

# Dichtemessung von Gärfutter in hohen Fahrsilos mit einer verlängerten $\gamma$ -Streusonde

Dipl.-Phys. H. RETTIG\*  
Staatl. geprüfter Landw. E. GOLZ\*

## 1. Aufgabe

Siliergut in nicht luftdicht abschließbaren Silos muß verdichtet werden, um das Luftporenvolumen gering zu halten und so den Gasaustausch zwischen Futterstock und Außenluft einzuschränken. Sind im Siliergut die gärungsfördernden Inhaltsstoffe in ausreichender Konzentration vorhanden, dürfen die Lagerungsdichte und ihre Streuung<sup>1</sup> als wesentliche qualitätsbestimmende Größen angesehen werden. Das Verdichten von Siliergut empfiehlt sich außerdem aus ökonomischen Gründen zur besseren Ausnutzung des verfügbaren Behälterraums.

Meßverfahren zur Bestimmung der Lagerungsdichte mit  $\gamma$ -Streusonden, die eine Meßwertgewinnung in allen Horizonten hoher Fahrsilos — unabhängig von der Entnahme und mit geringem Handarbeitszeitaufwand — gestatten, sind deshalb für die landwirtschaftliche Forschung und Praxis von besonderem Interesse.

Bei einer  $\gamma$ -Streusonde (Bild 1) ist der Detektor vor der direkten Strahlung der radioaktiven Quelle ( $\gamma$ -Strahler) abgeschirmt. Daher kann der Detektor nur  $\gamma$ -Quanten der Quelle registrieren, nachdem sie ein- oder mehrmals an den Elektronen des umgebenden Mediums gestreut wurden. Die Energie der verwendeten Strahler liegt in dem Bereich, wo der COMPTON-Effekt die dominierende Wechselwirkung der  $\gamma$ -Quanten mit den Elektronen ist. Die Zahl der vom Detektor registrierten  $\gamma$ -Quanten ist dann ein Maß für die Elektronendichte  $N_e$  des umgebenden Mediums, die in einem einfachen Zusammenhang mit der makroskopischen Dichte  $\rho$  steht.

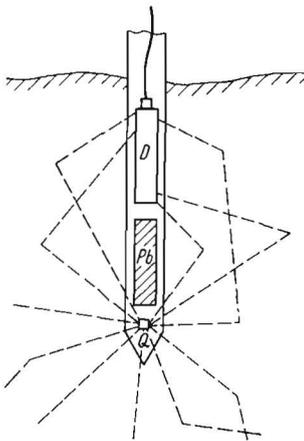
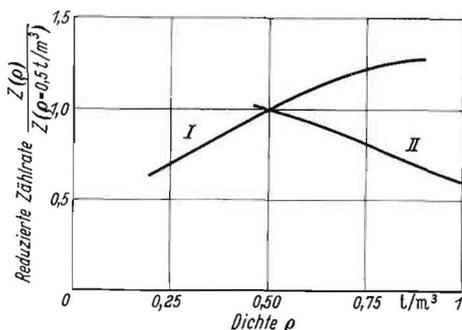


Bild 1. Prinzip der  $\gamma$ -Streusonde; D Detektor, Pb Abschirmung, Q radioaktive Quelle

Bild 2. Reduzierte Zählrate als Funktion der Dichte; I  $\gamma$ -Streusonde nach [1], II  $\gamma$ -Streusonde des IIML Potsdam Bornim [2]



Die Anzahl der vom Detektor registrierten  $\gamma$ -Quanten als Funktion der Dichte verläuft bei  $\gamma$ -Streusonden über ein Maximum. Die Lage des Maximums hängt von der Energie der  $\gamma$ -Strahlung und von dem Abstand Quelle—Detektor ab. Die Empfindlichkeit im gewünschten Meßbereich kann daher durch geeignete Wahl dieser Parameter beeinflusst werden.

Für Gärfutterdichtebestimmungen sind aus der Literatur zwei  $\gamma$ -Streusonden bekannt. Die  $\gamma$ -Streusonde nach JUNIN u. a. [1] wird im aufsteigenden Ast mit dem Nuklid Co<sup>60</sup> (Energie der  $\gamma$ -Quanten  $E_1 = 1,17$  MeV,  $E_2 = 1,33$  MeV,  $t_{1/2} = 5,3$  a) im Abstand  $d = 12$  cm vom Detektor (sowjetisches Halogenzählrohr CTC-6) betrieben. Bei der in unserem Institut entwickelten Sonde [2] wird als Nuklid Cs<sup>137</sup> ( $E = 0,66$  MeV,  $t_{1/2} = 33$  a) verwendet. Der Abstand Quelle—Detektor beträgt  $d = 26$  cm.

Ein Vergleich der reduzierten Eichkurven dieser Sonden (Bild 2) zeigt, daß die Empfindlichkeit der zuletzt genannten Sonde im normalen Gärfutterdichtebereich größer ist. Sie hat sich in ihrer Form seit der Entwicklung im Jahre 1962 für Gärfutterdichtemessungen unter praktischen Bedingungen bewährt. Ihre Länge  $l = 1,8$  m gestattet es jedoch nicht, in allen Horizonten hoher Fahrsilos ( $h > 3$  m) Meßwerte zu gewinnen.

\* Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim (Leiter: Obering. O. BOSTELMANN)

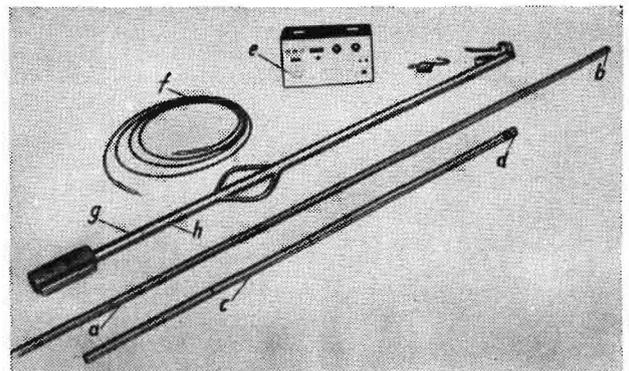
<sup>1</sup> Dabei wird vorausgesetzt, daß die Streuung der Lagerungsdichte nicht durch Unterschiede im Trockensubstanz- und Wassergehalt des Siliergutes hervorgerufen wird.

Bild 3. Verlängerte  $\gamma$ -Streusonde

Abschirmung und Detektor (Bild 1) sind starr verbunden; sie wurden bei der Montage von der Spitze des Unterteils a her eingeführt. Das an der Anode befestigte Kabel ist am oberen Ende des Unterteils mit einer Buchse verlötet, die in einem mit Außengewinde versehenen Zwischenstück b isoliert gegen den Mantel der Sonde (nichtrostender Stahl) eingelassen wurde. Das Zwischenstück hält den Oberteil c. Die elektrische Verbindung erfolgt über einen im Oberteil isoliert befestigten Büschelstecker, der sich beim Aufschrauben in die Buchse ein dreht. Das Kabel ist im Oberteil analog verlegt und endet ebenfalls an einer Buchse. Mit dem Ansatzstück d, das die Buchse eines normalen Hochspannungssteckers enthält, wird die Kabelverbindung zum Eigenbau-Zählgerät e hergestellt. Da das Ansatzstück auch auf das Unterteil paßt, kann die Sonde auch verkürzt ( $l = 2$  m) benutzt werden. Der Einbau der Strahlenquelle wurde nicht geändert [2].

Mit der Verwendung von Spezialkabel f konnten die Zählverluste eingeschränkt werden, die bei der notwendigen Kabelverlängerung durch Erhöhung der Kabelkapazität entstünden.

Die an Transportbehälter g angebrachten zwei Eichpräparate h werden für die Bezugswertmessung benötigt.



## 2. Aufbau der Sonde

Beim Bau der verlängerten Sonde ( $l = 3,4$  m) war eine Reihe von Forderungen zu beachten:

Während des Einstechens in die vorhandenen Meßlöcher im Gärfutterstock treten Biegebelastungen des Sondenrohrs auf, die bei einer Verlängerung der Sonde stärker werden.

Ein Sondenrohr in einer Länge von  $l = 3,4$  m ist in den Fahrzeugen, mit denen ein Meßtrupp unterwegs ist, nicht transportierbar. Der Einsatzbereich der Sonde in der verlängerten Ausführung darf aber dadurch nicht begrenzt werden.

Der Vorteil der einfachen Bedienbarkeit muß erhalten bleiben. Deshalb wurde als Kompromiß ein zweiteiliger Aufbau der Sonde gewählt (Bild 3). Die beiden Sondenteile wurden zur Erhöhung der Stabilität durch Einschleiben von genau passenden Stahlrohren verstärkt. Diese Maßnahme hat sich bei den durchgeführten Messungen als ausreichend erwiesen. Die Sonde ist in auseinandergebautem Zustand in einem einachsigen PKW-Anhänger transportierbar. Der Zusammenbau am Meßort kann mit einfachen Handgriffen erfolgen.

Damit wurden die oben gestellten Forderungen an die verlängerte Ausführungsform der Sonde erfüllt. Im Winterhalbjahr 1966/67 erfolgten mit der Sonde etwa 2000 Einzelmessungen der Dichte in 26 Gärfuttersilos. Sie arbeitete während dieser Zeit einwandfrei, die auftretenden Schäden waren auf den Transport zurückzuführen. Zu den Messungen mußte die Sonde über eine Gesamtentfernung von über 4500 km transportiert werden.

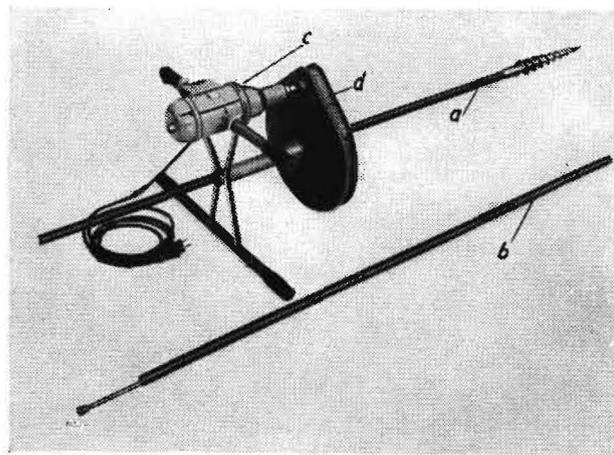


Bild 4  
Mechanische Bohrvorrichtung; a Bohrer, b Verlängerung mit Verbindungsstück, c Bohrmaschine, d Getriebekasten

Bild 6  
Dichteverteilung in einem Fahrsilo, ( $V = 60 \text{ m} \times 12 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ , Mais);  
a) Verteilung der Meßwerte  $\rho_i$  um den Mittelwert im Meßbereich  $\bar{\rho}$ , die durch die Standardabweichung  $s = 0,11 \text{ t/m}^3$  charakterisiert ist;  
b) Meßwerte  $\rho_i$  als Funktion der Meßtiefe  $h$ ,  $I \quad \rho = \bar{\rho} + 0,81 \text{ t/m}^3$ ,  $II$  Regressionsgerade  $\rho = \rho(h) = \bar{\rho} + b(h - \bar{h})$ ,  $b = 0,105 \frac{\text{t/m}^3}{\text{m}}$ ,  $\bar{h} = 1,35 \text{ m}$ ;  
c) Verteilung der Meßwerte  $\rho_i(h)$  um die Regressionsgerade  $\rho = \rho(h)$ , die durch die Standardabweichung  $s_R = 0,08 \text{ t/m}^3$  charakterisiert ist;  
d) Lage der Meßstellen

## 3. Durchführung der Messungen

Für Aussagen über die Dichteverteilung in einem Gärfutterbehälter muß ein repräsentatives Meßvolumen gewählt werden; die Dichtemessungen sollten bis zu 1% des gefüllten Volumens erfassen. Bei hohen Fahrsilos ( $V = 60 \text{ m} \times 12 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ ) müssen daher die Dichten insgesamt über ein Meßvolumen von  $20 \text{ m}^3$  bestimmt werden, was 200 Einzelmessungen entspricht. Da der vertikale Abstand der Meßpunkte an einer Meßstelle für die vorliegende  $\gamma$ -Streusonde mindestens  $0,3 \text{ m}$  betragen muß, kann bei einer Futterstockhöhe von  $3 \text{ m}$  in 10 Horizonten gemessen werden. Die Meßstellen müssen über die Fläche des Silos gleichmäßig verteilt sein.

Das bisher übliche Vorschlagen der Meßlöcher in den Futterstock mit einem  $2 \text{ m}$  langen Schlagdorn ( $25 \text{ mm}$  Dmr.) ist bei hohen Fahrsilos nicht mehr zweckmäßig. Das Hineinschlagen und Herausziehen des Dorns wird dann sehr arbeitszeit- und kraftaufwendig; bei Gärfutter mit hohem Trockenstoffgehalt werden dafür bis zu  $0,7 \text{ Akh}$  je Meßloch beansprucht. Dieser Aufwand für die Vorbereitung ist wesentlich größer als der für den Meßvorgang selbst.

Die Verwendung eines Bohrers anstelle eines Schlagdorns verringerte den Arbeitszeit- und Kraftaufwand. Für die Erprobung wurde zunächst ein Handbohrer benutzt. Später erfolgte der Antrieb mechanisch mit einer Bohrmaschine über ein Getriebe (Bild 4). Mit dieser Bohrvorrichtung können Meßlöcher in Gärfutterstöcke bis zu  $3,4 \text{ m}$  gebohrt werden. Der dazu erforderliche Arbeitszeitaufwand (Bild 5a) unterliegt Schwankungen, die von Futterart, Trockenstoffgehalt und Dichte im Gärfutterstock beeinflusst

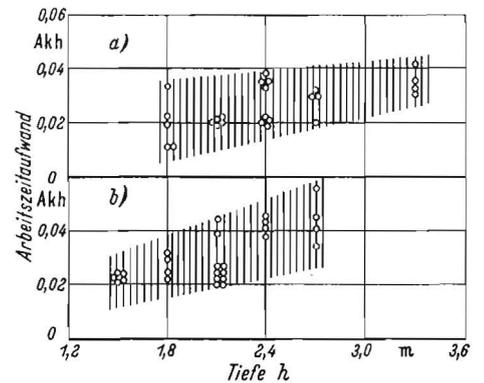
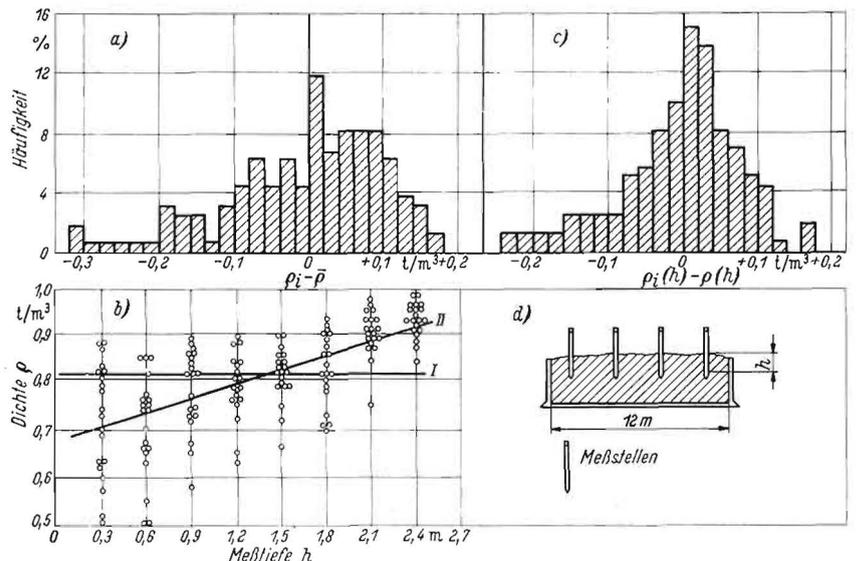


Bild 5. Arbeitszeitaufwand für das Bohren der Meßlöcher a) und die Dichtemessung b) in Gärfuttersilos



werden; z. B. bietet Maissilage dem Bohrer einen geringeren Reibungswiderstand als Grassilage mit hohem Trockensubstanzgehalt. Der Durchmesser des Bohrers ist so gewählt, daß es trotz der Rückdehnung des Gärfutters noch möglich ist, die Sonde bis zur gewünschten Meßtiefe manuell einzuführen.

Für das Messen der Dichten in 10 Horizonten bei einem vertikalen Abstand der Meßpunkte von 0,3 m und dem dazu notwendigen schrittweisen Herausziehen werden 0,45 Akh benötigt (Bild 5b). Insgesamt sind für die Dichtemessung in 10 Horizonten einer Meßstelle 0,8 Akh aufzuwenden.

Der Meßvorgang selbst ist einfach. Nachdem die Sonde in die erforderliche Meßtiefe eingeführt worden ist, wird die Zählrate mit dem Batteriezählgerät über eine Minute gemessen. Die gemessenen Zählraten sind durch eine Bezugswertmessung zu korrigieren, die vor und nach jeder Meßreihe erfolgt. Sie hat die Aufgabe, die Auswirkung langzeitiger Schwankungen der Parameter der elektronischen Schaltelemente auf die Meßergebnisse zu verhindern und ist gleichzeitig eine Funktionskontrolle für die Meßanordnung. Mit Hilfe der vorliegenden Eichkurven werden die korrigierten Zählraten in Dichtewerte umgerechnet. Der Fehler der Dichtemessung ist durch den relativen statistischen Fehler der Zählratenmessung, der mit 2% angegeben wird, bestimmt.

#### 4. Meßergebnisse und Auswertung

Für Aussagen über den gesamten Silo ist zunächst die mittlere Dichte  $\bar{\rho}$  von Bedeutung.

$$\bar{\rho} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \rho_i$$

Sie wird aus den gemessenen Einzeldichten  $\rho_i$  in den Horizonten und der Gesamtzahl  $N$  der Meßwerte berechnet. Es ist dabei zu gewährleisten, daß die gemessenen Einzeldichten mit gleichem Gewicht zur mittleren Dichte beitragen, was durch eine konstante Zahl  $n_h$  von Meßpunkten je Horizont erreicht wird.

Weitere Aussagen z. B. über die Wirkung einer Verfestigungstechnologie als Funktion der Parameter des eingelagerten Siliergutes und der Behälterform lassen sich aus der Streuung der Dichte in einem Silo ableiten. Ein Maß für die Streuung ist die Standardabweichung  $s$ ; sie kann für den gesamten Silo, für einzelne Horizonte oder Abschnitte des Silos, die ähnlichen Beanspruchungen unterliegen, berechnet werden.

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\rho_i - \bar{\rho})^2}$$

Die Standardabweichung  $s$  charakterisiert eine Normalverteilung vollständig.

Das Dichtespektrum eines Silos (Bild 6a) weist keine Normalverteilung auf, da eine Abhängigkeit der Dichte von der Futterstockhöhe besteht. Die Abhängigkeit der Dichte von der Futterstockhöhe läßt sich durch Regressionsrechnung ermitteln. Im vorliegenden Fall (Bild 6b) kann lineare Regression durchgeführt werden. Die Abhängigkeit der Dichte von der Meßtiefe  $h$  erscheint dann in der Form

$$\rho = \rho(h) = \bar{\rho} + b(h - \bar{h}),$$

wobei  $\bar{h}$  und  $b$  [3] aus der Gesamtzahl  $N$  der Messungen, den Meßtiefen  $h_i$  und den Einzeldichten  $\rho_i$  berechnet werden.

$$\bar{h} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N h_i$$

$$b = \frac{N \sum \rho_i h_i - \sum \rho_i \sum h_i}{N \sum h_i^2 - \sum h_i \sum h_i}$$

Berechnet man die Verteilung um diese Regressionsgerade, ergibt sich mit besserer Näherung eine Normalverteilung mit der Standardabweichung  $s_R$  ( $s_R < s$ ) (Bild 6c). All-

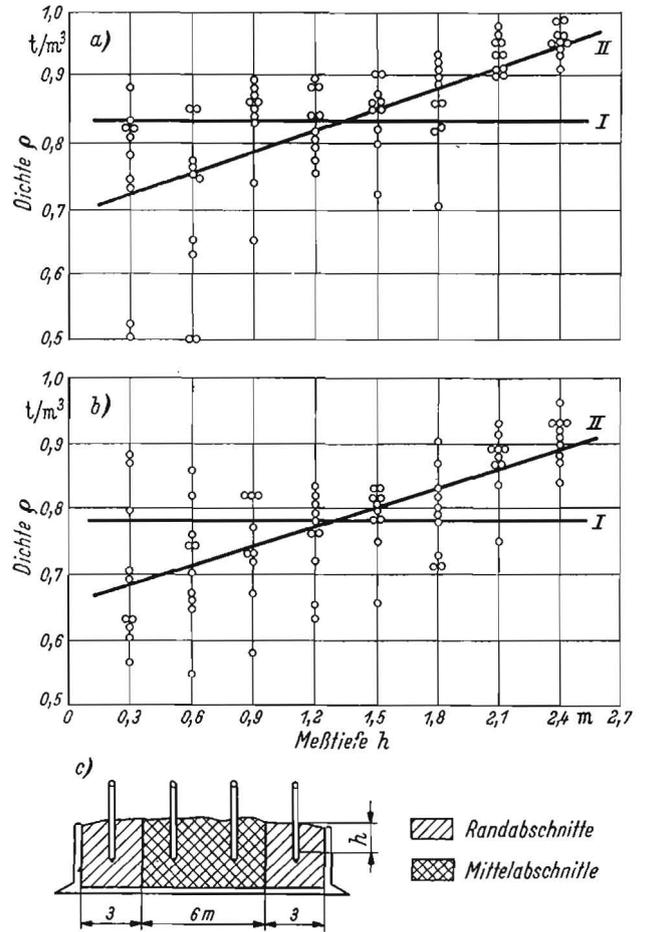


Bild 7. Dichteverteilung in den Rand- und Mittelabschnitten eines Fahrsilos, ( $V = 60 \text{ m} \times 12 \text{ m} \times 3$ , Mais);  
a) Meßwerte  $\rho_i$  im Mittelabschnitt als Funktion der Meßtiefe  $h$ , I  $\bar{\rho} = \bar{\rho}_m = 0,835 \text{ t/m}^3$ , II Regressionsgerade  $\rho = \rho_m(h) = \bar{\rho}_m + b_m(h - \bar{h})$ ,  $b_m = 0,11 \frac{\text{t/m}^3}{\text{m}}$ ;  $s_{Rm} = 0,08 \text{ t/m}^3$ ;  
b) Meßwerte  $\rho_i$  in den Randabschnitten als Funktion der Meßtiefe  $h$ , I  $\bar{\rho} = \bar{\rho}_r = 0,785 \text{ t/m}^3$ , II Regressionsgerade  $\rho = \rho_r(h) = \bar{\rho}_r + b_r(h - \bar{h})$ ,  $b_r = 0,10 \frac{\text{t/m}^3}{\text{m}}$ ,  $s_{Rr} = 0,07 \text{ t/m}^3$ ;  
c) Lage der Meßstellen.

gemein ist die Annahme einer linearen Abhängigkeit der Dichte von der Futterstockhöhe nicht gerechtfertigt, da sie mit wachsender Futterstockhöhe in großen Meßtiefen einen für das eingelagerte Siliergut charakteristischen Endwert erreicht. Das trifft besonders in Hochsilos zu. Die Extrapolation zu größeren Abszissenwerten ist also in Bild 6b nicht möglich.

Unter der Voraussetzung, daß die Dichten in den Horizonten eines Gärfuttersilos einer Normalverteilung gehorchen, kann eine mittlere Standardabweichung  $s_{\text{mit}}$  der Dichte aus den Standardabweichungen  $s_i$  in den Horizonten und der Zahl  $n$  der gemessenen Horizonte berechnet werden, ohne daß eine Regressionsrechnung durchzuführen ist.

$$s_{\text{mit}} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n s_i^2}$$

Diese Größe hängt nicht mehr von der Wahl des Regressionsverfahrens ab.

Durch Berücksichtigung der mittleren Dichten  $\bar{\rho}_i$  in den Horizonten und entsprechender Gewichtung kann als Maß für die Streuung der Dichte in einem Silo auch die Größe

$$s'_{\text{mit}} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{\rho}_i s_i^2} = \sqrt{\frac{n_h}{N} \sum_{i=1}^n \bar{\rho}_i s_i^2}$$

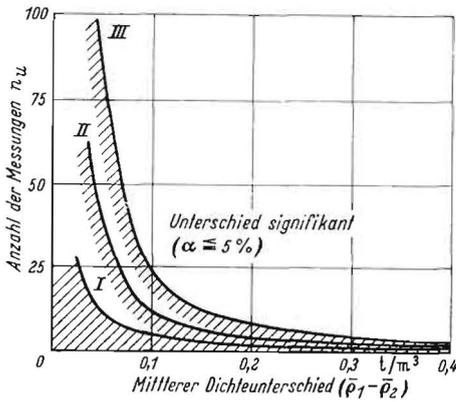


Bild 8. Mindestzahl der Messungen als Funktion des mittleren Dichteunterschiedes zweier Horizonte eines Gärfuttermessens; I  $s_1 = s_2 = 0,04 \text{ t/m}^3$ , II  $s_1 = s_2 = 0,08 \text{ t/m}^3$ , III  $s_1 = s_2 = 0,12 \text{ t/m}^3$ . Die Kurven I, II und III wurden aus den Integralgrenzen der  $t$ -Verteilung für eine Irrtumswahrscheinlichkeit  $\alpha = 5\%$  ermittelt [3]

als mittlere Standardabweichung definiert werden. Im angeführten Beispiel (Bild 6) bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Größen  $s_R$  und  $s_{mit}$  bzw.  $s'_{mit}$ . Daher ist in diesem Fall die lineare Regression im angegebenen Abszissenintervall der Meßtiefe  $h$  gerechtfertigt.

Interessieren die Dichteunterschiede, die durch das unterschiedliche Verfestigen in den Rand- und Mittelabschnitten eines Silos auftreten, kann man für sie eine Regressionsrechnung getrennt durchführen. Ist die Annahme einer linearen Regression gerechtfertigt, wird die Dichteverteilung in einem Silo durch die mittleren Dichten  $\bar{\rho}_R$  und  $\bar{\rho}_M$  und

durch die Steigungen  $b_R$  und  $b_M$  in den Rand- und Mittelabschnitten sowie die Standardabweichungen  $s_{RR}$  und  $s_{RM}$ , die die Verteilung der dort gemessenen Dichten um die beiden Regressionsgeraden angeben, beschrieben (Bild 7).

Aus den Werten für die Standardabweichung  $s_t$ , im Beispiel Bild 6 gilt  $0,04 \text{ t/m}^3 \leq s_t \leq 0,12 \text{ t/m}^3$ , kann die Anzahl der Messungen abgeschätzt werden, die notwendig ist, um die Signifikanz ( $\alpha = 5\%$ ) des mittleren Dichteunterschiedes zweier Horizonte eines Gärfuttermessens nachzuweisen (Bild 8).

Bei gezielten Qualitätsuntersuchungen des Gärfuttermessens (z. B. in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte) müßten für die Probenzahl analoge Betrachtungen natürlich unter Berücksichtigung des Probenvolumens angestellt werden.

## 5. Zusammenfassung

In Anlehnung an eine früher entwickelte Meßanordnung werden eine verlängerte  $\gamma$ -Streuende und eine Bohrvorrichtung beschrieben, die Gärfuttermessungen in allen Horizonten hoher Fahrtilos gestatten. Die neue Meßanordnung hat sich unter praktischen Bedingungen bewährt.

Es wird vorgeschlagen, die Dichteverteilung in einem Gärfuttermessensilo durch den Mittelwert und eine Standardabweichung zu charakterisieren.

## Literatur

- [1] JUNIN, A. J. / A. J. PERPELIZINA / JEMELJANOW, W. A.: Bestimmung des Volumengewichts von Silierfutter mit Hilfe der  $\gamma$ - $\gamma$ -Methode (russ.). Vestnik sel'sk. Nauki 1964, Nr. 6, S. 124 bis 127
- [2] BEER, M. / W. HELBIG / M. MÜLLER: Dichtebestimmung von Gärfutter mit einer  $\gamma$ -Rückstreuende. Deutsche Agrartechnik (1963) H. 11, S. 521 bis 523
- [3] DOERFFEL, K.: Statistik in der analytischen Chemie. Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig 1966, 211 S. A 6942

Dr. G. WEHowsky\*  
Dipl.-Landw. D. KOHLSCHMIDT\*\*

## Zu Fragen der Melkeigenschaften von Neopren-Zitzengummi

Die Dauer der Gebrauchsfähigkeit von Neopren-Zitzengummi ist etwa dreimal größer im Vergleich zu Naturkautschuk-Zitzengummi vom VEB Elfa Elsterwerda [1] [2]. Der Einsatz von Neopren-Zitzengummi erfolgt in der Praxis jedoch nur zögernd. Von einigen Melkern wird angeführt, daß Neopren-Zitzengummi NW 25 mit kleinem Kopf schlechtere Melkeigenschaften aufweisen als die bisher benutzten Naturkautschuk-Zitzengummi NW 25 mit großem Kopf.

Nachfolgend soll über einen Versuch zur Klärung des Sachverhalts berichtet werden.

Tafel 1. Zusammenstellung der im Versuch benutzten Zitzengummi

Nr.	Hersteller		Bezeichnung
1	VEB Elfa	DDR	Neopren NW 25 kleiner Kopf
2	VEB Elfa	DDR	Naturkautschuk NW 25, kleiner Kopf
3	VEB Elfa	DDR	Naturkautschuk NW 25, großer Kopf
4	VEB Elfa	DDR	Naturkautschuk NW 25, großer Kopf
5	Alfa-Laval	Schweden	Fabrikations-Nr. 24 582
6	Alfa-Laval	Schweden	Fabrikations-Nr. 26 350
7	Alfa-Laval	Schweden	Fabrikations-Nr. 25 742
8	Alfa-Laval	Schweden	„Hydropuls“, kleiner Kopf
9	Agrostroj		
	Pelhrimov	CSSR	
10	Melotte	DDR	
11	Miele	DBR	<sup>1</sup> nach 400 Einsatzstunden

\* Institut für Landtechnik der Karl-Marx-Universität Leipzig (Direktor: Ing. Dr. agr. E. THUM)

\*\* VEB Elfa Elsterwerda

## Material und Methoden

11 verschiedene Zitzengummi von 5 Firmen (Tafel 1) wurden im September 1966 an  $2 \times 8$  Kühen der Rasse „Deutsches Schwarzbuntes Rind“ in einem Euterhälften-Überkreuzversuch hinsichtlich der Melkeigenschaften untersucht. Der Zitzengummivergleich erfolgte im Tandemmelkstand des VEG Essack, Kr. Osterburg (Altmark).

An jeweils einer Euterhälfte (1 Vorder- und 1 Hinterviertel) kamen Neopren-Zitzengummi NW 25 mit kleinem Kopf, an der anderen Euterhälfte die Vergleichszitzengummi zum Einsatz. Da auch die Melkbechermassen die Melkergebnisse beeinflussen können, wurden alle kompletten Melkbecher (Becher und Zitzengummi) auf die Masse des schwersten kompletten Melkbeckers gebracht. Zur Registrierung der Euterhälftenmelke dienten zwei Alfa-Laval-Milkgrofen. Ein Zitzengummifabrikat wurde jeweils für 2 Melkzeiten hintereinander an der gleichen Euterhälfte angesetzt, danach erfolgte ein Wechsel der Euterhälften bzw. Zitzengummi. Durch die Anlage des Versuches als Euterhälften-Überkreuzversuch ließen sich umweltbedingte Einflüsse auf die Meßwerte weitgehend einschränken. Die Beurteilung der Melkeigenschaft eines Zitzengummi wurde nach folgenden Meßwerten vorgenommen:

Maschinengemelk	[kg]
Maschinenmelkzeit	[min]
größtes Minutengemelk	[kg/min]
Maschinennachgemelk	[kg]