

Technische Probleme der Prüfungsmethoden bei der Ermittlung des Gebrauchswertes von Landmaschinen

Institut für Landmaschinen, Gießen

Der vorliegende Beitrag ist eine Fortsetzung zum gleichnamigen Beitrag in Heft 4/1962 der „Landtechnischen Forschung“.

Anwendbarkeit der Meßmethoden

Die einfache Methode der elektrischen Leistungsmessung läßt den Wunsch aufkommen, bei fahrenden Antriebsmaschinen beispielsweise den Verbrennungsmotor durch einen Elektromotor zu ersetzen. Hierbei ist aber zu beachten, daß die Drehmomentcharakteristik der Antriebsmaschine (Bild 7) die Beanspruchung der Arbeitsmaschine beeinflussen kann. Die registrierende Zugkraftmessung bleibt für solche Fälle die einzige Methode, um über den Kraftbedarf genaue Angaben zu erhalten. Sie beschränkt sich zwar auf Maschinen, bei denen der Zughaken das Kraftübertragungsmittel ist (Fahrzeuge, bodenradgetriebene Maschinen und Geräte mit ausschließlichem Zugkraftbedarf).

Inwieweit die Energieverbrauchsmessung einen hinreichenden Aufschluß geben kann, zeigt das Beispiel der Bestimmung des Leistungsbedarfes von Stallungstreuern [29], wenn entsprechende Voraussetzungen gegeben sind (Bild 8).

Wenn es gelingt, ohne Beeinflussung des technologischen Arbeitsvorganges in der Maschine die Leistungsbedarfsmessung auf dem Prüfstand vorzunehmen, dann läßt sich die elektrische Leistungs-

messung ohne weiteres anwenden. Das ist normalerweise bei Verteilmaschinen [29] möglich. Man muß sich aber bei diesem Verfahren immer Rechenschaft darüber ablegen, ob wesentliche Einflüsse, wie Fahrerschütterungen oder Hangneigungen, vernachlässigt werden können.

Läßt sich jedoch der Vorgang in der Maschine nicht auf einem Prüfstand reproduzieren, was für die meisten Feldmaschinen zutrifft, und genügt die integrale Energiemessung nicht, dann bleibt nur die relativ aufwendige Meßwertermittlung über Dehnungsmeßstreifen mit elektronischer Registrierung [30]!).

Bestimmung des Leistungsvermögens

1. Einfache funktionelle Zusammenhänge

Die Arbeitsleistung einer Maschine wird allgemein zum Zwecke des technischen Vergleiches als theoretisch erzielbare Leistung ermittelt, die sich bei störungsfreiem Betrieb aus der in der Zeiteinheit maximal erreichbaren Menge $|Q_t|_{thor}$ des zu bearbeitenden Gutes oder aus der theoretisch möglichen Flächenleistung $|F_t|_{thor}$ bei voller Ausnutzung der Arbeitsbreite b_A mit konstanter Fahrgeschwindigkeit v_F ergibt. Dabei kann die Menge entweder in Raumeinheiten oder Gewichtseinheiten dargestellt werden. Es besteht also folgender funktioneller Zusammenhang:

$$v_F = f(Q_t),$$

$$|F_t|_{thor} = f(b_A, v_F).$$

Die wirkliche Flächenleistung $|F_t|_{off}$ ist abhängig vom Zustand des Feldes nach Form, Bestand, Witterungseinfluß u. a. (k), so daß die allgemeine Beziehung lautet

$$|F_t|_{off} = k \cdot |F_t|_{thor} \quad (k < 1).$$

Technologische Eigenschaften des Gutes (der Zustand schlechthin) und andere durch örtliche Verhältnisse bedingte Einflußfaktoren bedingen bei jeder Maschine ihrer Art und Bauweise entsprechende Fähigkeiten, die nach Möglichkeit in einer Kennlinie oder einem Kennbild dargestellt werden sollten, um dadurch vergleichbar zu werden. Dabei muß selbstverständlich zwischen Fähigkeiten, die durch die Konstruktionsdaten (beispielsweise Arbeitsbreite) der Maschine begrenzt sind und solchen, die von den Einsatz-

¹⁾ Man wird auch beim Meßziel einen Unterschied machen, ob es sich um eine Entwicklungs- und Gebrauchswertprüfung oder eine reine Gebrauchswertprüfung im erwähnten Sinne handelt. Im ersteren Fall ist der Kraftverlauf in allen Einzelheiten wissenschaftlich wertvoll, während man im letzteren mit Mittelwerten auskommen kann.

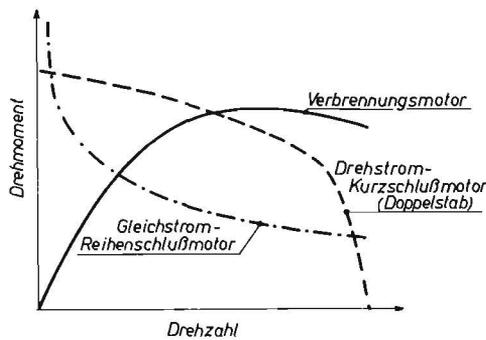


Bild 7: Drehmomentkennlinien von Verbrennungs- u. Elektromotoren

Das Drehmoment ist bei einem Elektromotor in bestimmten Grenzen wesentlich mehr von der Drehzahl abhängig als bei einem Verbrennungsmotor. Wegen des stärkeren Durchzugvermögens des Elektromotors würde beispielsweise bei einem Elektroschlepper der Stoß auf einen Pflugkörper bei einem plötzlich auftretenden Hindernis in seinen Folgen anders sein als bei einem Schlepper mit Verbrennungsmotor [24].

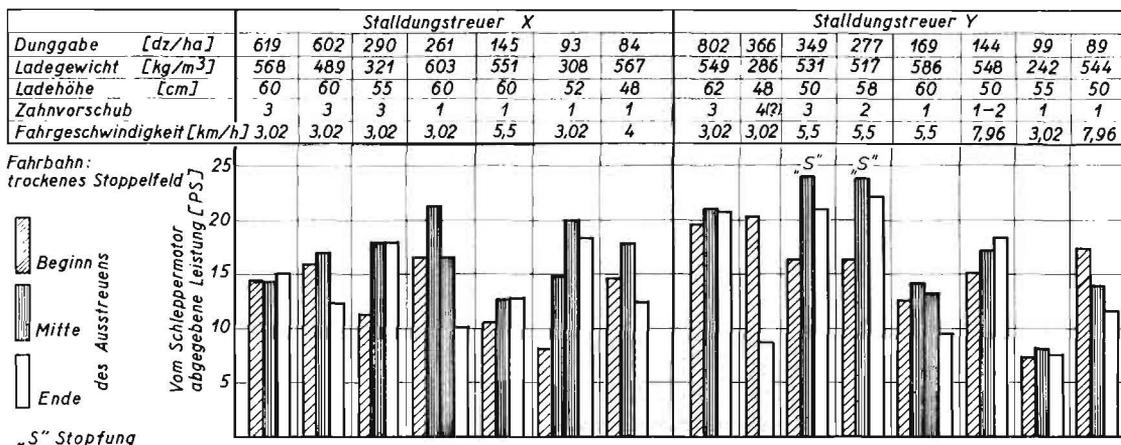


Bild 8: Bestimmung des Leistungsbedarfes von Stallungstreuern durch Energieverbrauchsmessung

Wenn vorausgesetzt werden kann, daß die Bodenverhältnisse für jede Messung als die gleichen anzusehen sind, bringt die Energieverbrauchsmessung des Schleppers (Kennfeldmethode) einen ausreichenden Überblick über die Eigenschaften einer Feldmaschine wie hier beim Vergleich zweier Stallungstreuer. Man sieht, daß sehr unterschiedliche Leistungsanforderungen an den Schlepper von ein- und derselben Maschine gestellt werden, die in weiten Grenzen schwanken, weil sie von mehreren Einflußfaktoren abhängen. Das Meßergebnis spiegelt ein kennzeichnendes Bild wider.

bedingungen (verarbeitbare Menge in Gewichts- oder Raumeinheiten) abhängen, unterschieden werden [31; 32].

Sind die Aufgaben der Maschine auf ein einziges Ziel ausgerichtet, wie das beispielsweise bei Zerkleinerungsmaschinen der Fall ist, und ist das zu verarbeitende Gut in seiner Beschaffenheit (Dichte, Wassergehalt) als gleichmäßig anzusehen [33] oder eindeutig definierbar, ist die zeitlich verarbeitete Menge die Vergleichsbasis ohne Einschränkung.

2. Verwickeltere funktionelle Zusammenhänge

Werden aber von der Maschine noch andere Vorgänge (etwa Trennen und Sortieren) verlangt, dann beeinflusst die konstruktive Auslegung einerseits und der Zustand des Verarbeitungsgutes andererseits wesentlich das Leistungsvermögen. Ein kennzeichnendes Beispiel hierfür ist die Ermittlung des Leistungsvermögens von Dreschmaschinen. In der landwirtschaftlichen Praxis begnügt man sich mit der Angabe der in der Zeiteinheit erzielbaren Körnermenge. Da aber die Körnermenge räumlich den wesentlich kleineren Teil der durchzusetzenden Masse darstellt, haben bereits BALASSA, NACHTWEH u. a. [34...39] für Vergleiche des Leistungsvermögens von Dreschmaschinen das durchsetzbare Garben- beziehungsweise Strohgewicht als Nenngröße vorgeschlagen. Je nachdem, ob die Körnersiebfläche oder die Schüttlerfläche das Kriterium [40] der Maschine ist, wird man sich für eine der beiden Belastungsgrenzen (Bild 9) entscheiden müssen.

Spezifischer Arbeitsaufwand

1. Der spezifische gesamte Arbeitsaufwand

Der Leistungsbedarf N_m je Leistungsvermögen ergibt den spezifischen gesamten Arbeitsaufwand. Je nach der Dimension des Verarbeitungsgutes oder der Fläche wird der Energiebedarf je Gewichtseinheit (G_t), Raumeinheit (V_t) oder Flächeneinheit (F_t) in der Zeiteinheit dargestellt, beispielsweise

$$A_G = \frac{N_m}{G_t} \text{ [Psh oder KWh je Gewichtseinheit],}$$

$$A_V = \frac{N_m}{V_t} \text{ [Psh oder KWh je Raumeinheit],}$$

$$A_F = \frac{N_m}{F_t} \text{ [Psh oder KWh je Flächeneinheit].}$$

Mit dem spezifischen gesamten Arbeitsaufwand erhält man einen Maßstab für die Wirtschaftlichkeit der Maschine (Bild 10).

2. Der spezifische reine Arbeitsaufwand

Der spezifische Arbeitsaufwand gilt besonders bei Zerkleinerungsmaschinen nach VORMFELDE [41] und STÖCKMANN u. a. [42; 43] als ein Beurteilungsmaßstab, wobei man zwischen dem gesamten Arbeitsaufwand (einschließlich des Leerlaufleistungsbedarfes der Maschine) und dem Aufwand für die reine Arbeit (abzüglich des Leerlaufbedarfes) unterscheiden muß. Für sämtliche Arbeitsmaschinen gilt, daß das zu verarbeitende Gut — zumindest aber der Teil mit dominierender Wirkung (siehe Bild 9) und nicht wie beispielsweise bei Dreschmaschinen der Körnerdurchsatz [44] als unbedeutender Teil — als Vergleichsbasis genommen wird. Der spezifische reine Arbeitsaufwand gibt Hinweise auf funktionelle Eigenschaften der Maschine beziehungsweise einzelner Elemente (Bild 11). Er kann auch eine Meßgröße für Eigenschaften des Verarbeitungsgutes sein.

Der konstruktive Aufbau

Bei der Beurteilung des Gebrauchswertes einer Landmaschine muß gegebenenfalls der konstruktive Aufbau kritisch betrachtet werden. Am besten untersucht man die Maschinen beziehungsweise Fahrzeuge, sofern es sich um Feldmaschinen handelt, die durch Bodenebenenheiten besonderen Beanspruchungen ausgesetzt sind, auf einer Prüfbahn eine bestimmte Zeitlang oder auf einem Prüfstand [47...50]. Entweder wird die Beanspruchung [51] gemessen oder die Brüche nach einem den praktischen Erfordernissen angepaßten Dauereinsatz festgestellt. Eine Untersuchung auf einem Prüfstand wird jedoch selten die wahren Beanspruchungen der Praxis nachahmen können, weshalb die Prüfbahn (Bild 12) vorgezogen werden sollte.

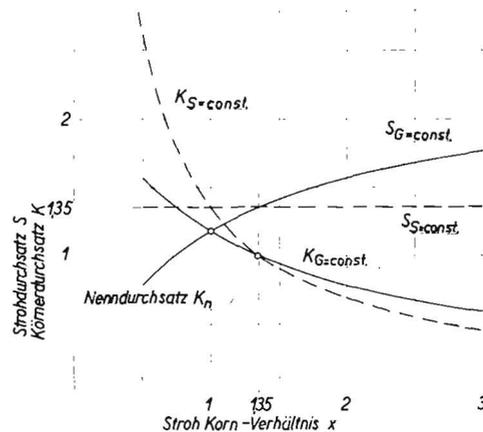


Bild 9: Stroh- und Körnerdurchsatz als Funktion des Stroh Korn-Verhältnisses bezogen auf die Nennkörnerleistung K_n einer Dreschmaschine. Es gilt als vereinbart, die Nennkörnerleistung K_n bei Weizen mit einem Stroh Korn-Verhältnis $x_n = 1,35$ anzugeben. Je nachdem, ob man den daraus sich je Zeiteinheit ergebenden Garbendurchsatz G_n oder Strohdurchsatz S_n als Belastungsgrenze der Maschine festlegt, ändern sich als Funktion des Stroh Korn-Verhältnisses $x = \frac{N}{K}$ die jeweiligen Körnerdurchsätze.

Weil $G_n = K_n + S_n$, gilt $G_n = (x_n + 1) \cdot K_n$.

Ist G_n die Belastungsgrenze ($G_n = \text{const}$), ergibt sich aus der Kontinuitätsgleichung

$$(x_n + 1) \cdot K_n = (x + 1) \cdot K_{G_n} = \text{const}$$

für den Körnerdurchsatz

$$K_{G_n} = \text{const} = \frac{x_n + 1}{x + 1} \cdot K_n.$$

Mit der Strohmenge S_n als Belastungsgrenze ($S_n = \text{const}$) wird entsprechend für den Körnerdurchsatz

$$K_{S_n} = \text{const} = \frac{x_n}{x} \cdot K_n.$$

Das Verhältnis beider Körnerdurchsätze als Funktion des Stroh Korn-Verhältnisses x lautet

$$\frac{K_{G_n} = \text{const}}{K_{S_n} = \text{const}} = \frac{2,35}{1,35} \cdot \frac{x}{x + 1}$$

für $x > x_n$ ist $K_{G_n} > K_{S_n}$ und für $x < x_n$ ist $K_{G_n} < K_{S_n}$

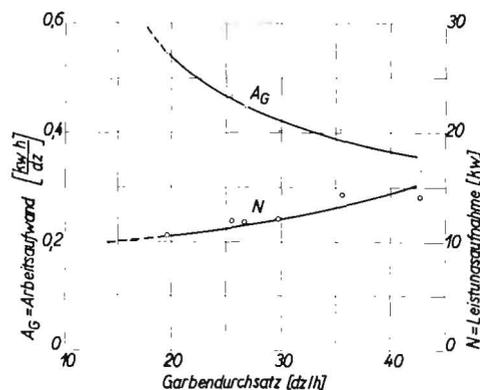


Bild 10: Arbeitsaufwand einer Dreschmaschine je Garbendurchsatz. Schlagleistendrescher mit Presse; Nennleistung 30 dz/h

Je größer der Garbendurchsatz, desto wirtschaftlicher (Energiekosten) gestaltet sich der Drusch [45]

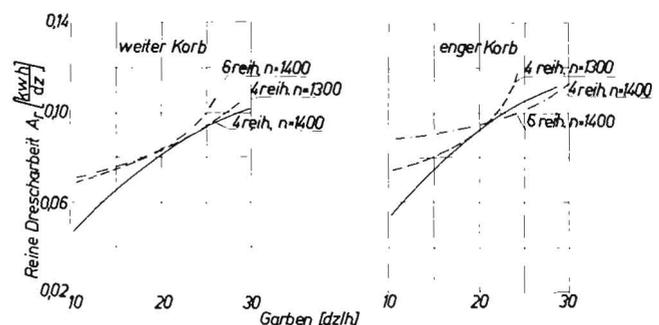


Bild 11: Reiner Arbeitsbedarf einer Dreschtrömel in Abhängigkeit vom Garbendurchsatz

Bei Untersuchung der Eigenschaften verschieden ausgestatteter Dreschkörbe bei einer Dreschtrömel zeigte der reine Drescharbeitsbedarf deutliche Unterschiede [46]



Bild 12: Prüfbahn für Fahrzeuge

Im Institut für Landmaschinen der Universität Gießen ist auf einer Kreisbahn der Zustand eines schlechten Feldweges naturgetreu nachgestaltet. An einen Zentrierfahrläuft ein Elektroschlepper, der die Fahrzeuge mit Fahrgeschwindigkeit bis zu 7 km/h über die Bahn zieht.

Die Kontrolle der Güte der Konstruktion schließt auch die Kontrolle der Rückwirkungen der Bauweise des Fahrzeuges oder der Maschine auf die Umgebung (Stützlasten, Achslasten) ein [29]. Mitunter gehören hierhin auch funktionelle Untersuchungen, die die Wirkungsweise und die konstruktive Auslegung einzelner Elemente der Maschine kritisieren [52... 54].

Tafel 1: Untersuchungsplan für ein Mähwerk zum Zwecke der Erfassung von Grenzzuständen des zu bearbeitenden Stoffes

Zustand	Wiese (allgemein)				Untergräser			
	Feuchte		Bestand		Lebensalter		Wuchsform	
	I		II		III		IV	
	feucht	trocken	dicht	dünn	frisch	verrottend	drahtig	breitblättrig
Kenn-Ziffer	1	2	1	2	1	2	1	2
1	○		○		○		○	
2	○		○		○		○	
3	○		○			○	○	
4	○		○			○		○
5	○			○	○		○	
6	○			○	○			○
7	○			○		○	○	
8	○			○		○		○
9		○	○		○		○	
10		○	○		○			○
11		○	○			○	○	
12		○	○			○		○
13		○		○	○		○	
14		○		○	○			○
15		○		○		○	○	
16		○		○		○		○

Vier wesentliche Faktoren I—IV mit je zwei Extremzuständen (1:2) werden berücksichtigt, wenn der Versuchsplan so angelegt ist, daß bei jedem Versuch sich nur ein Zustand ändert. Die möglichen Variationen der beiden Grenzzustände unter den vier Faktoren ergeben $2^4 = 16$ Variationen. Die Reihenfolge der variierten Kennziffern zum Beispiel 1221 (1 feuchte Wiese, 2 dünner Bestand, 2 verrottendes Untergras, 1 vorwiegend breitblättrige Wachstumsform) protokolliert den Versuchsplan

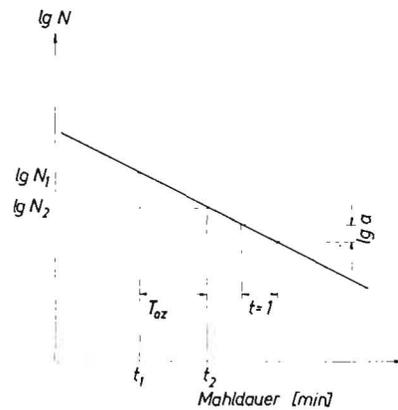


Bild 13: Schnellbestimmung des Verschleißes von Mahlsteinen

Mittels Sand an Stelle normalen Mahlgutes wird die Verschleißzeit bei Mahlsteinen sehr verkürzt. Ein Maßstab für den Verschleiß ist die Leistungsaufnahme N des Mahlwerkes, die in Abhängigkeit von der Mahldauer und den dadurch bedingten Verschleiß nach einem Exponentialgesetz (in logarithmischer Darstellung als Gerade) abnimmt. Die Steigung ($-\log a$) in der Zeiteinheit ($t=1$) oder die Dauer (T_{az}) einer bestimmten Leistungsbedarfsminderung ($\log N_1 - \log N_2$) sind ein Maßstab für den Verschleiß [61].

Ein wichtiges Beurteilungsmerkmal für die Güte der Maschine und auch des verwendeten Werkstoffes ist der Verschleiß. Hier läßt sich mittels einfacher Verschleißprüfstände eine objektive Vergleichsbasis [55... 58] finden. Aber auch hier muß der Unterschied zur Praxis erkannt werden. Es kann notwendig werden, daß man den Ursachen des Verschleißes nachgeht, die nicht nur in der Wahl des falschen Werkstoffes, sondern auch in einer schlecht angelegten Konstruktion liegen können [47; 59; 60]. Besonders bei Entwicklungsprüfungen ist das Forschen nach den Ursachen angezeigt. Es läßt sich auch manchmal ein artfremder, Verschleiß verursachender Stoff als Verarbeitungsgut verwenden (Bild 13), wie es STÖCKMANN und LÖFFLER [61] angeben. Einen Ersatzstoff kann man nur dann verwenden, wenn die Gesetzmäßigkeiten seiner Wirkung mit dem Originalstoff identisch sind. Mit der Güte der Konstruktion ist neben der Haltbarkeit auch die einwandfreie Funktion der Maschine und damit ihre technologische Eigenschaft verbunden.

Die Güte der Arbeit

Die Art, wie verschiedene Maschinen mit dem gleichen Arbeitsziel das zu be- oder verarbeitende Gut behandeln, kann unterschiedlich sein, ohne einen Einfluß auf die Güte der Arbeit auszuüben. Die Maschinen können sich aber auch auf Grund ihrer Bauweise in dieser Hinsicht wesentlich unterscheiden. Die am Arbeitserfolg festzustellenden Unterschiede brauchen aber nicht von der Maschine abzuhängen, sondern sie können von naturbedingten Faktoren des Gutes beeinflusst sein. Die naturbedingten Faktoren sind oft so komplex, daß zur Beurteilung der Arbeitsgüte der Maschine Kunstgriffe angewendet werden müssen, die einen etwaigen Vergleich zulassen. Leider läßt sich eine subjektive Beurteilung nicht ausschließen. Die Schwierigkeit besteht auch darin, daß der Ausgangszustand des zu verarbeitenden Gutes sehr schwer zu definieren ist, selbst dann, wenn sich der Endzustand — beispielsweise Mahlfineitsgrad bei Schrotmühlen oder Bruchkornanteil und Dreschverluste bei Dreschmaschinen oder Verschmutzungsgrad bei Reinigungsmaschinen [43; 62... 64] — sicher feststellen läßt. Sehr oft ist jedoch dieser Vorteil nicht gegeben [65... 70]. Es sind auch Vorschläge beispielsweise bei der Beurteilung der Gleichmäßigkeit der Arbeit von Verteilmaschinen von HEYDE, BLENK u. a. [71... 76] zur Anwendung statistischer Methoden gemacht worden, wonach man auch bei den zu erwartenden Flächenerträgen das von MITSCHERLICH aufgestellte Gesetz von der Ertragsminderung berücksichtigen sollte. Bei der Anwendung eines solchen Maßstabes, bei dem die landwirtschaftlichen Folgen der Arbeitsgüte berücksichtigt werden, kann man sich davor hüten, an die Arbeitsgüte der Maschine einen zu strengen, wirklichkeitsfremden Maßstab zu legen [77]. Das wird auch dann vermieden, wenn man beispielsweise eine subjektiv-visuelle Methode [29] anwendet, bei welcher das Bild der Verteilung mit der quantitativen Verteilung verglichen wird.

Am Beispiel des Mähwerkes läßt sich zeigen, daß man auf umständliche Erhebungen über den Arbeitserfolg [78] verzichten

kann, wenn man diesen durch die Störanfälligkeit des Gerätes mit ihren Ursachen (Bild 14) feststellt [79...82].

Bei der Beurteilung der Arbeitsgüte muß der Landmaschinen-Ingenieur sich stets vor Augen halten, daß es eben nicht möglich ist, die lebende Materie mit ihren biologisch bedingten Verschiedenheiten so zu erfassen, daß sie mit wenigen Kenngrößen zu charakterisieren wären. Es liegt natürlich nahe, die technologischen Eigenschaften des zu be- oder verarbeitenden Stoffes nach den Kriterien der Werkstoffkunde beurteilen zu wollen [82; 83]. Oft genügt aber auch die Erfassung von Grenzzuständen beim Verarbeitungsgut, die den Untersuchungsplan (Tafel 1) bestimmen.

Die Beanspruchung des Menschen durch die Maschine

Die Beanspruchung des Menschen durch die Maschine ist entweder direkt mit Pulsfrequenzmessungen und Respiationsversuchen [84] oder indirekt mit Fahrzeugschütterungen oder Kontrolle der Zuordnung von Bedienungshebeln zum Führerstand nach kinematischen Gesichtspunkten, wobei die Gliedmaßen des Bedienungsmannes als kinematische Glieder einzubeziehen sind [84...87], erfassbar.

Der Beurteilungsmaßstab

Der Beurteilungsmaßstab ist eindeutig, wenn ein absoluter Vergleich von Maschinen möglich ist. Für die meisten Fälle jedoch bleibt nur der relative Vergleich mit einer Testmaschine [88] oder durch Punktbewertung [42; 63]. Bei letzterer ist aber klar zu unterscheiden, welchen Eigenschaften der dominierende Wert bei der Schlußbeurteilung zuzuerkennen ist. Gibt es unter zu vergleichenden Maschinen keine, die in allen Verhältnissen gute Arbeit leistet, wird man für die jeweiligen Verhältnisse die beste Maschine durch einen relativen Vergleich innerhalb einer Einsatzbedingung heraussuchen. Die Punktbewertung hat also Nachteile. Werden alle Eigenschaften mit gleichem Gewicht behandelt, so kann es vorkommen, daß eine untergeordnete Eigenschaft bei der Gesamtbewertung zu schwer gewogen wird. Bei der Festlegung der Punktwerte ist die subjektive Beurteilung nicht ausgeschlossen. Diese Gefahr besteht besonders, wenn biologische Eigenschaften des Verarbeitungsgutes mitgetestet werden [89]. Die Punktbewertung sollte deshalb nur als Stütze bei der Urteilsfindung dienen, aber nicht zum Urteil zwingen [90...92]. Der Beurteilungsmaßstab bei Gebrauchswertprüfungen wird leider auch dadurch beeinflußt, daß der Aufwand zur Urteilsfindung in wirtschaftlichen Grenzen bleiben muß. Das läuft zwangsläufig dahin, alle Eigenschaften der geprüften Maschine manchmal nur gegenüberzustellen und es dem Interessenten zu einem gewissen Teil zu überlassen, sich für seine Verhältnisse aus den Beurteilungen und den verschiedenen Einsatzbedingungen das für ihn Brauchbare herauszusuchen. Die Erläuterung des Urteils muß aber auch im Sinne der eingangs gegebenen Formulierung die Einsatzgrenzen der Maschine aufzeigen und für die Weiterentwicklung klar definierte Anforderungen an sie stellen.

Schlußbetrachtung

In der vorliegenden Arbeit wird die Problematik bei der Erfassung des Gebrauchswertes von Landmaschinen dargelegt. Sie

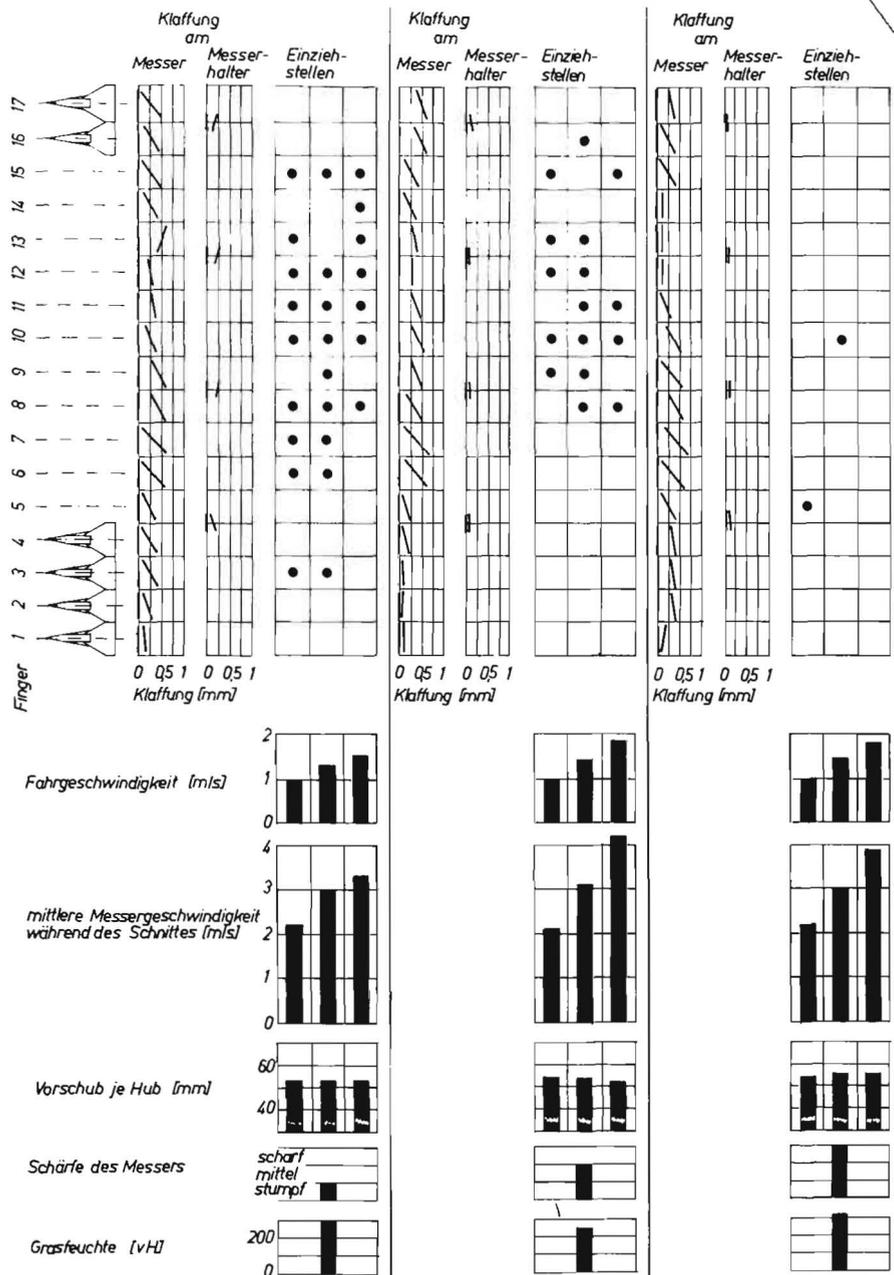


Bild 14: Zustandsdiagramm eines Mähwerkes und sein Verhalten bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen

Für den Zustand eines Mähwerkes sind das Spiel der Messer-Klingen über ihren Gegenschneiden und das Spiel der Messerhalter über ihren Räumplatten maßgebend. Es ist durch zueinander geneigte Striche in überhöhtem Maßstab dargestellt, wobei die Basis 0 mm der Ebene der Gegenschneide beziehungsweise der Räumplatte entspricht. Die Betriebsbedingungen sind gekennzeichnet durch die Fahrgeschwindigkeit, mittlere Messergeschwindigkeit während des Schnittes, Vorschub des Schneidwerkes je Messerhub, Schärfe des Messers und der Feuchtigkeitszustand des zu mähenden Grases. Aus der Darstellung ist erkenntlich, daß mit zunehmender Messergeschwindigkeit und zunehmender Schärfe des Messers bei Schneidwerken mit klaffenden Klingen die Verstopfung an den Fingern erheblich abnimmt.

ergibt sich vornehmlich aus der Forderung, so objektiv wie möglich die Funktionssicherheit der Maschinen zu ermitteln. Sind die Meßmethoden bei Leistung abgebenden Maschinen (Kraftmaschinen) noch relativ einfach, werden bei Leistung verzehrenden Maschinen die Schwierigkeiten größer, weil die Meßmethode beim praktischen Einsatz der Maschinen nicht nur wegen der Handhabung und des zu vermeidenden Einflusses auf den natürlichen Arbeitsvorgang, sondern auch wegen der entstehenden Kosten so einfach wie nur möglich bleiben sollen. Die Forderung, zu einem Ergebnis in kurzer Zeit und auf natürlichem Weg zu kommen, ist an und für sich ein Widerspruch. Die Anwendbarkeit bekannter einfacher Meßmethoden ist begrenzt. Der Maßstab zum Vergleich von Maschinen muß sich nach den Einsatzbedingungen richten. Ein absoluter Vergleich ist nur dann anwendbar, wenn jeder Beanspruchungszustand jederzeit reproduzierbar ist. Da durch die technologischen Eigenschaften des Verarbeitungsgutes dies beim Einsatz von Landmaschinen nur selten der Fall ist,

bleibt oft nur der relative Vergleich. Es muß versucht werden, zur Beurteilung des technologischen Verhaltens der Arbeitsmaschine (Güte der Arbeit, spezifischer Arbeitsaufwand im technischen und wirtschaftlichen Sinn) auch technologische Kenngrößen des Verarbeitungsgutes festzustellen, die den relativen Vergleich dem absoluten näher bringen. Da die Einsatzbedingungen für Mensch und Maschine von den „Umweltbedingungen“ wie Klima, Feldzustand abhängen, diese aber sehr verschieden sein können, ergibt sich die Forderung nach weiträumig verteilten Einsatzgebieten nicht nur einzelner, sondern möglichst mehrerer Maschinen. Die für eine jeweilige Gebrauchswertprüfung erarbeitete Untersuchungsmethode kann keine feste Norm sein, sondern ist den an die Maschine zu stellenden Anforderungen anzupassen. Die „Gebrauchswertprüfung“ dient hauptsächlich der kritischen Darlegung von Eigenschaften der Landmaschinen. Sie kann kein Rezept für den Benutzer geben, sondern muß so durchgeführt werden, daß er sich das für seine Verhältnisse Wissenswerte daraus ableiten kann. Das gilt besonders für Maschinen, die in ihrer Entwicklung als fertig angesehen werden können. Bei einer „Entwicklungs- und Gebrauchswertprüfung“ muß gleichzeitig neben den technischen Eigenschaften auch der Einfluß auf die landwirtschaftliche Arbeitsmethodik herausgestellt werden, sofern von der Maschine eine Änderung in arbeitswirtschaftlicher Hinsicht zu erwarten ist.

Zusammenfassung

Die Problematik bei der Feststellung des Gebrauchswertes von Landmaschinen ergibt sich vornehmlich aus der Forderung, objektiv die Funktionssicherheit der Maschinen und die Güte ihrer Arbeit zu ermitteln. Ein absoluter Vergleich ist nur dann anwendbar, wenn jeder Beanspruchungszustand jederzeit reproduzierbar ist. Da durch die technologischen Eigenschaften des Verarbeitungsgutes dieses nur selten der Fall ist, bleibt oft nur der relative Vergleich.

Zur Beurteilung des technologischen Verhaltens der Maschinen sind auch technologische Kenngrößen des Verarbeitungsgutes festzustellen, die den relativen Vergleich dem absoluten näherbringen. Eine Untersuchungsmethode für eine Gebrauchswertprüfung kann keine feste Norm sein. Die Gebrauchswertprüfung dient der kritischen Darlegung von Eigenschaften der Maschinen. Aus ihr muß sich der Benutzer das für seine Verhältnisse Wissenswerte ableiten.

Schrifttum

- [29] SCHULZE, K.-H.: Technische Untersuchungen an mechanischen Stallungstreuern. Landtechnische Forschung 6 (1956), S. 97—103 und 7 (1957), S. 32
- [30] HAADER, W.: Ein Beitrag zur Methodik der Messung des Zapfwelldrehmomentes und der Zugkraft an Landmaschinen. Landtechnische Forschung 7 (1957), S. 156—158
- [31] SEGLER, G.: Die Konstruktion des Feldhäckslers. Landtechnische Forschung 4 (1954), S. 1—8
- [32] SEGLER, G.: Grundsätze der Gestaltung von Sammelerntemaschinen. VDI-Zeitschrift 95 (1953), S. 113—118
- [33] GÜTH, K.: Gebläshäckler. (DLG-Maschinen-Prüfberichte, Gruppe 9e u. 9f), DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt 1955
- [34] BALASSA, F. und A. NACHTWEH: Die Dreschmaschinen. Verlag Oldenbourg, München und Berlin 1912
- [35] HOLLDAK, H.: Untersuchungen über den Antrieb von Dreschmaschinen. (Arbeiten der DLG, H. 285). Verlag DLG, Berlin 1916
- [36] KNOLLE, W.: Untersuchungen an Breitdreschtrömmeln. Dissertation TH Hannover 1929
- [37] SEGLER, G.: Maschinen in der Landwirtschaft. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin 1956
- [38] OTT, W.: Die Schlagleistentrömmel bei verschiedenartiger Beschickung. Dissertation TH Stuttgart 1940
- [39] FISCHER, W. E. und L. VOGT: Untersuchungen über den Kraftbedarf und stoßweise Beschickung einer Schlagleistenbreitdreschmaschine mit dreifacher Reinigung. Technik in der Landwirtschaft 18 (1937), S. 76—78 u. 104—106
- [40] SEGLER, G.: Kritische Gedanken zur Konstruktion von Dreschmaschinen und Mähdreschern. Landtechnische Forschung 5 (1955), S. 65—76
- [41] VORPFELDE, K.: Beitrag zur Prüfung von Schrotmühlen. Mittgl. d. Verb. landw. Masch. Prüf. Anst. 3 (1909), S. 130—136
- [42] STÖCKMANN, K.: Aufstellung von Prüfungsregeln für die Prüfung von Schrotmühlen und Entwicklung eines wirtschaftlichen Schrotverfahrens. (RKTL-Schrift 18). Beuth-Vertrieb, Berlin 1930
- [43] SCHILLING, E.: Ein Beitrag zur Kenntnis der Arbeitsvorgänge in Schrotmühlen. Dissertation TH Braunschweig 1929
- [44] GORSLER, A.: Vergleichsprüfung von Kleindreschmaschinen. In: Maschinen- u. Geräteprüfungen des Reichsnährstandes, Nr. 1 S. 25—32, Berlin 1936
- [45] NIEBEN, G.: Untersuchungen von Dreschmaschinenantrieben mit Drehstrom-Asynchronmotoren. Dissertation Universität Gießen 1957
- [46] SCHULZE, K.-H.: Untersuchungen des Dreschvorganges in einer Stiftenrömmel. Unveröffentlichtes Manuskript
- [47] KLOTH, W.: Haltbarkeit der Landmaschinen. Landtechnik 10 (1955), S. 669—671
- [48] KLOTH, W., TH. STROPPEL und W. BERGMANN: Verwindungsfähige Fahrstelle für Ackerwagen. VDI-Zeitschrift 94 (1952), S. 515—518
- [49] KLOTH, W.: Feststellungen zur Konstruktion von Ackerwagen. Landtechnik 4 (1949), S. 175—176
- [50] HAACK, M.: Maschinenerprobung in amerikanischen Landmaschinenbau. Landtechnische Forschung 4 (1954), S. 38
- [51] BERGMANN, W.: Messung der Beanspruchungszustände an Bauteilen von Landmaschinen. Konstruktion 6 (1954), S. 21—25
- [52] HEYNER: Sicherheitsglieder der drehenden Bewegung. In: RKTL-Schrift 71 (3. Konstrukteur-Kursus), S. 14—18. Beuth-Vertrieb, Berlin 1936
- [53] FLEHR, F.: Übersicht über die Sicherheitsglieder. In: RKTL-Schrift 71 (3. Konstrukteur-Kursus), S. 12—14. Beuth-Vertrieb, Berlin 1936
- [54] SCHULZE, K.-H.: Kinematische Untersuchung eines Gerätes zum Rübenverhacken. Konstruktion 5 (1953), S. 15—20
- [55] GAUS, H.: Heuwerbemaschinen. (DLG-Maschinen-Prüfberichte, Gruppe 7a) DLG-Verlags-GmbH., Frankfurt 1955
- [56] KLOTH, W.: Abnutzungsversuche mit Messerhaltern. Technik in der Landwirtschaft 11 (1930), S. 310—311
- [57] FISCHER-SCHLEMM, W. E. und W. KREPPEL: Korrosionsversuche mit verschiedenen Metallen in Handelsdüngertlösungen. Landtechnische Forschung 7 (1957), S. 138—139
- [58] KAYSER, H.: Bewitterungsversuche mit Anstrichfarben für Landmaschinen. In: RKTL-Schrift 88 (4. Konstrukteur-Kursus), S. 50—54. Beuth-Vertrieb, Berlin 1938
- [59] STROPPEL, TH.: Untersuchungen an Gabelheuwendern. In: RKTL-Schrift 91 (5. Konstrukteur-Kursus), S. 103—114. Beuth-Vertrieb, Berlin 1939
- [60] WENZELBURGER, H. und G. KÜHNE: Vergleichende Untersuchungen an Scharwerkstoffen. Technik in der Landwirtschaft 12 (1931), S. 257—259
- [61] STÖCKMANN, K. und A. LÖFFLER: Vorschlag eines Schnellprüfverfahrens zur Feststellung des Gebrauchswertes künstlicher Mühlsteine. Mühlenzeitung 4 (1950), S. 253—255
- [62] FINKENZELLER, R.: Das Körnerbrechen beim Dreschen. (RKTL-Schrift 102). Beuth-Vertrieb, Berlin 1941
- [63] STÖCKMANN, K.: Vergleichsprüfung von Rübenblattwäschen. In: Maschinen- u. Geräteprüfungen des Reichsnährstandes, Nr. 4, S. 53—58, Berlin 1939
- [64] SCHULZE, K.-H.: Rübenreiniger- und Schneider „Katteker“. (DLG-Maschinen-Prüfberichte, Gruppe 9h) DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt 1957
- [65] KÜHNE, G. und A. KÖNIG: Forschungsarbeiten in der Bodenrinne des Instituts für Landmaschinen der TH München. Schriften der Königsberger Gelehrten-Gesellschaft 9 (1932), S. 55—99
- [66] SÖHNE, W.: Krümel- und Schollensiebanalyse als ein Mittel zur Beurteilung der Güte der Bodenbearbeitung. Landtechnische Forschung 4 (1954), S. 79—81
- [67] SÖHNE, W.: Die Verformbarkeit des Ackerbodens. VDI-Zeitschrift 96 (1954), S. 81—82
- [68] STROPPEL, TH.: Die Kennzeichnung der Ackerböden nach der Textur. In: 10. Konstrukteurheft. VDI-Verlag, Düsseldorf 1952 (Grundlagen der Landtechnik, H. 3), S. 101—108
- [69] ZÖDLER, H.: Besonderheiten der Landmaschinenforschung. Technik in der Landwirtschaft 24 (1943), S. 148—151
- [70] MATTHIES, H. J.: Der Vorgang des Schwadzielens und die Gestaltung von Heuwendern. Landtechnische Forschung 4 (1954), S. 97—106
- [71] HEYDE, H.: Wissenschaftliche Verfahren bei der Landmaschinenprüfung. (Sitzungsberichte der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin) S. Hirzel-Verlag, Leipzig 1955
- [72] BLENN, H.: Poissonsche Verteilungskurven bei Versuchen mit Drillmaschinen. Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik 31 (1951), S. 257—258
- [73] LORENZ, F.: Die Varianzanalyse, eine Methode zur Messung der Streugenaugigkeit von Düngerstreuern. Landtechnische Forschung 5 (1955), S. 31—32
- [74] MASCHKE, H.: Zum Beitrag Varianzanalyse, eine Methode zur Messung der Streugenaugigkeit von Düngerstreuern. Landtechnische Forschung 5 (1955), S. 125—126
- [75] HEYDE, H.: Zur Bewertung der Streugenaugigkeit von Düngerstreuern. Landtechnische Forschung 7 (1957), S. 53—55
- [76] HEGE, R.: Ein Beitrag zur Bewertung der Särarbeit von Drillmaschinen insbesondere der Körnerverteilung in der Reihe und Tiefenlage. Dissertation TH Berlin 1948
- [77] MARCK, K.: Zur Problematik der Schlepperdüngerstreuer. Landtechnische Forschung 9 (1959), S. 21—24
- [78] FISCHER-SCHLEMM, W. E. und L. VOGT: Ermittlung der Arbeitsgüte von Mähwerken — das Stoppeldiagramm. Technik in der Landwirtschaft 22 (1941), S. 195—197
- [79] FISCHER, F.: ESM-Leichtschnittbalken. (DLG-Maschinen-Prüfberichte, Gruppe 7a) DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt 1949/52
- [80] KLIEFOTH, F.: Schlepperbaumähwerk M 49. (DLG-Maschinen-Prüfberichte, Gruppe 7a) DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt 1950/51
- [81] SCHULZE, K.-H.: Über den Schneidvorgang an Grashalmen. In: 11. Konstrukteurheft, 2. Teil. VDI-Verlag, Düsseldorf 1953. (Grundlagen der Landtechnik, H. 5), S. 98—116
- [82] WIENEKE, F.: Wickel- und Reibungsuntersuchungen an Wellen und anderen umlaufenden Maschinenteilen. (VDI-Forschungsheft 463) VDI-Verlags-GmbH, Düsseldorf 1957
- [83] SCHULZE, K.-H.: Kinematographische Untersuchung über das Verhalten der Grashalme beim Schnitt. Dissertation TH München 1953
- [84] DUPUIS, H.: Ein Beitrag zur Beurteilung der menschlichen Beanspruchung bei der Bedienung von Vierradschleppern und Geräteträgern. Dissertation Universität Gießen 1955
- [85] KLOTH, W.: Stellhebel. Technik in der Landwirtschaft 13 (1932), S. 255 bis 257
- [86] RAUH, K., KOTTER und SCHNITEN: Hat der Knecht zu schwache Beine oder liegt's nicht doch an der Konstruktion? Technik in der Landwirtschaft 18 (1937), S. 81—82
- [87] HAACK, M.: Über die Beanspruchung des Menschen durch Erschütterungen auf Schleppern und Landmaschinen. In: 11. Konstrukteurheft, 1. Teil. VDI-Verlag, Düsseldorf 1953. (Grundlagen der Landtechnik, H. 4), S. 110—115
- [88] MARTINY, B.: Die Landmaschinenprüfung, ihre Aufgaben und deren Erfüllung. Mittgl. d. Verb. landw. Masch. Prüf. Anst. 27 (1931), S. 15—18 u. S. 21—26
- [89] FINKENZELLER, R.: Testtabelle zur Beurteilung der Maschinen-Einsatzmöglichkeiten. Landtechnik 12 (1957), S. 227—230
- [90] GAUS, H.: Erwiderung auf „Testtabelle zur Beurteilung der Maschinen-Einsatzmöglichkeiten“. Landtechnik 12 (1957), S. 321
- [91] KESSELRING, F.: Die „starke“ Konstruktion. VDI-Zeitschrift 86 (1942), S. 321—330
- [92] SPEISER, H.: Selbstkontrolle des Konstrukteurs. Technik in der Landwirtschaft 23 (1942), S. 164—165

Résumé

Karl-Heinrich Schulze: "Technical Problems in Testing Methods for the Determination of the Function Value of Agricultural Machines".

The problems in determining the function value of agricultural machines arise mainly from the demand to ascertain objectively the operational reliability of the machines and the quality of their work. An absolute comparison can be applied only if any state of stressing can be reproduced at any time. As this is only seldom the case owing to the technological properties of the product of processing, often only the relative comparison can be used.

The determination of the technological behaviour of the machines necessitates also the knowledge of the technological characteristics of the product of processing, whereby the relative comparison approaches the absolute one. A serviceability test cannot be examined by a standard method. It serves to demonstrate critically the properties of the machines, from which the user has to derive the results which are of interest for his conditions.

Karl-Heinrich Schulze: «Problèmes techniques des méthodes d'essai appliquées en vue de déterminer les qualités d'utilisation des machines agricoles.»

Les difficultés de la détermination des qualités d'utilisation des machines agricoles résident surtout dans le fait qu'il faut juger objectivement de la sécurité de fonctionnement et de la qualité de travail des machines. Une comparaison absolue n'est possible que si les conditions de sollicitation peuvent être reproduites exactement.

Etant donné que les propriétés technologiques des matières à traiter varient généralement, on ne peut procéder qu'à une comparaison relative. Afin d'apprécier le comportement technologique des machines, il faut également déterminer les propriétés technologiques des matières à traiter de sorte que la comparaison relative peut être approchée de la comparaison absolue. On ne peut fixer des normes quant aux méthodes d'essai d'utilisation. L'essai pratique sert à établir un jugement sur les propriétés des machines. L'utilisateur doit en déduire si elles conviennent pour lui dans les conditions d'emploi de son exploitation.

Karl-Heinrich Schulze: «Problemas técnicos de los métodos de ensayo en la averiguación del valor útil de máquinas agrícolas.»

El carácter problemático en la comprobación del valor útil de máquinas agrícolas se debe en primer lugar a la necesidad de determinar de forma objetiva la seguridad de funcionamiento de las máquinas y la calidad del trabajo. Una comparación absoluta sólo es posible, cuando se pueda reproducir en todo tiempo cualquier estado de carga. Como esto será posible muy raras veces, debido a las condiciones tecnológicas del material, muchas veces no será posible sino establecer una comparación relativa.

Para juzgar del comportamiento tecnológico de las máquinas, es preciso fijar también valores característicos del material que permitan acercar la comparación relativa a la absoluta. Un método de ensayo para la averiguación del valor útil, nunca podrá dar una norma. La averiguación sirve para aclarar las condiciones de una máquina, siendo cuestión del que la utilice sacar de estas condiciones las deducciones que interesen en su caso.

Wolfgang Dinse:

Über den Einfluß von Heck- und Frontstallmiststreuern auf das Schlepperzugvermögen

(Rechnerische Untersuchung)

Institut für Landwirtschaftliches Maschinenwesen, Kiel

Den Stalldungstreuer lernten wir hauptsächlich als einachsigen Heckstreuer kennen, in dieser Form fand er bei uns in kurzer Zeit Verbreitung. Die Streurichtung nach hinten lag nahe, da man es einerseits vom Miststreuen von Hand gewohnt war, den Dung zu werfen, und da andererseits die zuerst entwickelten Streueinrichtungen den Dung auch im Bogen vom Wagen weg-schleuderten. Das konnte natürlich nicht nach vorn in Richtung auf den Schlepper geschehen.

Dabei hat sich die Bauart durchgesetzt, bei der der Mist zum Streuwerk wandert. Damit verändern sich während des Abstreuens die Achslast und die Aufsattellast, und zwar, wie man in der Praxis beobachten kann, beim Heckstreuer in einer für den Vortrieb recht ungünstigen Weise. (Mit Vortrieb ist hier die aus dem Zugvermögen und dem Rollwiderstand resultierende Wirkung gemeint.) Dazu kommt, daß bei vielen Schleppern das Anhängemaß ziemlich hoch und weit hinter der Hinterachse angeordnet ist. Damit wird besonders bei Betrieb mit einachsigen Streuern mit Aufsattellast die Aufbäumneigung unterstützt. Andererseits möchte man aber die Aufsattellast zum Belasten der Schleppertrieb-achse benutzen. Will man am Schlepper nichts ändern, muß man bestrebt sein, die Aufsattellast zusammen mit dem Zugwiderstand in ihrem Verlauf so zu steuern, daß sie einerseits den Vortrieb unterstützt, andererseits aber keine gefährliche Spitze aufweist, die den Schlepper zum Aufbäumen bringt. Hierfür scheint der Frontstreuer mit richtiger Anordnung der Achse unter dem Kasten eine gute Lösung zu sein, wie vorliegende rechnerische Untersuchung ergab.

Wenn der Mist vorn abgestreut werden soll, darf er nicht wie beim üblichen Heckstreuer im hohen Bogen nach vorn geworfen werden. Man kann ihn zwischen den Fahrgestellholmen hindurch vor dem Kratzboden senkrecht nach unten streuen. Bei einer anderen Konstruktion wirft eine Turbine mit Fräskreisel den Mist vom seitlich heraus. Bei beiden Systemen wird die Ladung nach vorn gefördert.

Im folgenden werden die Einflüsse auf den Vortrieb bei Front- und Heckstreuer mit verschiedener Lage der Achse unter dem Kasten ermittelt. Der Gang der Rechnung¹⁾ sei kurz erklärt.

Die Tatsache, daß die Linie Zugöse-Wagenachse geneigt ist, wurde vernachlässigt, um die nur dem Vergleich dienende Rechnung zu vereinfachen.

¹⁾ Verwendete Bezeichnungen

G_W	= Gewicht des Streuers
G_{Le}	= Gewicht der vollen Ladung
P_A	= Aufsattellast des Streuers mit Streuwerk
P_{At}	= Aufsattellast des leeren Streuers mit Streuwerk
G_S	= Gewicht des Schleppers
P_{s0}	= statische Vorderachslast des Schleppers allein
P_s	= Vorderachslast des Schleppers mit angehängtem Streuer in der Fahrt
$P_{h\ stat}$	= Schlepper-Hinterachslast statisch
P_h	= Schlepper-Hinterachslast im Betrieb
ΔP_{hZ}	= Hinterachslast-Zuwachs durch Zugkraft
ΔP_{hA}	= Hinterachslast-Zuwachs durch Aufsattellast
ΔP_{he}	= Hinterachslast-Zuwachs zur Überwindung des eigenen Rollwiderstandes des Schleppers
U_S	= Umfangskraft an beiden Hinterrädern des Schleppers
Z_S	= Zugvermögen des Schleppers an der Rutschgrenze bei gleichzeitiger Einwirkung der Größen ΔP_{hZ} , ΔP_{hA} und ΔP_{he}
Z_0	= die waagerechte Zugkraft, die bei wirkender Aufsattellast und dem Eigenbedarf an Vortriebskraft vom Schlepper an der Aufbäumgrenze aufgebracht wird.
Z_{100}	= die waagerechte Zugkraft, die bei wirkender Aufsattellast und dem Eigenbedarf an Vortriebskraft so groß ist, daß die Vorderachslast noch 100 kg beträgt.
Z	= Zugkraftbedarf der Streuerachse
y	= Baumgewicht des Stalldungs
b	= Breite des Kastens innen
l	= Länge des Kastens innen
h	= Höhe der Ladung
d	= horizontale Deichsellänge (= horizontaler Abstand von Zugöse und Achse)
u	= horizontaler Abstand des Ladungsschwerpunktes von der Achse bei vollem Wagen
r	= horizontaler Abstand der Achse von der Vorderkante des Kastens
x_h, x_f	= Weg des Rollbodens beim Heckstreuer, beim Frontstreuer
f	= Rollwiderstandsbeiwert
l	= vertikaler Abstand der Anhäng-Kupplung vom Boden
k	= horizontaler Abstand der Anhängkuppelung von der Schlepper-Hinterachse
r_S	= Radstand des Schleppers
R	= dynamischer Radhalbmesser der Schlepper-Hinterräder
μ	= maximaler Kraftschlußbeiwert zwischen den Schlepper-Hinterrädern und dem Boden.