arbeitende Beregnungsanlage, bei der eine auftretende Störung meist erst nach längerer Zeit bemerkt werden kann.

Zur Bestimmung der richtigen Bauart und Größe des Drehmomentbegrenzers ist außerdem die Zahl der Lastspiele während der gewünschten Lebensdauer der zu schützenden Maschine von großer

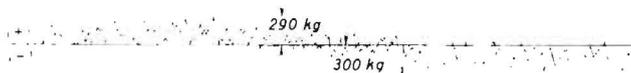


Bild 8: Drehmomentverlauf (oben) und Axialkraftverlauf (unten) im Normalbetrieb eines Bodenkrümlers mit eingebauter Überlastkupplung

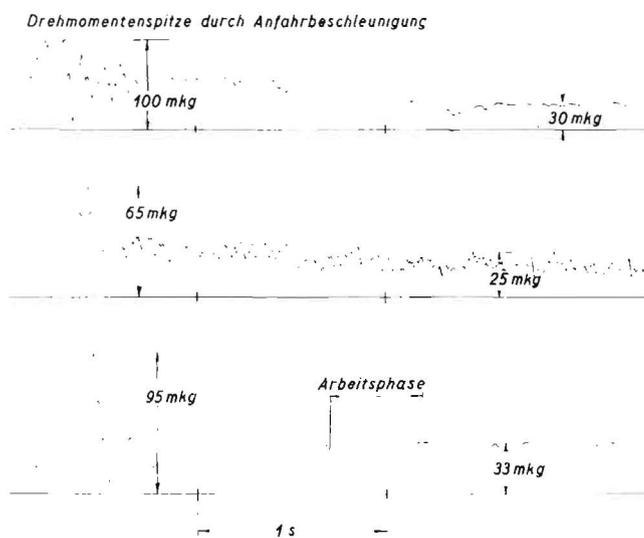


Bild 9: Drehmomentverlauf an einem Feldhäcksler (oben), an einem Rübensammelroder (Mitte) und an einem Miststreuer (unten)

Bedeutung. Entsprechend dem Verlauf der „WÖHLER-Kurve“ muß mit der Erhöhung der Lastspielzahl die maximale Beanspruchung reduziert werden. Für Landmaschinen, die einen verhältnismäßig gleichmäßigen Arbeitsablauf ohne große Stöße haben und lediglich durch relativ selten auftretende Blockierungen gefährdet sind, kann das Grenzdrehmoment verhältnismäßig hoch ausgelegt werden, so daß die höchsten Drehmomentenspitzen des normalen Arbeitsbetriebes gar nicht bis zum Grenzdrehmoment reichen werden. Anders liegen die Verhältnisse bei Maschinen wie Hochdruckballenpressen mit periodisch auftretenden Drehmomentenspitzen, die zudem durch zu starke Beschickung oder feuchtes Preßgut zu gefährlichen Werten ansteigen können und daher durch einen Drehmomentbegrenzer beschnitten werden müssen. Ein Drehmomentbegrenzer für eine solche Aufgabe muß, bedingt durch die Betriebscharakteristik der Maschine, sehr oft ansprechen. Die hierfür notwendige Wärmeableitung muß bei der Bauart des Drehmomentbegrenzers berücksichtigt werden, so daß eine solche Aufgabe nur durch eine wesentlich aufwendigere Konstruktion gelöst werden kann. Für alle vorkommenden Aufgaben der Drehmomentbegrenzung an Landmaschinen, die in der Praxis erprobt sind, stehen aber heute Konstruktionen von Überlastkupplungen zur Verfügung, so daß es hauptsächlich nur noch auf deren richtige Auswahl ankommt.

Zusammenfassung

Elektronische Messungen der Drehmomente und Längskräfte in den Antriebsteilen ermöglichen heute zusammen mit Erfahrungswerten über die spezifischen Beanspruchungen der verschiedenen Landmaschinen ziemlich sichere Dimensionsfestlegungen zur Erzielung einer leichten kostensparenden Bauweise.

Die Erfahrungswerte für die sehr unterschiedlichen Zusatzbeanspruchungen aus den betriebsbedingten Belastungsänderungen und dem Einfluß des Massenkräfte und Drehschwingungen der Übertragungsorgane sowohl des Ackerschleppers als auch der Landmaschine wurden aus Gruppenmessungen ermittelt.

Der Aufbau der Meßeinrichtung unter Verwendung eines leichten, robusten Schleifen-Oszillographen wird beschrieben. Das Meßgerät kann während des Einsatzes sowohl in einem Kraftwagen als auch in einem leichten Spezialkarren transportiert werden. Die Versuche sollten stets unter Bedingungen durchgeführt werden, die den Spitzenbelastungen des praktischen Betriebes nahekommen, wozu auch die Verwendung überschwerer Schlepper gehört. Bei der Auswertung von Messungen müssen sowohl die mittleren und die maximalen Drehmomente als auch die Frequenz der auftretenden Belastungsänderungen Berücksichtigung finden. Messungen an verschiedenen Landmaschinen zeigten charakteristische Drehmomentverläufe unter dem Einfluß der praktisch auftretenden hauptsächlich Kraft-Komponenten.

Das Grenzmoment einer Überlastungskupplung sollte stets so eingestellt werden, daß die Funktionen der zu schützenden Maschine im praktischen Betrieb noch sichergestellt sind.

Anhand einiger Beispiele wird gezeigt, daß die Verschiedenheit der Betriebsbedingungen die Wahl der Bauart der Überlastkupplungen beeinflusst.

Schrifttum

- [1] KLOTH, W.: Die Vorausbestimmung der Haltbarkeit von Landmaschinen. Landtechnische Forschung 10 (1960), S. 94—95
- [2] STRAUB, H.: Kraftverlaufsmessgerät für rasch wechselnde Beanspruchungen. Konstruktion 7 (1955), S. 389—393
- [3] STRAUB, H.: Drehmomentmessungen an Lastwagen und Ackerschleppern. Automobil-Technische Zeitschrift 58 (1956), S. 139—144
- [4] BAADER, W.: Ein Beitrag zur Methodik der Messung des Zapfwellendrehmoments und der Zugkraft an Landmaschinen. Landtechnische Forschung 7 (1957), S. 156—158
- [5] FINK, K.: Grundlagen und Anwendungen des Dehnungsmessstreifens. VDI-Verlag, Düsseldorf 1952
- [6] DOLLING, C.: Der Leistungsbedarf von Mähdeschern. Landtechnische Forschung 7 (1957), S. 33—40
- [7] DOLLING, C.: Untersuchungen über den Leistungsbedarf von Feldhäckslern. Landtechnische Forschung 7 (1957), S. 65—70
- [8] THIEL, R.: Messung der im Betrieb auftretenden Kräfte und Drehmomente an einem Anbaurechwerer. Landtechnische Forschung 10 (1960), S. 96—100
- [9] MEWES, E.: Kraftmessungen an Strohpressen. In: 15. Konstrukteurheft. Düsseldorf, VDI-Verlag 1958 (Grundlagen der Landtechnik, H. 10), S. 18—35
- [10] THIEL, R.: Spitzenkräfte in kettenangetriebenen Schleppermähwerken bei verschiedenen Betriebszuständen und bei Störungen. In: 15. Konstrukteurheft. Düsseldorf, VDI-Verlag 1958 (Grundlagen der Landtechnik, H. 10), S. 133—142
- [11] SÖHNE, W., und R. THIEL: Technische Probleme bei Bodenfräsen. In: 14. Konstrukteurheft. Düsseldorf, VDI-Verlag 1957 (Grundlagen der Landtechnik, H. 9), S. 39—49
- [12] HANSEN, M.: Loads imposed on power-take-off shafts by farm implements. Agricultural Engineering 33 (1952), S. 67—70

Résumé

Kurt Schröter und Hubert Geisthoff: "Measurement of Torque and Longitudinal Forces in Flexible Shafts under Field Conditions."

The measurement of torques and longitudinal forces in driving members by electronic methods together with empirical values on specific loads in various types of agricultural machinery have enabled fairly accurate dimensions to be laid down whereby a light, economical manufacturing method may be obtained.

Empirical values for the greatly varying additional stresses resulting from the changes in loading necessitated by operating conditions and the influence of mass forces and torsional swinging of the transmission members of both the tractor and the agricultural machine were obtained from group measurements.

The set-up of the measuring unit, which employs a light but strong sliding oscillograph, is described. The measuring unit can during use be transported either in an automobile or in a specially designed light cart. The measurements should always be made under conditions that approximate closely to the peak loads obtained in the field. The use of extra-heavy tractors is therefore necessary. When evaluating the actual measurements the average as well as the maximum torques and the frequency of the variations in loads must be taken into consideration. Measurements made on various types of agricultural machinery showed characteristic torque patterns influenced by the main force components that arise in practice.

The limiting moment of an overload-clutch should always be set so that the various functions of the machine under protection remain in working order after the clutch has functioned.

By the aid of various examples the writers demonstrate that the varying operating conditions greatly influence the type of overload-clutch to be fitted.

Kurt Schröter et Hubert Geisthoff: «La mesure des couples et des efforts longitudinaux s'exerçant sur les arbres à cardan pendant le travail aux champs.»

La mesure électronique des couples et des efforts longitudinaux s'exerçant sur les pièces de commande, en relation avec les valeurs empiriques des efforts spécifiques subis par les différentes machines agricoles permettent de déterminer maintenant avec une sûreté assez grande, les dimensions permettant des constructions légères et de prix réduit.

Les valeurs empiriques des efforts supplémentaires qui varient considérablement fonction de la charge provenant des différentes conditions d'emploi, et l'influence des forces de masse et des vibrations de rotation des organes de transmission aussi bien du tracteur que de la machine agricole, ont été déterminées par des mesures en série. Les auteurs décrivent la construction de l'appareil de mesure comportant un oscillographe léger et robuste. L'appareil de mesure peut être transporté soit par une voiture automobile, soit par un chariot spécial léger. Il est nécessaire que les essais soient toujours effectués dans des conditions qui se rapprochent des points de charge pendant le travail pratique ce qui exige aussi l'utilisation de tracteurs très lourds. L'interprétation des mesures doit tenir compte aussi bien des couples moyens et maximum que de la fréquence de variation des charges.

Les mesures effectuées sur différentes machines agricoles ont donné des courbes de couples caractéristiques sous l'influence des composantes des forces rencontrées principalement dans la pratique.

Le couple limite d'un embrayage de sécurité devrait être réglé toujours de façon à assurer que la machine puisse accomplir ses fonctions pendant le travail pratique.

Les auteurs montrent par quelques exemples que les différentes conditions d'emploi influent sur le choix de l'embrayage de sécurité.

Kurt Schröter y Hubert Geisthoff: «Medición de momentos de giro y de esfuerzos longitudinales de árboles articulados en el campo.»

Hoy día las dimensiones del material para la construcción ligera y por lo tanto más económica de las diferentes máquinas agrícolas pueden fijarse con bastante seguridad por mediciones electrónicas de los momentos de giro y de los esfuerzos longitudinales en los elementos de impulsión, en combinación con los valores enseñados por la práctica, en cuanto a las sollicitaciones específicas en las diferentes máquinas.

Por grupos de mediciones se han recogido los valores que da la experiencia sobre la resistencia a las sollicitaciones, muy diferentes entre sí, que producen los cambios de la carga adicional en servicio y la inercia de las masas, así como la rotación de los elementos de transmisión, tanto los del tractor como también los de las máquinas de labor.

Se describe el dispositivo de medición, en él que se emplea un oscilógrafo de lazos ligero pero sólido. Para el trabajo este dispositivo o puede transportarse en un auto, o bien en un vehículo especial de construcción ligera. Conviene que los ensayos se hagan siempre bajo condiciones que se acerquen a las cargas pico del servicio práctico, incluyéndose también el empleo de tractores pesados. Evaluando los resultados de las mediciones es preciso tener en cuenta no sólo los momentos de giro medios y los máximos, sino que también la frecuencia de los cambios de carga que se producen. Mediciones practicadas en diferentes máquinas agrícolas han mostrado decursos

característicos de los momentos de giro bajo la influencia de las principales componentes de los esfuerzos de giro que se presentan en la práctica.

El momento de giro límite de un acoplamiento de sobrecarga debía ajustarse siempre de forma que quede todavía asegurado en servicio práctico el funcionamiento de la máquina que se desee proteger.

Con algunos ejemplos se demuestra que la diferencia de las condiciones de servicio ejerce influencia en la construcción de los acoplamientos de sobrecarga.

Friedrich Kliefoth:

Die Zugmessungen mit zusätzlicher Belastung der Triebräder im Rahmen der Technischen Prüfung von Ackerschleppern

Schlepper-Prüffeld des Kuratorium für Technik in der Landwirtschaft, Darmstadt

Die Triebräder eines Ackerschleppers kann man durch Gewichte oder durch Wasserfüllung der Luftreifen zusätzlich belasten, um dadurch die Zugfähigkeit des Ackerschleppers zu steigern. Bei der Technischen Prüfung eines Ackerschleppers wird dieser Möglichkeit dadurch Rechnung getragen, daß die Zugmessungen bei verschiedener Triebradbelastung durchgeführt werden. Es heißt hierzu in den Prüfregeln für Ackerschlepper [1] unter 5.4.1.1: „Die Messungen sind durchzuführen:

- a) mit der serienmäßigen Belastung der Triebräder und
- b) mit einer Belastung, die höchstens der zulässigen Tragfähigkeit der Reifen entspricht.“

Zu diesen zwei ursprünglich vorgesehenen Belastungsstufen ist, aus der Möglichkeit für die Praxis entstanden, später eine dritte Stufe hinzugekommen, bei der die Triebdreifen mit Wasser gefüllt werden. Es ist dies für den Landwirt die billigste Methode der zusätzlichen Belastung, zumal nicht alle Schlepperhersteller Anbaugewichte liefern.

Bei den Zugmessungen im Rahmen der Prüfungen werden demnach schon seit längerer Zeit folgende Belastungsstufen der Triebdreifen angewandt:

- (A) Triebdreifen ohne zusätzliche Belastung, also mit der niedrigstmöglichen Triebdreifenbelastung;
- (B) Triebdreifen mit Wasser gefüllt bis zum Ventil in oberster Stellung und
- (C) mit zusätzlicher Belastung der Triebdreifen durch Gewichte bis zur zulässigen Höchsttragfähigkeit der Reifen, wobei das Gewicht der Wasserfüllung mit eingerechnet wird.

Während die Belastungsgrenzen bei (A) und (B) klar gegeben sind, — bei (A) durch die Konstruktion und den Mindestlieferungsumfang des Schleppers, bei (B) durch das Volumen der Luftreifen — fehlt eine genaue Definition der Belastungsgrenze zu (C). Die Angabe: „mit einer Belastung, die höchstens der zulässigen Tragfähigkeit der Reifen entspricht“ läßt hier dem Prüfinstitut einen weiten Spielraum offen, so daß die Frage berechtigt ist, nach welchen Gesichtspunkten nun die Belastung der Triebdreifen bei den Zugmessungen zu (C) vorgenommen wird. Diese Frage zu beantworten heißt, auch gleichzeitig Antwort zu geben auf die anscheinend ebenso berechtigte Frage, ob denn bei einer Prüfung eine weitere Belastung der Triebdreifen über (B) hinaus überhaupt sinnvoll ist, weil der Landwirt ja kaum die Möglichkeit einer höheren Zusatzbelastung, allenfalls noch in geringem Maße durch lieferbare Anbaugewichte, habe.

Als die noch heute geltenden Prüfregeln aufgestellt wurden, waren die Berechnungsgrundlagen für die Zugkraftübertragung von Luftreifen noch recht lückenhaft, so daß es von dieser Seite her keine Möglichkeit gab — wollte man Zugmessungen bei höherer Triebdreifenbelastung durchführen —, die Belastung unterhalb der maximalen Tragfähigkeit der Reifen begründet zu begrenzen. Auch über die in der landwirtschaftlichen Praxis wirklich vorkommenden Triebdreifenlasten waren die Erfahrungen für eine Bemessungsgrundlage zu gering. Deshalb stellte man es dem Schlepper-Prüffeld durch die Worte: „die höchstens der zulässigen Tragfähigkeit entspricht“ frei, die Auslastung der Reifen bei den Zugmessungen zu (C) so zu wählen, daß sie den jeweiligen Erkenntnissen der Forschung, den Tatsachen der Praxis oder auch technischen Belangen entsprach.

Tafel 1: Die Reifentragfähigkeiten (DIN 7807)

1 Reifengröße	2 Am Ackerschlepper ohne zusätzliche Arbeitsgeräte oder Ladepritsche max. 30 km/h		3 Beim Transport von Arbeitsgeräten, die lösbar mit dem Ackerschlepper verbunden sind und in der Transportstellung keine Arbeit leisten max. 20 km/h		4 Am Ackerschlepper mit Einachsanhänger oder Ladepritsche sowie an selbstfahrenden Mäh-dreschern max. 20 km/h	
	Luftdruck kg/cm ² *	Tragfähigkeit kg*	Luftdruck kg/cm ²	Tragfähigkeit kg	Luftdruck kg/cm ²	Tragfähigkeit kg
6—24 AS	0,8	275	0,8	330	1,5	480
	1,0	325	1,0	390		
	1,5	400	1,5	480		
7—24 AS	0,8	350	0,8	440	1,5	600
	1,0	400	1,0	500		
	1,5	500	1,5	600		
7—30 AS	0,8	375	0,8	470	1,5	660
	1,0	425	1,0	530		
	1,5	550	1,5	660		
8—24 AS	0,8	430	0,8	540	1,5	730
	1,0	480	1,0	600		
	1,5	610	1,5	730		
8—28 AS	0,8	465	0,8	580	1,5	775
	1,0	515	1,0	645		
	1,5	645	1,5	775		
8—32 AS	0,8	500	0,8	625	1,5	810
	1,0	550	1,0	690		
	1,5	675	1,5	810		
8—36 AS	0,8	525	0,8	655	1,5	870
	1,0	590	1,0	740		
	1,5	725	1,5	870		
9—24 AS	0,8	550	0,8	710	1,5	900
	1,0	610	1,0	760		
	1,5	750	1,5	900		
9—32 AS	0,8	600	0,8	780	1,5	1050
	1,0	690	1,0	865		
	1,5	870	1,5	1050		
9—36 AS	0,8	625	0,8	810	1,5	1110
	1,0	725	1,0	910		
	1,5	925	1,5	1110		
9—42 AS	0,8	700	0,8	910	1,5	1200
	1,0	800	1,0	1000		
	1,5	1000	1,5	1200		
10—24 AS	0,8	625	0,8	840	1,5	1110
	1,0	725	1,0	910		
	1,5	925	1,5	1110		
10—28 AS	0,8	700	0,8	940	1,5	1200
	1,0	800	1,0	1000		
	1,5	1000	1,5	1200		
11—28 AS	0,8	825	0,8	1110	1,5	1400
	1,0	950	1,0	1190		
	1,5	1175	1,5	1400		
11—32 AS	0,8	885	0,8	1200	1,5	1500
	1,0	1000	1,0	1250		
	1,5	1250	1,5	1500		
11—36 AS	0,8	945	0,8	1275	1,5	1620
	1,0	1070	1,0	1340		
	1,5	1350	1,5	1620		
11—38 AS	0,8	975	0,8	1320	1,5	1650
	1,0	1100	1,0	1375		
	1,5	1375	1,5	1650		
13—30 AS	0,8	1200	0,8	1620	1,5	2075
	1,0	1350	1,0	1690		
	1,5	1725	1,5	2075		
15—30 AS	0,8	1750	0,8	2360	1,5	3000
	1,0	1975	1,0	2475		
	1,5	2500	1,5	3000		

* Die fettgedruckten Luftdruck- und Belastungszahlen sind maßgebend für die Zulassung des Ackerschleppers mit Leergewicht gemäß DIN 70020