

von der Standard-Bereifung abweicht, das Bruttogewicht der Behälter größer sein kann als es bei den üblichen Schleuderdüngerstreuern ist. Insbesondere sind bei größeren Schlepfern auch größere Behälterinhalte möglich. Geht man davon aus, daß das Schüttgewicht bei den verschiedenen Düngerarten 0,6 bis 2 kg/dm<sup>3</sup> beträgt, so würden sich beispielsweise bei einem 25-PS-Schlepper Behältergrößen zwischen 830 dm<sup>3</sup> und 250 dm<sup>3</sup> und bei einem 40-PS-Schlepper zwischen 1100 dm<sup>3</sup> und 350 dm<sup>3</sup> ergeben. Das Eigengewicht des Streuers ist dabei mit 150 kg berücksichtigt. Diese Größen müssen nun praktisch auch realisierbar sein. Sicher darf die Höhe des Behälters wegen der bequemen Befüllung, aber auch wegen der Schwerpunkthöhe nicht zu groß werden. Geht man davon aus, daß bei niedrigster Stellung der unteren Dreipunktlenker der obere Rand etwa die Höhe der Anhängerstreuer haben darf, so ergibt sich bei einem erforderlichen Neigungswinkel des Behälters gegenüber der Senkrechten von 30° ein Inhalt von ca. 1000 dm<sup>3</sup>. Hierbei ist eine Kreiskegelstumpf-Form vorausgesetzt. Um nicht mit Schutzblechen, Nummernschildern oder Schlußbleuchten zu kollidieren, empfiehlt sich jedoch eine Kegelform mit ovalem Querschnitt.

Um sich nun einerseits der Art der Befüllung, andererseits der unterschiedlich schweren Düngerarten anpassen zu können, wäre ein leicht montierbarer Aufsatz in den meisten Fällen sicher zweckmäßig.

### Zusammenfassung

Beim Mischen von schubweise eingegebenen Düngerkomponenten im Schleuderdüngerstreuer hängt die Intensität der Vermischung eng mit der Behältergröße zusammen. Diese ist jedoch bei Anbaumaschinen durch die Gewichtsverlagerung begrenzt, da eine Mindestvorderachslast gewährleistet sein muß und die Reifenbelastung an den Hinterrädern keine unzulässig hohen Werte annehmen darf. Die Grenze ist aber vor allem bei Schlepfern größerer Leistung noch nicht erreicht. Das Fassungsvermögen der Vorratsbehälter könnte entsprechend der stärkeren Schlepper durchaus größer sein.

### Schrifttum:

- [1] KVAPIL: Theorie der Schüttgutbewegungen. Prag 1959  
 [2] HÜTTE II B 28. Auflage, 1960, S. 118

### D. Lutz:

## Wiegeeinrichtung für landtechnische Untersuchungen

Im Rahmen landtechnischer Versuche ergibt sich sehr oft die Notwendigkeit, Gewichte von Fahrzeugen, besonders aber von Fahrzeugladungen, möglichst schnell und genau festzustellen. Das gilt besonders für die Ermittlung der Leistung von einzelnen Geräten oder von gesamten Mechanisierungsverfahren, da neben dem Zeitfaktor die erzielte Verarbeitungsmenge entscheidend ist. Geeignete Wiegeeinrichtungen stehen vielfach nicht zur Verfügung, und die bisher üblichen Wiegeverfahren weisen manchen Nachteil auf. So sind die geeichten Fuhrwerksbrückenwaagen zwar außerordentlich genau, aber eben ortsgebunden. Die transportablen, hydraulisch arbeitenden Polizeiwaagen sind für wesentlich höhere Radlasten konstruiert, als sie bei landtechnischen Fahrzeugen auftreten. Deshalb sind sie verhältnismäßig groß und schwer und nicht besonders genau.

Allgemein müssen folgende Forderungen an eine Wiegeeinrichtung gestellt werden, die für landtechnische und arbeitswirtschaftliche Untersuchungen brauchbar sein soll:

### Résumé

H. Göhlich and M. Brübach: "Effect of Mixing and Container Volume of Rotating Fertilizer Spreaders"

When mixing fertilizer components filled in the rotating fertilizer spreader, the intensity of mixing is closely related with the size of the container. With mounted machines the size is however limited owing to the weight displacement, because a minimum front axle load has to be guaranteed and the tyre load of the rear wheels may not reach unduly high values. With higher-powered tractors this limit has not yet been reached. The holding capacity of the storage containers might be absolutely higher in conformity with more efficient tractors.

H. Göhlich et M. Brübach: Effet de mélangeage et capacité de la trémie de distributeurs d'engrais centrifuges

L'intensité du mélangeage des différents constituants d'engrais introduits de façon discontinue dans le distributeur d'engrais centrifuge dépend étroitement de la capacité de la trémie. Celle-ci est limitée pour les machines portées pour des raisons de répartition de la charge, car il faut qu'une charge minimum sur l'essieu avant soit assurée et que la charge sur les pneus des roues arrière n'atteigne pas des valeurs trop élevées. Cependant, la valeur limite n'est pas encore atteinte pour les tracteurs à puissance élevée qui tolèrent l'utilisation de trémies à capacités de beaucoup plus élevées.

H. Göhlich y M. Brübach: „Efecto de mezclado y contenido del recipiente en máquinas centrifugadoras esparcidoras de abonos“

Al mezclar en la máquina esparcidora componentes de abonos echados discontinuamente, la intensidad del mezclado depende, en gran manera, del tamaño del recipiente. En máquinas remolcadas, sin embargo, el tamaño se ve limitado por el desplazamiento del peso, ya que ha de ser garantizada una carga mínima sobre el eje delantero y la carga de los neumáticos del puente trasero no debe alcanzar valores inadmisiblemente altos. Pero el límite todavía no está alcanzado, sobre todo en tractores de potencia más bien grande. En los tractores más potentes la capacidad de los depósitos podría ser, desde luego, correspondientemente más grande.

1. Sie darf nur geringes Gewicht und geringe Baugröße haben, um einen leichten Transport im Pkw an den jeweiligen Einsatzort der untersuchten Fahrzeuge oder Geräte zu ermöglichen.
2. Sie muß unempfindlich sein gegen unvorsichtige Behandlung beim Transport und beim Betrieb und gegen trockenen und nassen Schmutz, der ja beim Feldeinsatz unvermeidlich ist. Die Unterseite der Waage darf nicht nur punktförmige Stützpunkte haben, sondern muß beim Einsatz auf weichem Untergrund mit der ganzen Grundfläche tragen, sie muß aber andererseits auch punktförmiger Beanspruchung durch einzelne Steine oder unebenen Boden gewachsen sein. Der Waagenkörper darf sich auch im ungünstigsten Fall nicht bleibend oder die Funktion und Genauigkeit beeinflussend verbiegen oder winden.

- Die einzelnen Messungen müssen schnell durchgeführt werden können, damit der landwirtschaftliche Arbeitsablauf nicht aufgehalten wird, und sie muß bequem möglich sein, sowohl für den Schlepperfahrer — Abkuppeln eines Gerätes oder Anhängers ist ihm nicht zuzumuten — als auch für den Messenden.
- Die Fehlergrenze muß auf jeden Fall so niedrig liegen, daß Nettolasten, die aus gemessenen Brutto- und Tara-lasten errechnet werden müssen, noch die erforderliche Genauigkeit von wenigen Prozent besitzen.

### Wiegeverfahren

Von den verschiedenen bekannten Lösungen [4] wurde hinsichtlich der Bequemlichkeit und Schnelligkeit der Messung und des Gewichts und der Baugröße der Waage diejenige für die beste gehalten, bei welcher das Gesamtgewicht eines Zuges oder Wagens derart bestimmt wird, daß Achse für Achse nacheinander auf zwei Radlastwaagen in den Fahrspuren gefahren wird. Die Messung erfolgt im Stillstand. (Es ist dasselbe Verfahren, wie es mit den bereits oben erwähnten Polizeiswaagen angewendet wird.)

### Auswahl des Meßsystems

Die verschiedensten Systeme stehen zur Wahl. In Frage kamen: mechanische, hydraulische oder elektrische bzw. elektronische Systeme. Folgende Überlegungen wurden bei der Auswahl angestellt:

- Eine rein mechanische Meßvorrichtung kann nur schwer bei genügender Genauigkeit die Forderung nach geringem Gewicht und geringer Baugröße erfüllen infolge des für die Zeiger- oder Laufgewichtseinrichtungen nötigen Konstruktionsaufwandes.
- Hydraulisch oder pneumatisch arbeitende Radlastmeßgeräte erreichen bei geringem Bauaufwand die nötige Genauigkeit in dem vorhergesehenen Bereich nicht.
- Die günstigste Möglichkeit scheint die Kombination eines mechanischen Systems mit einem elektronischen zu sein, d.h. mechanische Einleitung der an mehreren Stellen auftretenden Kräfte in eine Kraftmeßdose, die auf Dehnungsmeßstreifen-Basis arbeitet. Diese Kombination kann sehr gut alle vorgenannten Forderungen erfüllen. Vor allem kommt für spezielle Anwendungsfälle noch der Vorteil der leichten Registrierbarkeit veränderlicher Meßwerte (z. B. Be- oder Entladevorgang) hinzu.

### Konstruktion der Waage

Die ausgeführte Wiegeeinrichtung besteht aus zwei gleichen Brückenwaagen in an sich bekannter Bauweise. Das Konstruktionschema zeigt Bild 1, die Waage vor dem Zusammenbau Bild 2. Jede Brückenwaage ist im wesentlichen

aus fünf Teilen zusammengesetzt, dem Grundrahmen G, der Tragplatte T, zwei gegabelten Hebeln  $H_1$  und  $H_2$  und einer Druckkraftmeßdose K (Baldwin Lima Hamilton: C2 M1/2 K. Diese Kraftmeßdose wurde wegen ihrer besonders kleinen Abmessungen gewählt). Die auf die Tragplatte T aufgebraute Last verteilt sich je nach Lage über die Stützlager  $B_1, B_2, B_3$  und  $B_4$  auf die Gabelhebel  $H_1$  und  $H_2$  und wird von diesen im Verhältnis der Hebelarme  $a$  und  $b$  auf die Kraftmeßdose K einerseits und die Stützlager  $A_1, A_2, A_3$  und  $A_4$  andererseits übertragen.

Die Lager  $A_1$  und  $A_2$ , sowie  $B_1, B_2, B_3$  und  $B_4$  sind fest, die Auflager  $A_3$  und  $A_4$  sind Loslager, d. h. in Längsachse der Waage auf Rollen beweglich. Als Lagerelemente wurden abgedichtete Nadellager verwendet. Die Kraftübertragung von  $H_1$  auf  $H_2$  erfolgt über eine Rolle, um störende Reibungskräfte zu verhindern. Die Kraftmeßdose selbst wird von Querkraften dadurch freigehalten, daß sie im Grundrahmen kippbar um die Waagen-Querachse befestigt ist. Der durch Kippen auftretende Fehler — Kraftrichtung nicht mehr gleich Meßrichtung — ist völlig unbedeutend (er entsteht außerdem nur bei Temperaturdifferenzen zwischen Grundrahmen und Gabelhebel), dagegen könnten erhebliche Querkräfte auftreten. Der Grundrahmen ist biegesteif in Längs- und Querrichtung und verwindungssteif ausgeführt. Die Tragplatte ist ebenfalls biegesteif in Längs- und Querrichtung, aber verhältnismäßig verwindungsweich, so daß eine einwandfreie Kraftübertragung über alle Gelenkpunkte gewährleistet ist.

Die Abmessungen über alles sind: Länge 600 mm; Breite 350 mm; Höhe 75 mm.

Damit ist es ohne weiteres möglich, zwei Waagen selbst in kleineren PKWs unterzubringen. Die geringe Bauhöhe von 75 mm (Höhe eines Ziegelsteines) in Verbindung mit einer Anchrägung der Auffahrt- und Abfahrfläche ermöglicht leichtes Befahren. Außerdem kann man bei geringeren Ansprüchen an die Genauigkeit (vergleiche im folgenden „Meßfehler in der Praxis“) auf besondere Auffahrtbrücken verzichten, welche die nicht auf den Waagen stehenden Räder auf das Waagenniveau bringen. Die Tragplatte, auf der die Räder bei der Messung stehen müssen, ist 455 mm lang und 350 mm breit und damit gerade noch ausreichend für Reifen bis zu der Größe 14,9/13—30. Allerdings hat sich die Länge als etwas knapp erwiesen, da ein genaues Aufstellen der Waagen ohne Längsversetzung in der Praxis etwas schwierig ist. Beim Auffahren kann eine Waage auch etwas verrutschen, so daß ein Rad noch nicht ganz auf der Waage steht, während sich das andere bereits an der richtigen Stelle befindet.

Die Belastungsgrenze einer Waage liegt aus Gründen der mechan. Festigkeit bei 3500 kp. Dieser Wert erschien einerseits hoch genug, um den Auffahrtstoß auch schwerer Schlepper aufnehmen zu können, andererseits ermöglicht er noch eine verhältnismäßig leichte Bauweise. Das Gewicht

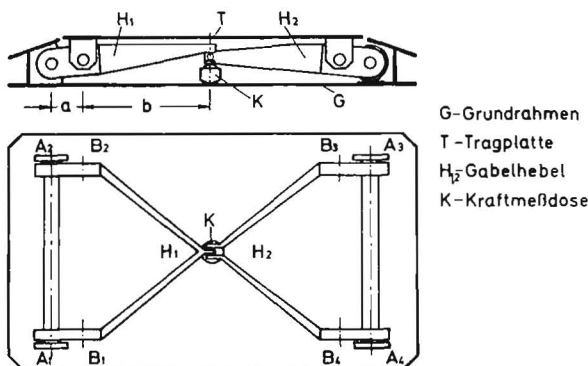


Bild 1: Konstruktionschema der Brückenwaage

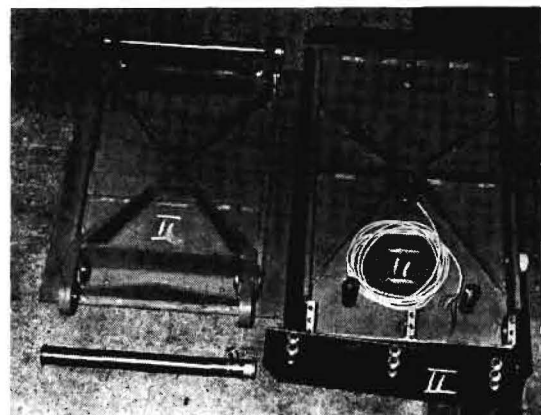


Bild 2: Brückenwaage, Einzelteile

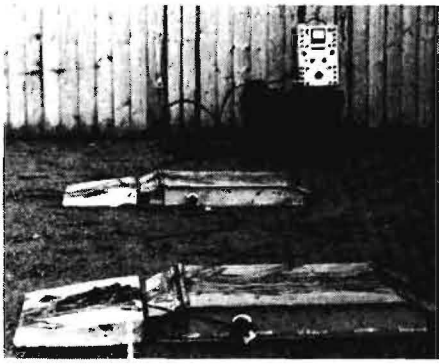


Bild 3: Brückenvaage, betriebsfertig mit Kompensator

einer Waage ist 35 kp, so daß sie auch von einer Person noch ausreichend gut zu handhaben ist. Die Dehnungsmeßstreifen-Vollbrücken der Kraftmeßdosen in beiden Waagen sind im Normalfall über Steckverbindungen und Kabel in einem Schaltkästchen zusammengeschaltet und so abgeglichen, daß sich die beiden Radlasten gleichwertig addieren. Es ist unnötig, die Radlasten eines Zuges einzeln zu kennen — die Achslast genügt — und vom Aufwand und der Genauigkeit her ist es unzweckmäßig, eine größere Anzahl Einzelmessungen zu machen als notwendig. Für besondere Zwecke sind die beiden Waagen aber auch einzeln unabhängig voneinander zu verwenden. Als Meßgerät für die erhaltene Gesamt-Brückenverstimung dient ein manuell betätigter Kompensator (Hottinger Baldwin Meßtechnik: MK. 1 Skt.  $\approx \mu$  m/m), der mit eingebauten Batterien arbeitet und somit besonders gut für Messungen beim Feldeinsatz geeignet ist. (Für dynamische oder quasidynamische Messungen wird ein Trägerfrequenzverstärker und ein entsprechender Schreiber verwendet.) Die Waagen und den Kompensator zeigt Bild 3, den Einsatz Bild 4.

#### Empfindlichkeit, Meßgenauigkeit und Meßbereich

Die ursprünglich durch die Daten der eingebauten Kraftmeßdosen und die Hebelübersetzung der Waagen bedingte Empfindlichkeit wurde durch das Parallelschalten beider Kraftmeßdosen auf die Hälfte verringert. Nach der gegenseitigen Anpassung ergab sich folgender Zusammenhang zwischen Beanspruchung und Brückenverstimung: Eine Belastung von 1,0 kp bewirkt eine Brückenverstimung, die einer Dehnung von  $0,5 \mu$  m/m eines Dehnungsmeßstreifens mit dem Empfindlichkeitsfaktor  $k = 1,75$  entspricht. Das heißt bei der Einstellung eines  $k$ -Faktors von 1,75 am Meßgerät ergibt sich eine Anzeige von  $1,0 \mu$  mm/2,0 kp. Am vorerwähnten Kompensator bedeutet das eine Anzeige von 1 Skt./2 kp Belastung.

Die Meßgenauigkeit wurde bestimmt durch Eichung in zwei Stufen: Bis 600 kp wurden amtliche Eichgewichte benutzt, von 600 bis 2 600 kp wurde mit einer Zerreißmaschine (MAN 60 Mp. Fehlergrenze im benutzten Bereich  $+ 0,1\%$  bis  $+ 0,7\%$ ) belastet. Die erhaltenen Fehler, gemittelt aus zwei



Bild 4: Brückenvaage im Einsatz

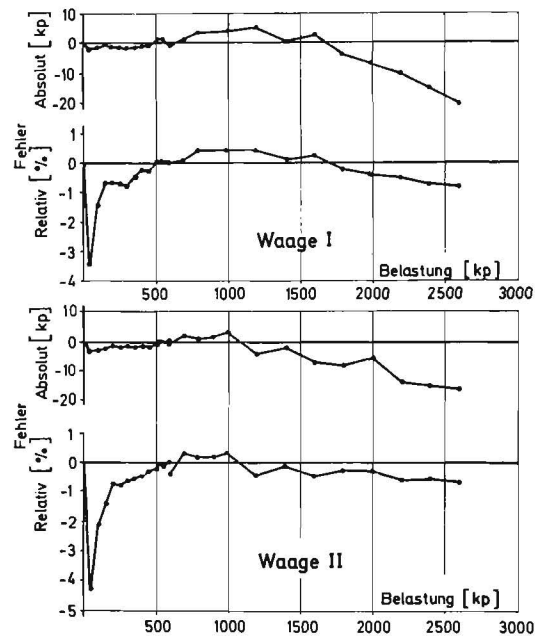


Bild 5: Eichkurve

Messungen, sind in Bild 5 für die beiden Waagen absolut und bezogen auf den Meßwert aufgetragen. Es zeigt sich, daß im Meßbereich von 200 bis 2 500 kp der relative Linearitätsfehler innerhalb der Grenzen  $+ 0,3\%$  bis  $- 0,7\%$  bleibt. Der Fehler in der Reproduzierbarkeit beträgt höchstens  $\pm 0,3\%$ , so daß im Bereich von 200 bis 2 500 kp mit einem Gesamtfehler von höchstens 1% für die beabsichtigten Messungen ausreichende Genauigkeit gewährleistet ist. Unter 200 kp sollte die Waage trotz des an sich geringen absoluten Fehlers von maximal 3,5 kp wegen des dadurch bedingten hohen relativen Fehlers nur mit entsprechendem Vorbehalt benutzt werden.

#### Wiegeverfahren und Meßfehler in der Praxis

Im praktischen Einsatz unterscheiden sich die Wiegeverfahren mit der Waage etwas voneinander, abhängig von der Fahrzeugart, deren Gewicht bestimmt werden soll. Handelt es sich um ein zweiachsiges Fahrzeug, wie Schlepper oder Anhänger, so müssen beide Achsen gewogen werden, indem sie nacheinander auf die Waage gefahren werden. Abkuppeln ist beim Wiegen eines Anhängers dann nicht nötig, wenn feststeht, daß durch die Zugdeichsel keine vertikalen Kräfte übertragen werden können, d. h. entweder die Deichsel horizontal steht oder bei geneigter Deichsel keine Zug- oder Druckkraft auf sie wirkt. Sicherheitshalber sollte aber der Kupplungsbolzen entfernt werden. Man erhält das Gesamtgewicht als die Summe der beiden Achslasten. Die absoluten Fehler der Achslasten addieren sich, die relativen wirken sich somit anteilig auf den Gesamtfehler aus. Für die Errechnung eines bestimmten Ladegewichtes muß man die Achslasten leer und beladen, also vier Einzelwerte, kennen, wenn das Leergewicht nicht schon bekannt ist. Die absoluten Fehler des Leergewichtes werden von denen des Gesamt-

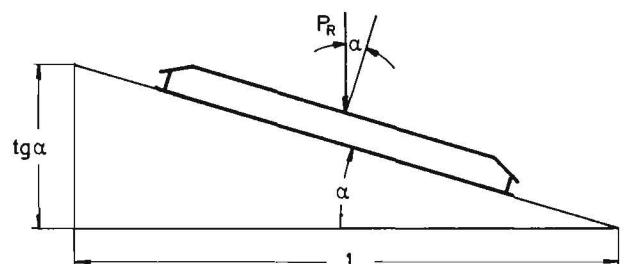


Bild 6: Neigung der Waage gegen die Horizontale

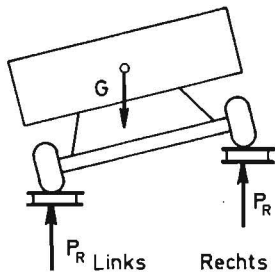


Bild 7: Vertikal versetzte Waagen

gewichts abgezogen, wodurch sich der Fehler des Endergebnisses verringert bei gleichem Vorzeichen des Einzelfehlers und vergrößert bei entgegengesetztem.

Etwas ungünstiger hinsichtlich des Wiegeverfahrens und der Genauigkeit sind die Verhältnisse beim Einachsanhänger. Zur Bestimmung seines Gesamtgewichtes müssen, soll er nicht vom Schlepper abgekuppelt und auf dem Stützrad abgestellt werden, drei Einzelwägungen ausgeführt werden: Schleppervorderachse, Schlepperhinterachse und Anhängerachse. Dazu muß aber das Schleppergewicht bekannt sein bzw. eigens festgestellt werden. Dann ist es u. U. günstiger, den Anhänger abzukuppeln und die Stützradlast und die Achslast festzustellen. Meistens soll nur das Ladungsgewicht festgestellt werden. Hierzu müssen die Achslasten von Schlepper und Anhänger jeweils mit und ohne Ladung gemessen werden. Das heißt, das Ladungsgewicht muß aus sechs Einzelwerten errechnet werden, und damit erhöht sich die Wahrscheinlichkeit für zufällige Fehler. Für systematische Fehler gilt auch hier das oben gesagte: Fehlerlage nach einer Seite ist günstig.

Hinsichtlich der Genauigkeit spielt ebenfalls die Lage der Waagen auf dem Boden eine Rolle:

Eine Neigung der Waage gegenüber der Horizontalen (Bild 6) verursacht eine kleinere Anzeige als es der tatsächlichen Last entspricht, weil die Waagen nur Kräfte in der Richtung ihrer Senkrechten messen. Allerdings ist der Einfluß der Neigung auf die Genauigkeit so gering, daß durch einigermaßen sorgfältiges Aufstellen und Ausrichten die gewünschte Genauigkeit nicht ungünstig beeinflusst wird: So ist zum Beispiel bei einer Neigung ( $\tan \alpha$ ) von 5 % der Fehler  $-1,2 \text{ ‰}$ . Bei einer Neigung von 10 % ist der Fehler  $-5,1 \text{ ‰}$ . Eingebaute Libellen erleichtern das Aufstellen.

Keinen Einfluß auf das Meßergebnis im Sinne der Feststellung der Achslasten und damit des Gesamtgewichtes hat es, wenn die beiden Waagen zwar horizontal, aber auf ungleichem Niveau stehen (Bild 7), wie es z. B. am Hang der Fall

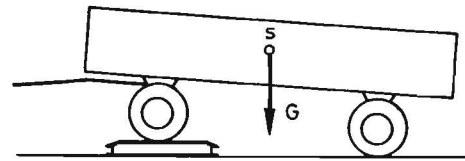


Bild 8: Waage auf ebener Fläche ohne Niveaueingleich

wäre, wenn das Fahrzeug in Richtung der Höhenschichtlinien fährt. Es tritt lediglich eine Radlastverlagerung zur tiefer liegenden Seite hin auf (Bild 6)  $\sum P_R = G = \text{const}$ . Dagegen ist eine Messung beim Fahren in Richtung einer Steigung nicht möglich, wegen der durch unbekannte Verteilung der Bremskräfte unsicheren Ergebnisse.

Einen bestimmbaren Einfluß auf das Wägeregebnis nimmt die Lage der Aufstandsebenen der Achsen, wenn kein Hangabtrieb in Richtung der Fahrzeuglängsachse auftritt. Je nach Radstand und Schwerpunkthöhe des Fahrzeuges und Höhendifferenzen der Aufstandsebenen kann ein positiver oder negativer Fehler auftreten. Im allgemeinen werden die Waagen auf einer ebenen Fläche stehen, so daß das Waagenniveau über dem allgemeinen Niveau liegt (Bild 8). Dann ergibt sich ein negativer Fehler, d. h. das Wägeregebnis liegt zu niedrig. Dies sei anhand eines Zweifachsfahrzeugs dargestellt. Kennzeichnende Daten sind im Bild 9 eingetragen.

Der absolute, durch Niveauunterschiede auftretende Gesamtfehler  $F$  setzt sich aus den einzelnen Faktoren der Achslastbestimmung bei A und B zusammen. Die Kraft  $A_0$  bzw.  $B_0$  beim waagrecht stehenden Fahrzeug verringert sich zu  $A_1$  bzw.  $B_1$  auf Grund der Anhebung der Achse um die Waagenbauhöhe  $f$  und des Schwerpunktes von  $h_0$  auf  $h_1$  im Moment des Wiegens.

$$F = F_A + F_B$$

Zunächst sei lediglich  $F_A$  betrachtet:

$$F_A = A_1 - A_0$$

Aus der Momentenbeziehung um B folgt:

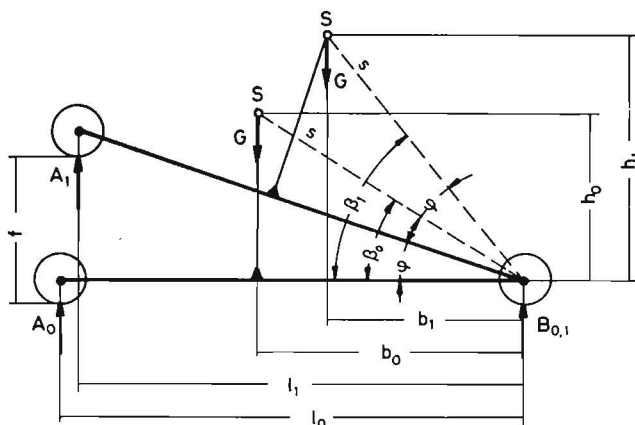
$$A_0 = \frac{G \cdot b_0}{l_0} \quad \text{und} \quad A_1 = \frac{G \cdot b_1}{l_1}$$

damit ist

$$F_A = G \left( \frac{b_1}{l_1} - \frac{b_0}{l_0} \right) ; \quad (1)$$

$$b_1 = s \cdot \cos \beta_1$$

$$b_1 = s \cdot \cos (\beta_0 + \varphi) = s \cdot (\cos \beta_0 \cdot \cos \varphi - \sin \beta_0 \cdot \sin \varphi)$$



- G Gewicht des Fahrzeuges
- $A_0, A_1$  Auflagerkräfte
- $B_0, B_1$  Auflagerkräfte
- f Niveauunterschied (Waagenbauhöhe)
- $l_0$  Achsabstand
- $l_1$  Projektion des Achsabstandes
- $b_0$  Schwerpunktsabstand in der Waagerechten
- $b_1$  Schwerpunktsabstand in der Waagerechten bei angehobener Achse
- $\varphi$  Schwenkwinkel

Bild 9: Schema eines Zweifachsfahrzeugs. Einflußdaten für die Fehlerberechnung bei Niveauunterschied zwischen Vorder- und Hinterachse

Mit den Winkelfunktionen  $\cos \beta_0 = \frac{b_0}{s}$

$$\cos \varphi = \frac{l_1}{l_0}$$

$$\sin \beta_0 = \frac{h_0}{s}$$

und  $\sin \varphi = \frac{l}{l_0}$  ergibt sich

$$b_1 = s \cdot \left( \frac{b_0 \cdot l_1}{s \cdot l_0} - \frac{h_0 \cdot f}{s \cdot l_0} \right)$$

$$b_1 = \frac{b_0 \cdot l_1 - h_0 \cdot f}{l_0} \quad (2)$$

Gl. (2) in Gl. (1) eingesetzt ergibt:

$$F_A = G \left( \frac{b_0 \cdot l_1 - h_0 \cdot f}{l_0 \cdot l_1} - \frac{b_0}{l_0} \right) = -G \frac{h_0 \cdot f}{l_0 \cdot l_1}$$

Mit  $l_1 = \sqrt{l_0^2 - f^2}$  ergibt sich:

$$F_A = -G \frac{h_0 \cdot f}{l_0 \cdot \sqrt{l_0^2 - f^2}}$$

Man sieht, daß der Fehler unabhängig vom Schwerpunkt-  
abstand ist, also ist  $F_B = F_A$  und damit der Gesamtfehler  $F = 2 \cdot F_A$ . Ferner ist der Fehler proportional der Schwer-  
punkthöhe  $h_0$  und, da  $f$  klein gegen  $l_0$  ist, in erster Nähe-  
rung proportional der Waagenhöhe  $f$  und umgekehrt pro-  
portional dem Quadrat des Achsabstandes  $l_0$ . Der relative  
Fehler ist unabhängig vom Gewicht:

$$F_{\text{rel}} = -2 \frac{h_0 \cdot f}{l_0 \cdot \sqrt{l_0^2 - f^2}}$$

Der in der Praxis auftretende Fehler sei am Beispiel eines  
Zweiachsanhängers demonstriert:

$$\begin{aligned} l_0 &= 3\,000 \text{ mm} \\ h_0 &= 1\,000 \text{ mm} \\ f &= 75 \text{ mm} \end{aligned} \quad F_{\text{rel}} = -0,0166 \approx -1,7\%$$

Fehler um  $-1,5\%$  ergeben sich ebenso auch bei Schleppern  
gebräuchlicher Typen.

Etwas verwickelter sind die Verhältnisse beim Einachsanhän-  
ger am Schlepper, eine Darstellung der exakten Rechnung  
würde in diesem Rahmen zu weit führen. Die Fehler liegen  
aber etwa in der gleichen Höhe wie beim Zweiachsanhänger.

Man sollte also bei Messungen mit höheren Genauigkeits-  
ansprüchen darauf achten, daß die Waagenoberflächen und  
die Aufstandsflächen der übrigen Achsen in einer Ebene  
liegen. Dies kann dadurch geschehen, daß entweder die  
Waagen versenkt angeordnet werden, oder aber die nicht  
auf der Waage stehenden Achsen auf Ausgleichsunterlagen  
gefahren werden. Die mögliche rechnerische Berichtigung ist  
wegen der nötigen Kenntnis der Schwerpunktshöhe zu un-  
ständlich.

Abschließend kann gesagt werden, daß bei Beachtung des  
Niveaueingleiches und Berücksichtigung der Eichkurven im  
Bereich mittlerer Achslasten mit einem Fehler von  $\pm 0,5\%$   
für die Achslast gerechnet werden kann, so daß für den ge-  
wünschten Zweck auch Werte, die sich aus mehreren Mes-  
sungen zusammensetzen, noch mit guter Genauigkeit be-  
stimmt werden können.

### Zusammenfassung

Zur Feststellung des Gewichtes von landwirtschaftlichen  
Fahrzeugen und Fahrzeugladungen wurde eine transportable  
Wiegeeinrichtung konstruiert und gebaut, die aus zwei ein-

zelnen Radlastmeßgeräten besteht, auf welche die Achsen  
eines zu wiegenden Fahrzeugs nacheinander gefahren wer-  
den. Die aufgebrachte Last wird über Hebel auf eine Kraft-  
meßdose auf Dehnungsmeßstreifen-Basis übersetzt. Die bei-  
den Kraftmeßdosen der beiden Waagen sind parallel ge-  
schaltet, so daß die Achslast als Summe der Radlasten mit  
einem batteriebetriebenen Kompensator oder einem entspre-  
chenden Verstärker gemessen werden kann. Jede Waage  
wiegt 35 kp, hat die Abmessungen 600 mm lang, 350 mm  
breit und 55 mm hoch und kann somit leicht in einem Pkw  
untergebracht werden. Die höchste zulässige Belastung ist  
3 500 kp, der Gesamtfehler jeder Waage liegt im Bereich von  
200 bis 2 500 kp unter 1% bezogen auf die jeweilige Be-  
lastung.

### Schrifttum

- [1] QUASSOWSKI, H.-W.: Die Grundlagen des Maß- und Eichrechts. Berlin 1954
- [2] DÖRING, H.: Radlastmesser für den Polizeigebrauch. Amtsblatt 1 und 2/1956 der Physikalisch-technischen Bundesanstalt Braunschweig. Berlin 1956
- [3] HANSEN, H. und H.J. HORN: Elektronische Wiegeanlagen. Elektrotechnik 1959 Nr. 16 S. 128—131
- [4] STRASSER, H.: Wiegeeinrichtungen für Kraftfahrzeuge und Anhänger. Deutsche Kraftfahrtforschung und Straßenverkehrstechnik. Heft 151 VDI-Verlag Düsseldorf 1961
- [5] NELTING, H. und G. THIELE: Elektronisches Messen nichtelektrischer Größen. Philips Technische Bibliothek 1966
- [6] REIMPELL, J. und W. BACHMANN: Handbuch des Waagenbaus Bd. 3 Verlag Handwerk und Technik Hamburg 1966

### Résumé

*D. Lutz: "Weighing Device for Farm Technical Examinations"*

*For determining the weight of agricultural vehicles and their loads, a transportable weighing device was designed and built. It consists of two individual wheel load measuring devices, on which the axles of a vehicle to be weighed are driven one after another. The applied load is transmitted by levers to a pressure gauge on the basis of a strain-measuring instrument. The two pressure gauges of both weighing machines operate parallel so that the axle load can be measured as the sum of the wheel loads with a battery-operated compensator or with a corresponding amplifier. Each scale weighs 35 kp and is 600 mm long, 350 mm wide and 55 mm high, so that it can easily be placed in a car. The maximum load amounts to 3 500 kp. The total error of each scale under the load of 200—2 500 kp is below 1%, related to the respective load.*

*D. Lutz: „Installation de pesage pour les recherches de technique agricole“*

*Afin de déterminer le poids de véhicules agricoles ou de charges de véhicule, on a étudié et construit une installation de pesage transportable qui se compose de deux balances individuelles destinées à la pesée des charges sur roue et sur lesquelles on amène successivement les essieux du véhicule à peser. La charge est transmise par l'intermédiaire de leviers sur une boîte de mesure de force dont le fonctionnement est basé sur des bandes de mesure d'allongement. Les deux boîtes de mesure des deux balances sont mises en parallèle de sorte que la charge sur l'essieu peut être indiquée par la somme des charges sur les deux roues au moyen d'un compensateur alimenté par batterie ou d'un amplificateur approprié. Chaque balance pèse 35 kgs, ses dimensions sont: 600 mm de long, 350 mm de large et 55 mm de haut. Ces balances peuvent donc facilement être transportées dans une voiture automobile. La charge maximum admise est de 3 500 kgs; l'erreur totale de chaque balance reste, dans la plage de mesure de 200 à 2 500 kgs, inférieure à 1% de la charge pesée.*

D. Lutz: „Dispositivo pesador para ensayos técnico-agricolas“

Para la determinación del peso de vehículos agrícolas y sus cargas se proyectó y construyó un dispositivo pesador transportable compuesto de dos medidores de carga sobre ruedas; sobre el dispositivo se asientan los ejes uno tras otro del vehículo a pesar. La carga es transferida por palancas a una caja de medición dinamométrica sobre la base de tiras de ensayos extensométricos. Las dos cajas de me-

dición de las dos pesadoras están conectadas en paralelo, de forma que la carga sobre el eje puede ser determinada como suma de las cargas sobre las ruedas con un compensador mandado por batería o con un reforzador adecuado. Cada báscula pesa 35 kp, tiene las dimensiones de 600 mm de largo, 350 mm de ancho y 55 mm de alto y, consiguientemente, se puede llevar fácilmente en un camión. La carga máxima admisible es 3 500 kp, el error total por báscula, en la gama de 200 a 2 500 kp, se halla por debajo de un 1 %, referido a la carga de cada caso.

Rudolf Franke und Reinhold Stimming:

## Wachsende Anforderungen an die Schlepperhydraulik

### Vielfalt der Aufgaben

Mit zunehmender Schlepperleistung wachsen die Größe und das Gewicht der zu ziehenden und anzutreibenden Maschinen und Geräte. Die Aufgaben, die dem Schlepper für die Erledigung der Arbeitsvorgänge auf dem Felde gestellt sind, werden schwerer und vielseitiger. Manche Entwicklungen laufen unabhängig voneinander, sogar im eigenen Bereich des Schleppers nebeneinander, so daß mehrere, voneinander unabhängige selbstständige Hydraulikanlagen entstanden sind.

So gibt es im Schlepper selbst eine Hydraulik-Anlage für Kraftheber und Frontlader, eine zweite speziell für die hydraulische Hilfskraftlenkung der Vorderräder, weitere solche Anlagen in Vollerntemaschinen, Mähreschern, die mit der Zapfwelle angetrieben werden.

Der Bauer muß sich also zu dem Gespann von Schlepper und zugehörigen Maschinen mehrere Hydraulik-Anlagen kaufen. Andererseits werden viele Maschinen noch mit mechanischen Steuerungen und Verstellungen, z. B. für die Arbeitstiefe von Aufnahmetrommeln, Mähwerken, für die seitliche Verschwenkung von Ladewagen usw. gebaut, die elegant und vielleicht sogar billiger mit einem Hydraulik-Zylinder verwirklicht werden könnten, sofern der Schlepper als selbstfahrende Kraftzenrale dafür einen Anschluß bieten würde.

Unwillkürlich drängt sich die Frage auf, ob es nicht sinnvoll ist, den Schlepper mit einer einzigen Hydraulik-Anlage auszustatten, die seinen eigenen Bedarf und den Bedarf der angebauten, aufgesattelten und gezogenen Geräte und Maschinen an hydraulischer Leistung erfüllen kann.

Es erscheint wichtig, zunächst die Anforderungen zusammenzustellen, die von den einzelnen Geräten und Maschinen gestellt werden und sie zu diskutieren. Der vorliegende Beitrag möchte nur die Anregung zu einer solchen, gemeinschaftlich durchzuführenden Arbeit geben.

### Allgemeine Anforderungen

Die an den hydraulischen Arbeitsstellen aufzubringenden Kräfte, die Hub- und Steuerwege und die Zeiten hierfür stellen an die hydraulische Erzeuger-Anlage Anforderungen, die im maximalen Oldruck [atü], im maximalen Förderstrom [l/min] und dem Gesamtvolumen [l], das verdrängt wird, ihren Ausdruck finden. Der Zusammenhang zwischen diesen Größen, d. h. dem Arbeitsvermögen auf der primären Erzeugungsseite und dem Arbeitsbedarf auf der sekundären Verbraucherseite ist oft infolge veränderlicher Übersetzungen, z. B. am Kraftheber durch Kurbeltrieb und Gelenkviereck ziemlich verwickelt, läßt sich aber nach entsprechender Untersuchung übersehen [1, 2].

ELFES [3] hat kürzlich darauf hingewiesen, daß die jährlich produzierte mittlere Schlepperleistung in USA von etwa 35 PS (1950) auf etwa 65 PS (1966) angewachsen ist und weiter steigt, und daß der Anteil der installierten hydraulischen Leistung 1950 etwa 15 %, also etwa 5 PS betragen hat und 1966 bei den leistungsstarken Schleppern auf fast 35 %, also auf etwa 20 PS angewachsen ist, daß aber die hydraulische Leistung bei Großschleppern von mehr als 80 PS Schlepperleistung dann nicht mehr über 30 PS hinaus weiter wächst. Ähnlich vollzieht sich bei uns die Entwicklung in der gleichen Aufwärtstendenz von etwa 21 PS 1950 produzierte mittlere Schlepperleistung bis zu 37 PS 1966\*). Es ist zu vermuten, daß die Ansprüche an den Bedienungskomfort wegen des hierin inzwischen erreichten Standes der Technik schneller wachsen als die Schlepperleistungen, daß also etwa 25 % der Schlepperleistung als hydraulische Leistung an Schleppern der 40-PS-Größenklasse künftig installiert werden.

In Schleppern dieser Größe sind heute Hydraulik-Anlagen mit vorwiegend 155 atü Maximal-Oldruck eingebaut, in einigen Fällen geht man bis zu 200 atü, der Förderstrom beträgt zwischen 19 bis 28 l/min. Wenn  $p$  der Oldruck [atü] und  $Q$  der Förderstrom [l/min] ist, so errechnet sich die installierte Pumpenleistung mit einem Wirkungsgrad  $\eta$  der Pumpe von 0,9 nach der Formel

$$N = \frac{p \cdot Q}{450 \eta}$$

und beträgt zur Zeit etwa 16 bis 23 % der Schleppermotorleistung.

### Spezielle Anforderungen

Der Kraftheber war auch an deutschen Schleppern zunächst die erste und einzige hydraulische Arbeitsstelle. Da der Frontlader nicht gleichzeitig mit dem Kraftheber betätigt zu werden braucht, und da er in Bezug auf Druck und Fördermenge keine höheren Anforderungen stellt, ist es leicht, ihn in das für den Kraftheber vorhandene Hydraulik-System einzubeziehen. Nachdem der Kraftheber Regelfunktionen übernommen hat, d. h. während der Arbeit mit Regelfunktionen ständig wirksam ist, wird es problematisch, von der gleichen Pumpe weitere hydrostatische Arbeitsstellen speisen zu lassen, die etwa gleichzeitig arbeiten sollen und die das Krafthebersystem nicht in seiner Funktion, sich aber auch nicht untereinander gegenseitig stören dürfen. Mit wachsender Schlepperleistung werden unabhängige weitere Arbeitsstellen größere Bedeutung erlangen, wie etwa hydraulische Lenkung, hydraulische Bremsen, hydraulisch betätigte Reibungskupplungen, ferner Planetenradbremsen für

\*) Nach Angaben der LAV, bezogen auf Motor-PS