

Funktionelle Erprobungen und Messungen am Schlepper und Gerät

Der folgende Aufsatz ist ein Auszug aus dem Referat, das Obering. Dr. Horst C. Schulz, Klöckner-Humboldt-Deutz AG, auf der Tagung „Erprobungsmethoden für Landmaschinen“ der VDI-Fachgruppe Landtechnik in Heidelberg am 22. Oktober 1963 gehalten hat.

Eine Erprobung von Versuchsmaschinen oder Prototypen muß um so ausgiebiger und sorgfältiger erfolgen, je größer die Serie ist, die von diesem Typ gebaut werden soll. Da die heutige Entwicklung aus den bekannten Gründen der Stückzahl, der damit verbundenen Preise und der Konkurrenzfähigkeit mehr und mehr zur Großserie geht, wird es immer notwendiger, die Erprobung so sorgfältig wie möglich vorzunehmen. Außerdem wird man in Zukunft mehr Wert auf Wartungsfreiheit und störungsfreien Betrieb legen müssen. Das Risiko bei der Erprobung bleibt auch dann noch groß genug, weil die Prototypen und auch kleine Vorserien meist auf anderen Einrichtungen gebaut werden.

Will man die Höhe der Reklamationsquote gering halten, so muß sie unter 1% liegen. Dieses eine Prozent wird man in einer Erprobung nur selten schon erfassen können. Selbst wenn man 5% zugrunde legt, müßten schon mindestens 20 Maschinen laufen, um eine Chance zu haben, diese 5% überhaupt zu erkennen. Aus diesem Grund geht man in der Industrie immer mehr dazu über — und besonders in Amerika fällt dies auf — Einzelprüfstände laufen zu lassen, auf denen einzelne Baugruppen Tag und Nacht in gesondert dazu festgelegten Programmen laufen. Diese Methode vermindert das Risiko, daß eine ganze Versuchsmaschine wegen Ausfall eines Einzelteiles liegen bleiben muß, und hat außerdem den Vorteil, daß die Erprobung automatisiert werden und ohne Bedienungspersonal laufen kann.

Da das Thema „Funktionelle Erprobungen und Messungen am Schlepper und Gerät“ verhältnismäßig weit gefaßt ist, soll es auf die im Augenblick stark diskutierten Fragen beschränkt werden, die im Zusammenhang mit der Regelhydraulik auftreten und die in einer entsprechenden Erprobung geklärt wurden.

Bei der rein funktionellen Frage der Tiefenführung für Arbeitsgeräte ist viel diskutiert worden, ob der Bauer mit der unterschiedlichen Tiefenführung, flach bei schwerem Boden, tief bei leichtem Boden, einverstanden ist. Es wird von unbedeutenden Schwankungen von nur $\pm 10\%$ gesprochen. Wesentlich ist doch wohl, daß die Schwankungen nicht allzu groß werden. Vor allem ist es wichtig, über diese Funktionen orientiert zu sein. Bedauerlicherweise ist gerade die Tiefenmessung ein verhältnismäßig schwieriges Problem, auf das weiter unten eingegangen werden soll.

Um die Fragen sowohl funktionell als auch meßtechnisch zu erfassen, wurden für die Versuche im landwirtschaftlichen Einsatz Meßgeber gebaut, die möglichst unempfindlich gegen die Behandlung durch Landarbeiter und Schlepperfahrer sind und die sich möglichst einfach herstellen lassen. Es handelt sich dabei beispielsweise um Meßgeber für Hydraulik-Drücke, Ober- und Unterlenkerkräfte, Achslasten und Drehmomente.

Meßgeber

Gundsätzlich können die Meßgeber für derartige Zwecke gar nicht einfach und robust genug ausgebildet werden. Da heutzutage die Dehnungsmeßstreifen-Technik allgemein eingeführt ist und keine Schwierigkeiten mehr bietet, werden die meisten Meßgeber mit Meßstreifen ausgerüstet. Dabei ist darauf zu achten, daß die Meßstreifen innen liegen und auch die Anschlußstecker keine vorstehenden Teile des Gebers bilden. Diese hier beschriebenen Öl-druckgeber haben sich zunächst bei Messungen von Einspritzdrücken bewährt, wobei es darauf ankam, die Einspritzleitung möglichst wenig zu verändern, weil der Druckverlauf auf solche Veränderungen sehr stark reagiert (Bild 1).

Die Dehnungsmeßstreifen bringen es mit sich, daß die Temperatur kompensiert werden muß. Bei diesen Gebern liegt der Kompensationsstreifen auf einem Kupfer- oder Messingteil gegenüber dem aktiven Streifen, der direkt auf die Leitung geklebt ist. Das Messingteil dient dazu, die Biegekräfte auf die Leitung aufzunehmen und die Temperatur der Leitung möglichst schnell dem Kompen-

sationsstreifen zuzuleiten. Es sind natürlich eine Unzahl von anderen Gebern denkbar, Geber auf T-Stücken, Geber, die die Temperatur-Kompensation für Langzeit-Messungen auf der gleichen Leitung vorsehen. Bei diesen Gebern kann man dann den Unterschied zwischen Längs- und Querdehnung messen und das am besten an vier Stellen auf dem Umfang, um Biegungen auszu-schalten, so daß für einen solchen Geber acht Meßstreifen notwendig wären. Man kann natürlich auch Ovalrohre verwenden, bei denen auf dem Umfang sowohl Zug- als auch Druckkräfte auftreten.

In unserem Fall geht es jedoch nur darum, den Druckverlauf festzuhalten. Es genügt ein aktiver Meßstreifen, der durch die Anordnung so geschützt ist, daß er ruhig einmal herunterfallen kann oder versehentlich mit einem Hammer draufgeschlagen werden kann.

Genauso ist mit den anderen Gebern verfahren worden, beispielsweise mit dem Meßgeber für die Oberlenker-Kräfte (Bild 2). Die Meßstreifen sind innerhalb eines Profiles angebracht, das es gestattet, bei Beanspruchung des Oberlenkers sowohl Zug- als auch Druckspannungen zu messen. Auf den Rohrleitungen in Bild 1 konnte das nicht in dieser Form durchgeführt werden, da hier nur Zugspannung zu erwarten ist. Bei dieser Anordnung im Oberlenker treten bei Beanspruchung auf Zug und Druck Spannungen innerhalb der ringförmigen Feder auf, die entgegengesetzt gerichtet sind. Dadurch ist es möglich, die Meßanordnungen mit Dehnungsstreifen doppelt oder bei Vollbrückenordnung viermal so empfindlich zu gestalten. Der Geberstecker kann wiederum innerhalb dieses Teiles untergebracht werden, so daß der gesamte Geber sehr narrensicher ist. Außerdem können die notwendigen Verstellbereiche und auch für die verschiedenen Kategorien der Dreipunktgestänge die Anschlußstücke mit dem vorgesehenen Gewinde eingeschraubt werden.

Die Meßmethode an den Unterlenkern wurde wiederum ganz ähnlich vorgenommen. Es wurde in den Unterlenker eine Ringfeder eingeschweißt, die es erlaubt, Dehnungsmeßstreifen und Anschlußstücke nach innen zu legen und die Meßstreifen-Anordnung in einer Vollbrücke mit vier aktiven Meßstreifen zu schalten (Bild 3). Vor allem aber gestattet diese Anordnung, die Biegekräfte auszu-schalten, die den unteren Lenker in sehr starkem Maße beanspru-

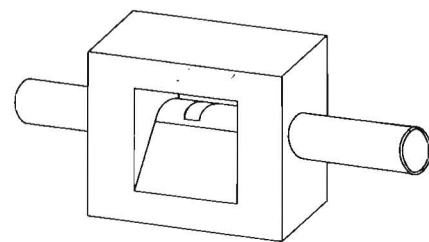


Bild 1: Meßgeber für Öl-druck

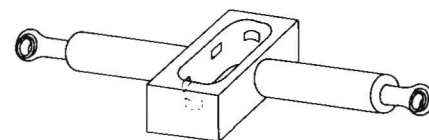


Bild 2: Meßgeber für Kräfte im oberen Lenker

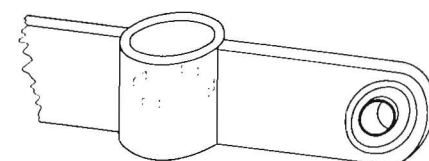


Bild 3: Meßgeber für Kräfte im unteren Lenker

chen, indem die Meßstreifen in der für die Biegung neutralen Zone angeordnet sind. Die Biegung in der anderen Biegerichtung ist ebenfalls durch die Anordnung der Meßstreifen ausgeschaltet, da in dieser Richtung die gegenüberliegenden Streifen in entgegengesetzter Richtung beansprucht werden und das Meßergebnis sich dann wiederum zu Null addiert.

Eine geringe Restempfindlichkeit der Geber in unerwünschten Richtungen bleibt immer vorhanden; es ist ein Problem der Eichung, die Größenordnungen dieser Fehler zu erfassen. Grundsätzlich darf man die Meinung vertreten, daß eine Messung mit elektronischen Meßmitteln und entsprechenden Eichungen mit einem Fehler von etwa 3% durchgeführt werden kann.

Zur Feststellung von Drehzahlen (um Schlupf und Leistung nachträglich berechnen zu können) bestehen sehr viele Möglichkeiten. Es wird hauptsächlich mit kleinen Lichtschranken gearbeitet, die am stehenden Teil befestigt sind, durch die ein am drehenden Teil befestigter Bolzen hindurchläuft, damit den Lichtstrahl unterbricht und eine Drehzahlmarke auf dem Schrieb hinterläßt. Genauso denkbar ist natürlich die Anordnung der Geber über Kontakte, über Induktivitäten oder die Direktanzeige der Drehzahl über Tachoduktoren.

Die Messung der Drehmomente ist zwar auch mit handelsüblichen Gebern möglich, wird aber wohl wegen der Einfachheit der Anordnung am besten wiederum mit Dehnungsmeßstreifen vorgenommen. Die Meßstreifen werden in der bekannten Anordnung in und entgegen der Torsionsrichtung auf die Wellen aufgebracht, und zwar die Meßstreifen in der Torsionsrichtung um 180° versetzt, also gegenüberliegend. Das Meßergebnis wird über Schleifringe abgenommen. Bei Schleifringen allgemein haben sich wohl die käuflichen Ringe beziehungsweise selbstgebaute Ringe durchgesetzt, wobei als Übertragungsmittel hauptsächlich Silber auf Silbergraphit Verwendung finden dürfte.

Zur Messung von Achslasten, die ja durch Anordnung der Regelhydraulik sehr stark beeinflußt werden, können ebenfalls wieder Dehnungsmeßstreifen Verwendung finden. An der Vorderachse kann einfach die Biegung in der Nähe der höchsten Beanspruchung gemessen werden. An der Hinterachse wird die Angelegenheit etwas schwieriger, da verhältnismäßig geringe Seitenkräfte auf die Reifen eine verhältnismäßig hohe Beanspruchung im Achstrichter hervorrufen können, die in ähnlicher Größenordnung wie die Beanspruchung durch das Schleppergewicht auftreten können. Da die Seitenkraft auf den Reifen im Achstrichter ein gleichbleibendes Biegemoment über die ganze Länge, die senkrechte Kraft auf das Rad dagegen ein von außen nach innen ansteigendes Moment hervorruft, kann man die gemessenen Biegemomente außen und innen am Achstrichter miteinander vergleichen und mit umgekehrten Vorzeichen addieren, so daß nur die senkrechte Komponente der Kräfte gemessen wird. Ein weiterer Weg wäre, die Hinterachse mit zwei Kreuzgelenken zu trennen, so daß bei Aufteilung des Achstrichters in einen Ober- und Unterzug die Seitenkraft in Zug und Druck im Ober- und Unterzug gemessen wird, während die senkrechte Kraft der Biegung in beiden Teilen nachgewiesen werden kann.

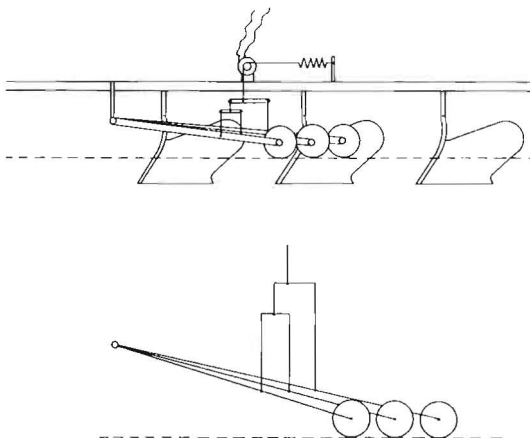


Bild 4: Schema der Pflugtiefenmessung

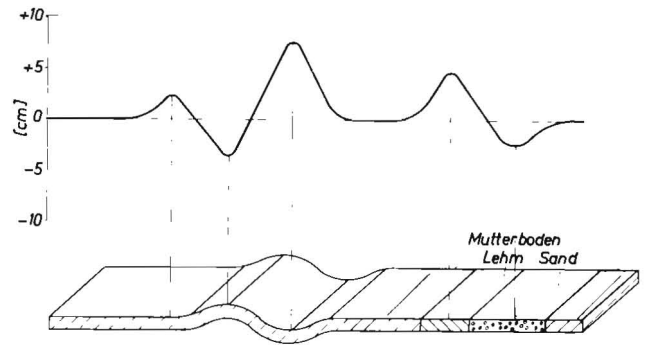


Bild 5: Pflugtiefenabweichung (schematisch)

Meßmethoden

Die bisher beschriebenen Meßgrößen geben Aufschluß über die Beanspruchung und Funktion der schlepperseitigen Einzelteile. Die Tiefenmessung am Pflug soll Aufschluß geben über die geräte-seitige Funktion der Regelhydraulik. Da man auf dem Acker mit sehr unterschiedlichen Böden und Bodenoberflächen rechnen muß, sind Registrierungen von Furchentiefen nur schwer exakt durchzuführen. Eine Methode, mit elektronischen Mitteln berührungslos den Pflugabstand zum Boden zu messen, befindet sich noch in der Erprobung und verspricht Erfolg zu haben.

Bisher jedoch muß man sich mit der Verwendung von Tasträdern am Pflug begnügen. Es wurden drei getrennt angelenkte Tasträder am Pflug befestigt und der Mittelwert dieser drei Räder zu gleichen Anteilen über ein Hebelgestänge auf ein Potentiometer übertragen (Bild 4). Diese Meßmethode funktioniert jedoch nur, wenn die Ackeroberfläche vorher geglättet wird, also mit einer Walze entsprechend angewalzt wird.

Um bei den verschiedenen Vergleichsversuchen auch den Boden-zustand zu erfassen, wurde der Abscherwiderstand nach der Methode von SCHAFFER ermittelt [1]. Auch wurde versucht, die Bodendurchlüftung nach RID zu messen [2], die Ergebnisse waren jedoch größeren Streuungen unterworfen.

Die Meßgrößen, die mit diesen Meßgebern aufgenommen werden, können über elektronische Meßbrücken erfaßt und auf entsprechenden Schreibern als eichfähige Diagramme aufgezeichnet werden. Es werden dabei verschiedene Wege besprochen: Man kann an das zu messende Fahrzeug einen Anhänger hängen, auf dem die Meßgeräte montiert sind. Die zweite Möglichkeit ist, mit einem Meßwagen neben dem zu untersuchenden Fahrzeug herzu-fahren.

Beide dieser Methoden haben den Nachteil, daß die Meßgeräte über den Acker gefahren werden müssen und dabei Erschütterungen ausgesetzt sind, was die bisher verwendeten Röhrengeräte nur bei entsprechend guter Federung und Dämpfung vertragen. Geht man dazu über, die Meßgeräte an einem Punkt zu stationieren und ein langes Verbindungskabel mit dem Testgerät zu kuppeln, so ist man an eine begrenzte Fahrlänge gebunden und muß die Meßkabel über den Acker ziehen, was letzten Endes immer wieder zu Anschluß-schwierigkeiten an den Kabeln führt. Deshalb wurden die Meß-geräte auf dem Versuchsgerät selbst aufgebaut und nur noch transistorisierte Meßgeräte verwendet, die entsprechend klein, erschüt-terungsunempfindlich und sparsam im Stromverbrauch sind. Es lassen sich heute viel kleinere und leichtere Meßbrücken verwenden, die ohne großen Gewichts-aufwand zu montieren sind. Der ganze Stand kann leicht von Schlepper zu Schlepper umgesteckt werden.

Darüber hinaus wäre natürlich ein weiterer Weg, der auf Grund der Satellitenforschung immer mehr in Diskussion kommt, denkbar, nämlich mit Hilfe von kleinen Meßsendern den Meßwert drahtlos zu übertragen. Eigene Versuche in dieser Richtung waren bereits vielversprechend. Diese Methode hat natürlich nur dann einen besonderen Vorzug, wenn der Meßsender mit der Meßbrücke zu-sammen selbst am bewegten Teil montiert und von der rotierenden oder hin und her gehenden Antenne der Meßwert ohne weitere Übertragungsglieder gesendet werden kann. In amerikanischen Ent-wicklungsabteilungen von größeren Firmen konnten bereits der-artige Meßsender in Streichholzschachtelgröße im praktischen Ge-brauch besichtigt werden.

Bild 6: Zusammenhang zwischen Drehmomenten, Hydraulikdrücken, Lenkerkräften und Vorderachsentlastung

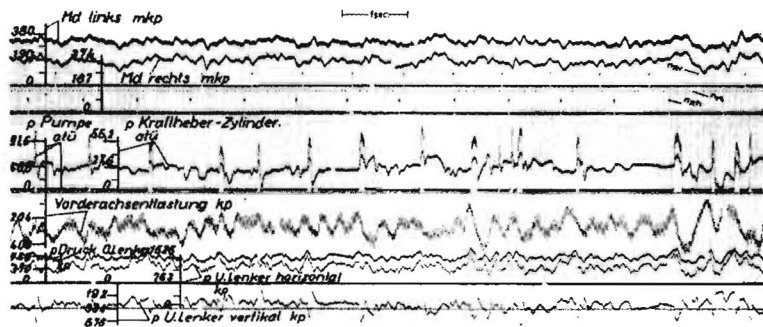
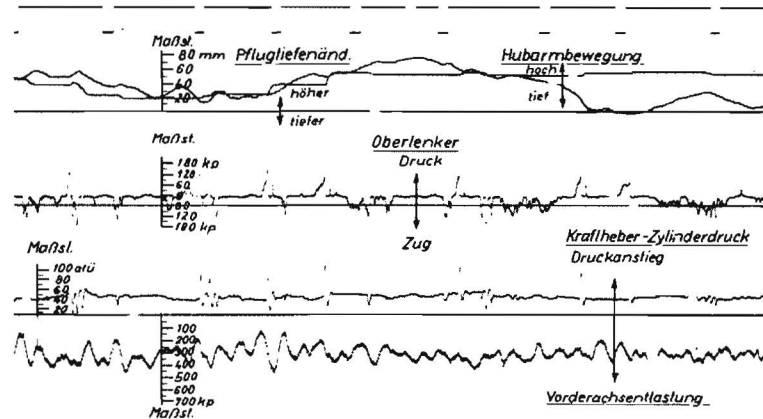


Bild 7: Pflugtiefenänderung in Abhängigkeit von Lenkerkräften und Hydraulikdrücken



Messung an Regelhydrauliken

Um die Erprobung verschiedener Regelhydraulik-Systeme im Vergleich zueinander exakt durchzuführen, wurde ein Testgelände geschaffen etwa 40×120 m, in das eine Bodenwelle eingearbeitet wurde (Bild 5). Die Bodenwelle, die sinusartigen Verlauf hat, hat eine Wellenlänge von 20 m und eine Amplitude von 0,45 m. Hinter dieser Bodenwelle wurde ein 20 m breiter Streifen Lehm angebracht und wiederum dahinter ein 20 m breiter Sandstreifen. Die Unterschiede der Abscherwiderstände betragen bei dem Mutterboden etwa 3,2 mkg nach der Methode von SCHAFER [1], im Lehm Boden 4,0 und im Sandboden 2,2 mkg. Auf dieser Teststrecke wurden die verschiedenen Regelhydraulik-Systeme und auch die verschiedenen Pflüge durchgemessen.

Die verschiedenen Schlepper wurden immer an einem Tag und auf ein und demselben vorbereiteten Testgelände durchgemessen. Nach jeder Messung wurde der Boden wieder sehr tief durchgepflügt, zunächst mit einem Untergrundpacker an den tieferen Schichten verfestigt, anschließend mit einer eigens dazu gebauten Vibrationswalze angewalzt und auf diesem Boden die Furchentiefe registriert.

Die Teststrecke selbst war alle 2 m mit festen Markierungen versehen, die mit Hilfe eines Kontaktes auf die Meßschriebe übertragen wurden. So war jeder einzelne Punkt der Meßstrecke auf dem Diagramm wiederzuerkennen und außerdem für die ersten ungefähr 50 Messungen die Übereinstimmung zwischen der Tiefenregistrierung und der mit der üblichen Handmeßmethode gemessenen Tiefe nachgewiesen. Alle anderen Meßwerte wurden vor und nach jeder zweiten beziehungsweise dritten Messung oder nach jedem Vergleichsprogramm mechanisch geeicht. Anhand von zwei Beispielen sollen die Diagramme, die mit einem 18 Kanal-CEC-Schreiber gewonnen wurden, erläutert werden.

Bild 6 zeigt einen Regelhydraulik-Schrieb, aus dem der Verlauf der Hinterachsdrehmomente, der Drücke in der Hydraulikpumpe und im Kraftheberzylinder, der Vorderachsentlastung und der Kräfte im oberen und unteren Lenker ersichtlich ist. Unter der ziemlich gleichmäßig verlaufenden Linie der Hinterachsdrehmomente sind die Drehzahlmarken für die Vorder- und Hinterräder markiert, dazwischen befindet sich die Marke für die Motordrehzahl. Der darunter liegende Schrieb für die Hydraulikdrücke läßt die regelnde Funktion der Hydraulik erkennen; man sieht, wie im Verlauf der Pflugbewegung der Pumpendruck mit dem Zylinderdruck ansteigt und abfällt. Die Kurve für die Vorderachsentlastung zeigt die Empfindlichkeit der Meßanordnung besonders deutlich: Die Schwingungen der Vorderachse, die vom Motor verursacht werden, sind deutlich zu erkennen. Aus den Kurven der Lenker-

kräfte im unteren Teil des Diagramms ist zu ersehen, daß die im unteren Lenker auftretende Biegung sehr gut mit jedem Regelimpuls übereinstimmt.

Der Schrieb (Bild 7) zeigt die Zusammenhänge zwischen Pflugtiefenänderung, Hubarmbewegung und Hydraulikdrücken. In der oberen Reihe des Diagramms ist der Verlauf der Pflugtiefenänderung und der Hubarmbewegung aufgezeichnet. Der Verlauf des Zylinderdrucks im Kraftheber zeigt sehr deutlich die einzelnen Regelimpulse und die Rückführung des Systems, während aus der Kurve der Kräfte im oberen Lenker die Impulse zu erkennen sind, die die Regelung auslösen. Auch die Vorderachsentlastung, die als unterste Linie dargestellt ist, läßt die Auswirkung dieser Steuerungsimpulse gut erkennen.

Wenn man auch durch die beschriebenen Versuche die landwirtschaftlichen Bedingungen nicht ganz exakt nachahmen kann, so sind Relativmessungen doch oft schon ausreichend. Das wesentliche Ziel der Messungen ist, nachzuweisen, wie verschiedene Systeme im Vergleich zueinander und unter gleichen Bedingungen arbeiten und welche Ursachen für ihr verschiedenes Verhalten vorliegen. Wenn dieser Nachweis gelingt, so haben die Versuche ihren Sinn zum großen Teil erfüllt.

Zusammenfassung

Es wird zunächst auf die Notwendigkeit der Erprobung eingegangen und die Frage der Prototypen und Prüfstandserprobung behandelt. Als Beispiel einer landtechnischen Erprobung wurde eine Regelhydraulik-Erprobung am Schlepper geschildert.

Bei der funktionellen und meßtechnischen Erprobung kommt es darauf an, mit möglichst kleinem Risiko und mit bester Zeitausnutzung zu fahren. Die Meßgeräte und Geber haben deshalb so einfach und zuverlässig wie nur eben möglich zu sein. Das gleiche gilt für den ganzen Meßaufbau und die Meßanordnungen. Daraus folgt, daß die Erprobung sich oft nach der Meßmethode zu richten hat. So wurde beispielsweise bei der Regelhydraulik-Erprobung die Pflugtiefe mit einer besonders zuverlässigen und einfachen Meßmethode registriert, sie machte aber eine besondere Behandlung des Ackers notwendig. Entscheidend ist, daß bei solchen Messungen Grund und Ursachen der Funktion geklärt werden können.

Schrifttum

- [1] SCHAFER, G.: Eine Methode der Abscherwiderstandsmessung bei Ackerböden zur Beurteilung ihrer Strukturfestigkeit im Feld. Landwirtschaftliche Forschung 13 (1960), S. 24—33
- [2] RID, H.: Über eine Feldmethode zur Messung der Bodendurchlüftung. Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde. 88 (1960), S. 227—231

Résumé

Horst C. Schulz: "Functional Tests and Measurements with Tractor and Implement."

First the necessity of testing is discussed and the question of prototypes and test-stand testing is dealt with. To exemplify a test in agricultural engineering a tractor test with control hydraulics is described.

The main point of trials in which the function and measuring technique are to be tested is to drive with a minimum risk and to utilize the time as much as possible. Therefore, the measuring devices and transmitters must be as simple and reliable as they can be. The same applies to the whole procedure and arrangement of measurement. It follows that testing is often determined by the measuring method. When testing the control hydraulics, for example, the ploughing depth was recorded with a particularly reliable and simple method of measurement, which required however a special treatment of the soil. What matters is that with such measurements the reason and causes of the function can be cleared.

Horst C. Schulz: «Essais de fonctionnement et de mesure entrepris avec le tracteur et l'outil.»

On souligne d'abord la nécessité de l'essai et traite des prototypes et des essais au banc. On décrit ensuite l'essai d'un relevage hydraulique asservi incorporé au tracteur en tant qu'exemple d'un essai technique.

Pour la réalisation de l'essai de fonctionnement et des mesures, il importe de se déplacer avec un risque aussi faible que possible et

d'utiliser au maximum le temps d'essai. Les appareils de mesure et les organes transmetteurs doivent être aussi simples et sûrs que possible. C'est également nécessaire pour l'assemblage d'appareillage et sa disposition. C'est pourquoi il est souvent nécessaire d'adapter l'essai à la méthode de mesure. Pendant l'essai du relevage hydraulique asservi, on a par exemple enregistré la profondeur de labour à l'aide d'une méthode de mesure particulièrement sûre et simple, mais qui exigeait une préparation particulière du sol. Il importe surtout de telles mesures que les causes des réactions signalées puissent être éclaircies.

Horst C. Schulz: «Ensayo funcional y mediciones en tractor y aperos.»

Se trata primero de la necesidad de los ensayos, de los prototipos y de su ensayo en el banco de pruebas. Como ejemplo de una prueba de técnica agrícola se presenta el ensayo de una regulación hidráulica en un tractor.

En la comprobación funcional y de medición técnica es importante que se proceda con riesgo mínimo y con el mayor aprovechamiento de tiempo, por lo que los instrumentos y las transmisiones tienen que ser tan sencillos como sea posible, rigiendo lo mismo para la disposición de las mediciones, de lo que resulta que con frecuencia el ensayo depende del método de medición. Así se ha registrado p. e. la profundidad del surco en unas pruebas de la hidráulica de regulación con un método especialmente sencillo y seguro, pero que exigió un tratamiento especial del campo. En tales mediciones el punto esencial consiste en aclarar las causas de la función.

Helmut Laible:

Lebensdauerprüfung von Fahrzeugbauteilen im Labor

Der folgende Aufsatz ist ein Auszug aus dem Referat, das Ing. HELMUT LAIBLE auf der Tagung „Erprobungsmethoden für Landmaschinen der VDI-Fachgruppe Landtechnik in Heidelberg am 22. Oktober 1963 gehalten hat. Im Anschluß an den Vortrag wurde ein Film vorgeführt, der die im Aufsatz geschilderten Prüfmethode zeigt und einen Einblick in das umfangreiche Versuchswesen einer Automobilfabrik gewährte.

Alle Automobilfabriken stellen heute noch die Lebensdauer und Zuverlässigkeit eines Kraftfahrzeuges fest, indem sie ihre Prototypen auf besonders ausgewählten Straßen über mehr oder weniger langen Zeitraum laufen lassen. Die Beanspruchung soll dabei etwas konzentrierter sein als auf normalen Straßen, damit möglichst frühzeitig eventuelle Schwachstellen sich zu erkennen geben. Diese Art praktischer Erprobung befriedigt aber nicht mehr und ist auch ganz allgemein mit dem Stand der technischen Entwicklung nicht mehr in Einklang zu bringen. Aus einer ganzen Reihe von Nachteilen stellt die lange Versuchsdauer das schwerwiegendste Hindernis dar. Für eine Fahrstrecke von 100 000 km — die unterste Grenze der Lebensdauer — benötigt man auch mit Schichtbetrieb zehn bis zwölf Monate.

Welches Bauteil übersteht aber schon in einer Entwicklungsphase zehn Monate, ohne irgendwie geändert zu werden? Dann muß das Teil wieder ausgetauscht werden, und man beginnt mit der Erprobung und Zählung der Kilometer wieder von vorne. Dieses Spiel wird sich über den ganzen vorgesehenen Entwicklungszeitraum mehrfach wiederholen, und wenn dann die endgültige Form gefunden oder beschlossen ist, stellt man fest, daß nicht alle Bauteile eine ausreichende Lebensdauer im Erprobungslauf absolviert haben. Es ist dann oftmals der Kunde, der die restlichen Kilometerzahlen fehlender Erprobung übernehmen muß und dies mit dem bekannten Ausdruck der „Kinderkrankheiten“ als unvermeidbar ansieht.

Noch ein weiterer Grund läßt den Test auf der Straße nicht mehr tragbar erscheinen. Die Teile eines Kraftfahrzeuges werden nach den Grundsätzen einer ausgeprägten Leichtbauweise entworfen. Das Gewicht möglichst niedrig zu halten, ist im Hinblick der Wirtschaftlichkeit geboten und senkt auch die Herstellungskosten. Leichtbau heißt maximale Ausschöpfung des Werkstoffes; er bringt neben Vorteilen auch eine Reihe von Problemen, denen sorgfältig nachgegangen werden muß, wenn die Zuverlässigkeit des Fahrzeuges nicht in Frage gestellt sein soll.

Der Konstrukteur wird bei der Bemessung der Teile darauf achten müssen, daß er die Dauerfestigkeit verlassen hat und in das Gebiet der Zeitfestigkeit vorgedrungen ist. Wenn er seine Sache gut

gemacht hat, bedeutet das, daß nach einer vorausbestimmten Laufzeit alle Bauteile möglichst gleichmäßig ermüdet sind.

Man wird also im Automobilbau darüber nachzudenken haben, welche Erprobungsmethoden geeignet sind, die lange Prüfungsdauer zu verkürzen. Der nächstliegende Gedanke ist, das Fahrzeug in einem Zeitintervall öfter als normal zu beanspruchen, unter Anwendung der schwersten Bedingungen, die aber immer noch tatsächlich im Betrieb vorkommen. Man versucht hierbei über eine vergleichbare Schadensausbildung eine Relation der Lebensdauer in der gefahrenen Kilometerzahl zu bekommen. Die hierbei erreichbare Zeitraffung ist aber immer noch unbefriedigend.

Will man die Schäden in noch kürzerer Zeit ermitteln, indem man eine Straße mit künstlichem maximalem Schwierigkeitsgrad zur Hilfe nimmt, dann werden Brüche auftreten, die zu normalen Betriebsschäden keine Analogie mehr besitzen und demgemäß für eine Lebensdauerbeurteilung sich ausschließen.

Auch der Verlauf der WÖHLERlinie bei den einzelnen Bauteilen kann über die Fragwürdigkeit der Lasterhöhung Aufschluß geben. Hoch in der Zeitfestigkeit muß bei vergleichbaren Versuchsteilen das Verhältnis der ertragbaren Spannung durchaus nicht dem nächst der Dauerfestigkeit sein, man kann also die Belastung nicht beliebig erhöhen, ohne Gefahr zu laufen, die Reihenfolge der zu erwartenden Schäden betriebsfremd zu ändern. Es gibt aber noch andere Gründe, die gegen einen in der Belastung so erhöhten Test sprechen. Man denke nur daran, daß ein Kraftfahrzeug schließlich aus einer ganzen Reihe resonanzfähiger Systeme zusammengesetzt ist, deren Abstimmung und Dämpfung recht unübersichtlich reagiert, wenn der Bereich normaler Beanspruchung verlassen wird.

Es drängt sich dann eigentlich von selbst der Gedanke auf, die Hauptentwicklungsarbeit von diesem ebenso langfristigen wie teuren Test auf der Straße in das versuchstechnisch viel übersichtlichere Labor zu verlegen. Dabei lassen sich die Bauteile getrennt prüfen und sind so gefahrlos für einen wirklichen Zeitraffungseffekt zugänglich. Diese Unabhängigkeit von anderen Bauteilen ist von außerordentlicher Bedeutung und ermöglicht, daß

1. mit dem Versuch sehr früh begonnen werden kann, lange bevor der erste Prototyp zusammengebaut ist;
2. mit der Reproduzierbarkeit eines Prüfstandversuchs eine wertvolle Vergleichsbasis geschaffen ist, die den Einfluß von konstruktiven und werkstofftechnischen Varianten auf die Lebensdauer erkennen läßt;