

Die Aussagefähigkeit radiometrischer Messungen zur Bestimmung der mittleren Gärfutterdichte in Horizontalsilos

Ing. Edeltraud Kuhn, Institut für Mechanisierung Potsdam-Bornim der AdL der DDR

Die radiometrische Bestimmung von Lagerdichten verschiedener Güter mit Hilfe von γ -Absorptions- und γ -Streuordnungen hat sich schon seit Jahren in vielen Industriezweigen bewährt [1]. In den letzten 15 Jahren finden diese Meßverfahren auch in der Landwirtschaft eine zunehmende Verbreitung. Während γ -Absorptionseinrichtungen im wesentlichen als Meßmittel in der Bodenforschung verwendet werden [2] [3] [4], steigen Anwendungsbreite und -umfang der γ -Streuonden als Meßmittel zur Erfassung von Gärfuttermitteln ständig [5] [6]. In der KAP Ferdinandshof z. B. wird seit mehr als 5 Jahren die Lagerdichte in rd. 250 Silos bestimmt, in denen jährlich insgesamt 1 Mill. m³ Silage gelagert werden. Die Lagerdichte ist dabei eine wichtige Größe für die Abrechnung der Leistungen zwischen Pflanzen- und Tierproduktion.

1. Aufbau und Wirkungsweise von γ -Streuonden

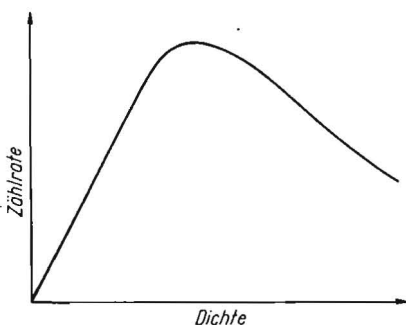
Über den Aufbau und die Wirkungsweise von γ -Streuonden und speziell über die Sonde für Gärfuttermessungen ist bereits ausführlich berichtet worden [7], so daß hier nur auf wesentliche Fakten eingegangen wird. Die γ -Streuonde ist als Einstabsonde gebaut, bei der sich in einem Rohr die radioaktive Quelle mit einem Strahlendetektor befindet. Ein Absorber mit möglichst hoher Dichte schirmt den Detektor von der direkten Strahlung ab.

Als geeignetste Strahler haben sich Cs-137-Quellen und als Detektoren Halogenzählrohre erwiesen, die über Hf-Kabel mit tragbaren Zählgeräten verbunden werden können. Die Wechselwirkung der Quelle mit dem umgebenden Gut ergibt den im Bild 1 dargestellten Verlauf der Zählrate in Abhängigkeit von der Dichte. Die Streuintensität der γ -Strahlung und damit auch die Zählrate am Detektor der Sonde nimmt mit steigender Dichte zu. Nach Durchlaufen eines Maximums ist die Absorption der Strahlung vorherrschend, was zum Abfall der Zählrate führt.

Durch konstruktive Maßnahmen an der Sonde kann der Kurvenverlauf in Grenzen so verschoben werden, daß der Meßbereich der Sonde im ansteigenden Kurvenbereich liegt. Dementsprechend sind drei verschiedene Sondentypen mit unterschiedlichen Meßbereichen entwickelt worden (Bild 2).

Die Sonde DS-6 ist als Streuonde nur für Dichten bis maximal 300 kg/m³ verwendbar. Die Sonde DS-11 ist bis maximal 700 kg/m³, die Sonden DS-112 und DS-114 für Dichten über 1000 kg/m³ einsetzbar. Die große mechanische Beanspruchung der Sonden beim Einbringen in den Futterstock führte zur Entwicklung der Sondenreihe DS-114 (Bild 3).

Bild 1. Intensität der Zählrate am Detektor einer γ -Streuonde in Abhängigkeit von der Dichte des umgebenden Gutes



Die Sonde selbst ist als sogenannte Fallsonde gebaut. Die Messung erfolgt in einem Bohrrohr, in welchem die Sonde hinabgelassen wird. Das Bohrrohr wird von Hand oder mit einer Winkelhandbohrmaschine in den Futterstock gebracht. Der zur Ausrüstung gehörende Container dient zur Bestimmung eines Kontrollwertes, so daß beim Auswechseln eines Zählrohrs oder Zählgeräts sowie bei leichten Effektivitätsschwankungen der gesamten Meßordnung die Meßwerte korrigiert werden können.

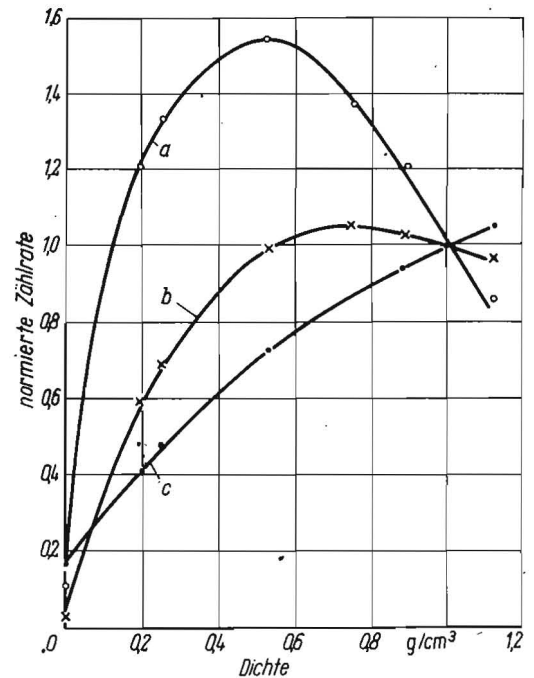
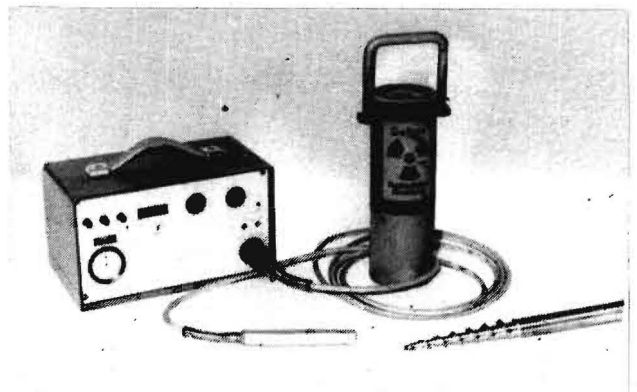


Bild 2. Normierte Kalibrierkurven von γ -Streuonden; a Sonde DS-6, b Sonde DS-11, c Sonden DS-112 und DS-114

Bild 3. Meßanordnung der γ -Streuonde DS-114



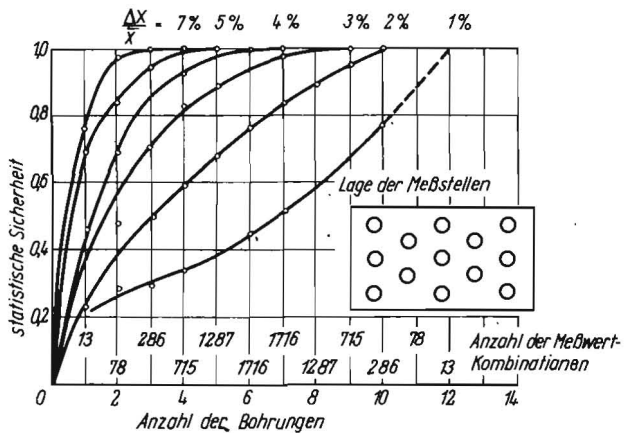


Bild 4. Beispiel für die Einzelauswertung der Bohrungen in einem Horizontalsilo

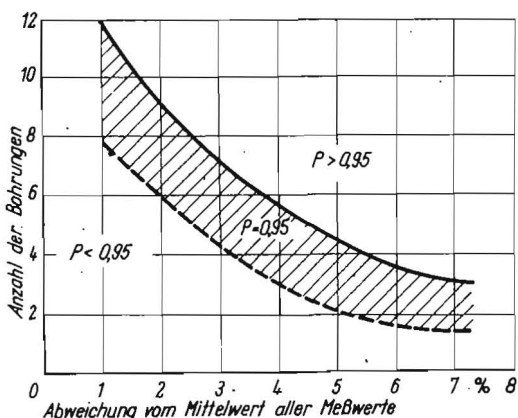


Bild 5. Anzahl der erforderlichen Bohrungen zur Bestimmung der mittleren Lagerdichte in Silostapeln in Abhängigkeit vom zulässigen Fehler bei statistischer Sicherheit $P = 0,95$;
 — Grenze für inhomogene Silostapel
 - - - Grenze für homogene Silostapel

2. Statistische Sicherheit von Messungen der Lagerdichte

Da die Einführung der Sonden in den Futterstock mit körperlicher Anstrengung verbunden ist, besteht die verständliche Tendenz, die mittlere Lagerdichte in einem Silostapel aus Messungen in einer minimalen Anzahl von Bohrungen zu ermitteln. Um das für eine ausreichend sichere und genaue Aussage erforderliche Minimum an Bohrungen bestimmen zu können, sind die Bedingungen für eine solche Aussage einzugrenzen.

Zu diesem Zweck wurden bei mehreren Horizontalsilos mit verschiedenen Gärfutterarten unterschiedlicher Einlagerungsqualität Messungen in einer bewußt überhöhten Anzahl von Bohrungen durchgeführt. Mit Hilfe des Rechners KRS 4200 und des Rechenprogramms SIMG wurde aus allen möglichen Kombinationen von 2, 3, 4 bis $n-1$ Bohrungen der Mittelwert gebildet. Aus dem Vergleich des Mittelwerts aller Meßwerte (\bar{x}) eines Silostapels mit dem Mittelwert von Meßwertkombinationen (\bar{x}) kann bei vorgegebener maximal zulässiger Abweichung vom Mittelwert aller Meßwerte (Δx) der Anteil „richtiger“ Meßwerte (das sind Meßwerte im Bereich $x = \bar{x} \pm \Delta x$) und damit die statistische Sicherheit für eine verschiedene Anzahl von Bohrungen bestimmt werden (Bild 4). Wenn eine Abweichung von $\Delta x/\bar{x}$ mit 3% als für die Praxis zulässig angenommen wird, so sind für eine statistische Sicherheit von $P = 0,95$ sechs Bohrungen zur Bestimmung der mittleren Lagerdichte in diesem Silostapel nötig. Bei 3 Bohrungen und 3% zulässiger Abweichung beträgt die statistische Sicherheit nur $P = 0,70$. Das Bild 4 zeigt außerdem, wie sich eine

Veränderung der zulässigen Abweichung auf die Anzahl der erforderlichen Bohrungen auswirkt.

Derartige Messungen sind inzwischen bei 8 Horizontalsilos (1000 bis 5000 m³) mit verschiedenen Gärfutterarten unterschiedlicher Einlagerungsqualität wiederholt worden. Eine zusammenfassende Darstellung dieser Meßergebnisse gibt Bild 5.

Bei einer statistischen Sicherheit von $P = 0,95$ und der Vorgabe von 3% maximaler Abweichung vom Mittelwert aller Meßwerte kann verallgemeinert werden, daß in mindestens 7 Bohrungen gemessen werden muß, um bei den genannten Bedingungen die mittlere Lagerdichte von Silostapeln überhaupt erfassen zu können. Wenn bekannt ist, daß Silostapel unter guten Einlagerungsbedingungen gleichmäßig gefüllt wurden, kann die untere Grenzkurve als ausreichend angesehen werden. Dann kann aus den Meßergebnissen in 4 bis 5 Bohrlöchern auf die mittlere Lagerdichte von Silostapeln geschlossen werden. Bei Vorgabe anderer Toleranzgrenzen ergibt sich eine andere Anzahl von Bohrlöchern. Aus dieser Darstellung ist auch ersichtlich, daß bei nur 2 Bohrungen mit wesentlichen, für die Praxis nicht vertretbaren Fehlern zu rechnen ist.

Eine Abhängigkeit der erforderlichen Bohrungszahl von der Silogröße ist bei Silostapeln von 1000 bis 5000 m³ nicht feststellbar. Gegenwärtig werden nach dem gleichen Verfahren hohe Probenanzahlen für die chemische Analyse entnommen, um in der Endaussage eine Reduzierung der Analysenzahl durch sinnvolle Herstellung von Mischproben zu erreichen.

3. Zusammenfassung

Für exaktere Abrechnungen der Leistungen der Pflanzenproduzenten bei besonderer Berücksichtigung der Silagequalität ist die Bestimmung der mittleren Gärfutterdichte in Lagerbehältern mit Hilfe von γ -Streusonden erforderlich. Es werden Aussagen über die notwendige Anzahl von Bohrungen in Futterstücken getroffen, bei denen eine hinreichende statistische Sicherheit vorhanden ist.

Literatur

- [1] Hartmann, W.: Meßverfahren unter Anwendung ionisierender Strahlung. Leipzig: Akadem. Verlagsgesellschaft Geest und Portig K.G. 1969.
- [2] Helbig, W.; Baganz, K.; Fekete, A.: Kontinuierliche zerstörungsfreie Bodendichtemessung unter landwirtschaftlichen Fahrwerken. Dt. Agrartechnik 20 (1970) H. 1, S. 43—45.
- [3] Helbig, W.; Beer, M.: Bodendichtemessung mit γ -Strahlen. Archiv Landtechnik (1965) H. 5, S. 182—203.
- [4] Helbig, W.: Anwendungsmöglichkeiten und Ergebnisse der Bodendichtemessungen mit Gammastrahlen. Albrecht-Thaer-Archiv, Band 11 (1967) H. 12, S. 1117—1130.
- [5] Rettig, H.; Golz, E.: Dichtemessungen von Gärfutter in hohen Fahrsilos mit einer verlängerten γ -Streusonde. Dt. Agrartechnik. 17 (1967) H. 12, S. 560—563.
- [6] Beer, M.; Helbig, W.; Müller, M.: Dichtebestimmung von Gärfutter mit einer γ -Rückstreusonde. Dt. Agrartechnik 13 (1963) H. 11, S. 521—523.
- [7] Kuhn, E.; Suckow, G.: γ -Streudichtesonde DS-114. Wissenschaftliche Fachtagung 1974 im IfM Potsdam-Bornim zum Thema: Messen und Rechnen in der Landtechnik. A 1413

Hinweis für unsere Auslandsabonnenten

Wir bitten alle Bezieher außerhalb der DDR, die Erneuerung der Abonnements für 1977 rechtzeitig vorzunehmen.

Die Zeitungsvertriebsstellen Ihres Landes finden Sie auf Seite 564
 Redaktion agrartechnik