

Am Institut für Landtechnik Potsdam-Bornim besteht eine Abteilung „Isotopenanwendung“. Ihr stehen moderne Geräte und Laboratorien zur Verfügung und seit Juli 1961 besitzt das Institut von den zuständigen staatlichen Stellen (Amt für Kernforschung und Kerntechnik bzw. Staatliche Zentrale für Strahlenschutz beim Ministerrat der DDR) eine Arbeitsgenehmigung für die Untersuchung der Anwendungsmöglichkeiten radioaktiver Isotope in der landtechnischen Forschung und Prüfung. Die Mitarbeiter der Abteilung bearbeiten Probleme der Landtechniker des Instituts oder anderer Forschungseinrichtungen, die bisher gar nicht oder mit „klassischen Mitteln“ nur durch höheren Zeit- und Arbeitskräfteaufwand gelöst werden konnten. Neben dem Bau von batteriebetriebenen Kernstrahlungsmeßgeräten, die für praxisnahe Prüfung und Forschung unerlässlich sind, wurden einerseits mit Hilfe geschlossener radioaktiver Strahlenquellen γ -Dichtesonden zur Bestimmung der Dichte von Ackerböden, zur Messung von Bodenverdichtungen unter den Rädern schwerer Landmaschinen und zur Ermittlung der Lagerungsdichte von Gärfutter (anschließende Abhandlung) entwickelt und intensiv erprobt. Andererseits finden, in offener Form, kurzlebige radioaktive Isotope für die Lösung unterschiedlichster Probleme der Landtechnik Verwendung: Mischerleistungsprüfung, Bestimmung von Entmischungsvorgängen in Kettentrögen, Messung der Sprühmittelverteilung beim Flugzeugeinsatz, Ermittlung des Reinigungsverlaufs von Milchtanks durch Sprühköpfe und Durchflußmessungen an Milcherhitzern.

Dichtebestimmung von Gärfutter mit einer γ -Rückstreusonde

Der Einsatz von Feldhäckslern und Schlegelerntern zur Grünfütterernte hat in fast allen Ländern zu verstärkter Gärfutterbereitung geführt. Handarbeitszeitaufwand, Wetterrisiko, Konservierungsverluste und der Investitionsbedarf für die Konservierung und Lagerung von Gärfutter sind gering und senken die Produktionskosten je Stärkeeinheit gegenüber denen des Futterrübenanbaues und der Heugewinnung nennenswert. Das Gärfutter ist zum Hauptbestandteil in der Winterfütteration der Rinder geworden. Durch diese Entwicklung erhalten die Bemühungen um eine kostensparende Bereitung und Verfütterung von Gärfutter in den Rinder-Großanlagen sozialistischer Landwirtschaftsbetriebe eine besondere Bedeutung und stellen einen Schwerpunkt für die Mechanisierung der Arbeiten in der Rinderhaltung dar.

Für die Beurteilung des Einsatzes von Maschinen in der Gärfutterwirtschaft ist die Kennzeichnung der physikalischen Eigenschaften des Gärfutters von besonderem Interesse. Dazu gehören u. a. der Trockensubstanzgehalt, der Zerkleinerungsgrad und die Lagerungsdichte. Besondere meßtechnische Probleme treten bei der Messung der Lagerungsdichte auf, die nicht nur für den Einsatz der Entnahmemaschinen von Interesse ist, sondern gleichzeitig einen wichtigen Maßstab zur Beurteilung der Siliertechnik, insbesondere der Verfestigung darstellt. Eine sorgfältige Verfestigung des Futterstockes ist die wichtigste Voraussetzung für die Bereitung von Gärfutter guter Qualität mit geringen Verlusten. Zwischen der Lagerungsdichte und der Qualität des Futters besteht eine eindeutige positive Korrelation, wie am Beispiel des Hochbehälters zu erkennen ist und von LÜDDECKE [1], OTIS, POMROY [2] u. a. nachgewiesen wurde. SCHMIDT [3] untersuchte 264 Gärfutterbehälter und fand als wichtigste Ursache für schlechte Gärfutterqualität die ungenügende Verfestigung der Futterstöcke.

Einfache Meßverfahren zur Bestimmung der Lagerungsdichte mit geringem Arbeitszeitaufwand und geringem Meßfehler sind daher wünschenswert und fördern die Forschungsarbeiten sowie die Beratung der Betriebe auf dem Gebiet der Gärfutterbereitung und -verfütterung. Werte über die Lagerungsdichte werden ferner für die Futterplanung, für die Planung des Behälterbedarfs, für Kalkulationen über die Wirtschaftlichkeit verschiedener Behälterformen sowie zur Beurteilung der statischen Belastung der Behälter, insbesondere der Hochbehälter, benötigt.

Bekanntes Meßverfahren

Der überwiegende Teil bekannter Meßergebnisse ist in Hochbehältern ermittelt worden, in denen sich das Volumen der entnommenen Futterprobe leichter messen läßt als in Flachbehältern. Es handelt sich dabei um Mittelwerte von größeren Futtermengen.

Bei den Messungen in Hochbehältern werden mehrere m^3 Gärfutter entnommen. Da vor und nach der Entnahme der Futterstock eben einplanirt wird, können Volumen, Masse und damit auch die Lagerungsdichte des entnommenen Gärfutters bestimmt werden. Bei sorgfältiger Arbeit liegt der Meßfehler unter 5%.

Andere Meßverfahren sehen die Verwendung eines Einstechrahmens vor, der aus geschärften Stahlstangen besteht. Dieser Rahmen wird in den Futterstock eingeschlagen.

Das gleiche Meßprinzip wird bei der Verwendung von Einstechzylindern angewendet. Diese sind am unteren Rand geschärft und werden in den Futterstock eingedrückt.

Als Nachteil dieser Meßverfahren gilt, daß sie in Flachbehältern, besonders bei Gärfutter mit hohem Trockensubstanzgehalt sowie bei kurzer Häckselung von 20 bis 30 mm nicht anwendbar sind, da es kaum gelingt, das Futter im Zustand der natürlichen Lagerung in den Stechzylinder zu bringen, bzw. das Volumen der entnommenen Futterprobe zu bestimmen. Der Arbeitszeitaufwand ist bei diesen Meßverfahren sehr hoch. Messungen können meistens erst vorgenommen werden, wenn das Futter entnommen wird. Für Untersuchungen in größerem Umfang unter praktischen Bedingungen sind die bisherigen Meßverfahren nicht geeignet.

Für solche Messungen müssen anzeigende Meßgeräte gefordert werden, die ohne großen Arbeitszeitaufwand eine Vielzahl von Einzelmessungen ermöglichen. Diese Messungen sollen vor allem auch in Flachbehältern möglich sein, ohne daß man den Futterstock abtragen muß. Das Futter ist dabei in der natürlichen Lagerungsdichte zu erfassen, wie sie z. B. von Fräswerkzeugen beim Abfräsen eines Futterstocks angetroffen wird. Die Geräte sollten einen Meßbereich von 0,4 bis 1,2 t/m^3 (Fehler $\leq 5\%$) aufweisen, um auch die Verfestigung des Futterstocks zum Zeitpunkt der Silierung mit erfassen zu können. Das Meßvolumen sollte wenigstens 0,05 m^3 betragen.

Dichtemessung durch γ -Rückstreuung

Als wohl einzige Möglichkeit, diese Forderungen zu erfüllen, bietet sich die Messung der Rückstreuung von γ -Strahlen radioaktiver Nuklide an, die seit Jahren für Dichtebestimmungen im Boden, in Salz- und Erzlagerstätten usw. angewendet wird [4] [5].

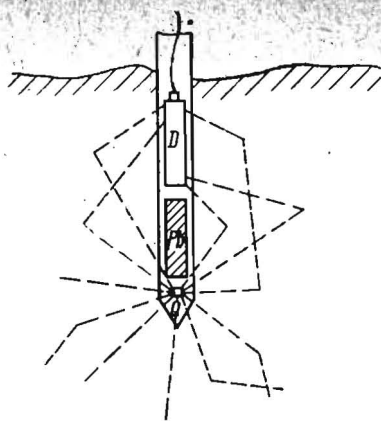
Eine radioaktive Quelle Q (Bild 1) befindet sich mit einem Strahlendetektor D , der durch einen genügend hohen Bleiabsorber Pb vor direkter Strahlung abgeschirmt ist, in einem Rohr. Die sich von Q allseitig ausbreitende γ -Strahlung tritt mit dem umgebenden Medium in Wechselwirkung: sie unterliegt der Streuung durch den COMPTON-¹ und schließlich der Absorption durch den Photoeffekt². Beide Effekte stehen mit der (Elektronen-)Dichte des Mediums im Zusammenhang, und demzufolge stellt die Menge der zum Detektor D gelangenden Streustrahlung ein Maß für dessen Dichte dar (Bild 2). Zunächst nimmt mit steigender Dichte die Streuung und damit auch die vom Detektor registrierte Zählrate zu. Mit dem weiteren Dichteanstieg wird jedoch die Absorption vorherrschend, so daß die Zählrate nach Durchlaufen eines Maximums mit ansteigender Dichte abfällt.

Je härter die Strahlung ist, um so weiter verschiebt sich das Maximum der Zählrate zu höheren Dichten. Es fällt jedoch auch bei relativ harten Strahlen noch in den ge-

¹ Stöße von γ -Quanten mit Elektronen, bei denen das γ -Quant einen Teil seiner Energie an das Elektron abgibt

² Quantitativer Übergang der Energie eines γ -Quanten an ein Elektron

* Institut für Landtechnik Potsdam-Bornim der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin



▲ Bild 1
Schema der γ -Rückstreu-Messung

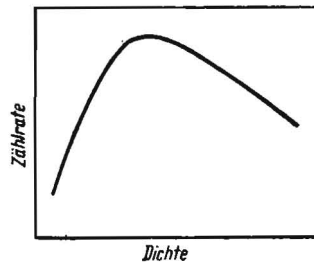
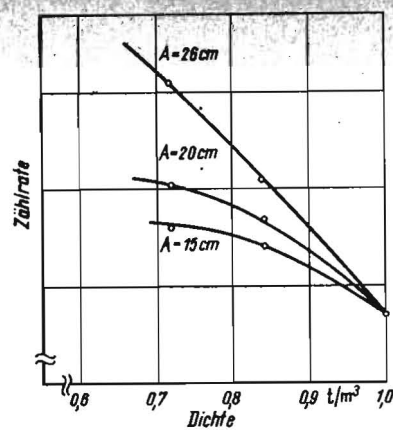


Bild 2
Zählrate am Detektor als Funktion der Dichte des umgebenden Mediums



wünschten Meßbereich $0,4 \dots 1,2 \text{ t/m}^3$. Um eindeutige Werte zu erhalten, ist es daher nur möglich, einen Strahler zu verwenden, dessen Maximum nach Bild 2 unter $0,4 \text{ t/m}^3$ liegt, d. h., man muß auf dem absteigenden Ast messen. Andererseits soll die Messung zur Mittelung über kleine Inhomogenitäten der Silage ein großes Volumen erfassen; dazu muß die Energie des Strahlers möglichst hart sein. Da ferner aus meßtechnischen Gründen eine lange Lebensdauer des Strahlers notwendig ist, verbleibt als Kompromiß aus den Forderungen nur das Isotop Caesium-137 (^{137}Cs , Halbwertszeit = 33 Jahre, γ -Energie = $0,66 \text{ MeV}$)³.

Es ist infolge der dominierenden Rolle der Absorption auf dem absteigenden Ast der Kurve (Bild 2) zu erwarten, daß die Empfindlichkeit der Anordnung $\frac{\Delta Z}{\Delta d}$ mit wachsendem

Abstand A von Quelle zu Detektor (Bild 1) steigt; allerdings muß dabei die Quelle zur Erzielung einer zähltechnisch sinnvollen Zählrate verstärkt werden. Diese Überlegungen wurden experimentell bestätigt (Bild 3). Die Dimensionierung der Aktivität der Quelle wird jedoch durch die Strahlenschutzvorschriften begrenzt. Für den Bedienenden beträgt die höchstzulässige Dosis für radioaktive Strahlung 10 mr/Woche ⁴. Bei einer Arbeitszeit von je 20 h/Woche mit der Sonde in einem Mindestabstand von der radioaktiven Quelle von 1 m ergibt sich aus der Dosiskurve eine Maximalaktivität von $1 \dots 2 \text{ mc Cs-137}$ ⁵. Es ist un-

wahrscheinlich, daß die obengenannte Grenzdosis mit dieser Aktivität auch bei längerem Arbeiten als 20 h/Woche erreicht wird; sobald sich die Sonde zur Messung im Gärfutter befindet, wirkt dieses als starker Absorber. Die Länge der Sonde gestattet außerdem, die Grundregel „Abstand ist der beste Strahlenschutz“ leicht einzuhalten.

Aufbau und Eichung der Sonde

Nach diesen prinzipiellen Überlegungen und Messungen ist die Konstruktion einer γ -Rückstreusonde mit den obengenannten Daten relativ einfach (Bild 4). Eine $1,5 \text{ mc Cs-137}$ -Quelle (Halbtyp LA, verkürzt⁶) ist zur Zentrierung in einem Kunststoffkörper eingeschraubt. Dieser befindet sich an der Spitze eines Messingrohres (Dmr. = 23 mm , Wandstärke = 1 mm , Länge = $1,8 \text{ m}$) unter einer 260 mm hohen Bleiabschirmung und einem sowjetischen Halogenzählrohr Typ CTC-6. Ein HF-Kabel ($\approx 6 \text{ m}$ lang) mit Zählrohrstecker ist an der Zählrohrhalterung angelötet, am Rohrausgang fest verspannt und mit einem Knickschutz versehen.

⁶ Hersteller Isotopenverteilungsstelle Berlin-Buch

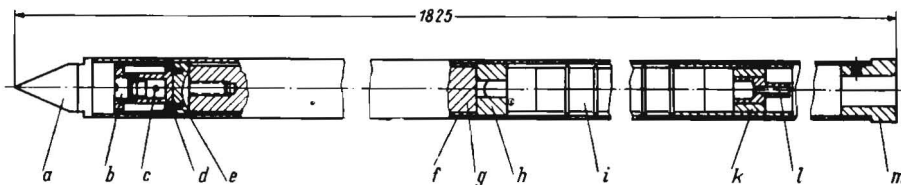
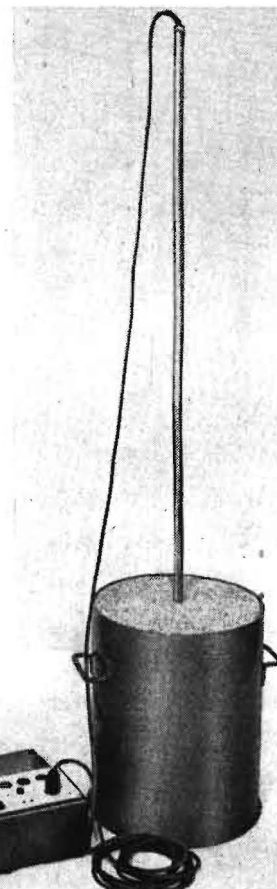
³ Die Halbwertszeit eines radioaktiven Nuklids ist die Zeit, in der die Hälfte der zum Zeitpunkt $t=0$ vorhandenen Strahlermenge zerfallen ist.

$\text{MeV} = 10^6 \text{ eV}$ (Elektronenvolt); zum Vergleich besitzt ein Quant des sichtbaren Lichts $1,5 \dots 3 \text{ eV}$, ein Quant der Röntgenstrahlung $10^3 \dots 10^6 \text{ eV}$

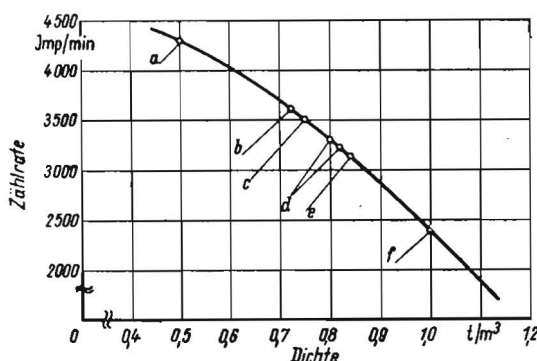
⁴ $\text{mr} = \text{Millirad}$, durch Energieabsorption/Volumen festgelegte Einheit der Strahlungseinwirkung auf Materie. Für ärztlich überwachte Personen in Isotopenlaboratorien ist 100 mr/Woche , für alle anderen 10 mr/Woche die höchstzulässige Dosis

⁵ $\text{mc} = \text{Milliecurie} = 10^{-3} \text{ Curie} = 2,2 \cdot 10^9 \text{ Zerfälle/min}$

Bild 3 (oben rechts)
Reduzierte Zählrate als Funktion der Dichte bei verschiedenem Abstand A zwischen Quelle und Detektor



▲ Bild 4
Aufbau der Sonde
 a Spitze, b Madenschraube, c radioaktive Quelle, d Quellenhalter, e Aufnahmestück, f Messrohr, g Bleisäule, h Isolierbuchse i sowj. Zählrohr, k Isolierbuchse, l Lötstutzen, m Kabelführungsbuchse



◀ Bild 5
Eichkurve der Sonde
 a Hafer, b Benzin, c Gärfutter, d Weizen, e Dieselöl, f Wasser

Bild 6
 γ -Rückstreusonde bei der Eichmessung im Weizen



Als Registriergerät für die im Zählrohr ausgelösten Impulse kann jedes Zählgerät (z. B. VA-M-14, VA-G-21 vom VEB Vakutronik) verwendet werden. Die relativ große Masse dieser Netzgeräte, ihre offene Bauweise und die Tatsache, daß bei der größten Zahl der Behälter und Behelfsilo in unmittelbarer Nähe kein Netzanschluß zur Verfügung steht, lassen nur die Anwendung eines batteriebetriebenen, tragbaren Zählgerätes (Eigenbau) als universell nützlich erscheinen.

Die Eichung von Dichtesonden, die wie das vorliegende Gerät ein großes Meßvolumen umfassen müssen, bereitet gewisse Schwierigkeiten. Es ist kaum möglich, über den geforderten Bereich homogene Silageproben zur genauen Eichung herzustellen. Wir haben daher als leicht reproduzierbare Eichpunkte Flüssigkeiten verwendet, die bekanntlich homogen dicht sind und von ihnen solche gewählt, deren Wasserstoffgehalt dem der Silage in erster Näherung ähnlich ist (11 · 14% H): Benzin ($d = 0,72 \text{ t/m}^3$), Diesöl ($d = 0,83 \text{ t/m}^3$), Wasser ($d = 1,0 \text{ t/m}^3$). Die erhaltene Kurve (Bild 5) wurde durch die Messung einer Anzahl von sorgfältig eingestampften Silageproben in einem Gefäß von $\approx 600 \text{ l}$, durch den Mittelwert aus 70 Einzelmessungen eines mit $\approx 5000 \text{ kg}$ Silage beladenen Wagens bekannten Raum-inhalts und durch Schüttdichten von Getreideproben bestätigt.

Die Reproduzierbarkeit der Eichwerte liegt innerhalb des statistischen Fehlers der Zählrate $\frac{\Delta N}{N} \approx 0,02$ und genügt

damit der gestellten Forderung für den Meßfehler ($\leq 5\%$). Der Radius des die Sonde umgebenden Mediums muß bei $d = 0,4 \text{ t/m}^3$ mindestens 40 cm und bei $d = 1,0 \text{ t/m}^3$ mindestens 20 cm betragen. Daraus läßt sich das die Messung beeinflussende Volumen zu $> 0,1 \text{ m}^3$ abschätzen. Damit wird die nötige Mittelung über kleine Inhomogenitäten erreicht.

⁷ Wasserstoff besitzt gegenüber schwereren Elementen (hier überwiegend C, N, O) mit abnehmender γ -Energie einen größeren linearen Absorptionskoeffizienten

Der Vorgang der Dichtemessung mit der beschriebenen Sonde ist sehr einfach: Mit einer 25 mm starken Eisenstange wird an der gewünschten Stelle des Futterstockes ein Loch vorgeschlagen, die Sonde in die entsprechende Tiefe eingeführt und die Zählrate eine Minute lang gemessen. Der gesamte Zeitaufwand für das Messen in einem Behälter (≈ 30 Einzelmessungen) beträgt eine Stunde für zwei Arbeitskräfte.

Die Sonde hat sich seit November 1962 bei mehr als 1000 Einzelmessungen in 60 Behältern (Mais-, Gras- und Rübenblattsilage) bewährt und kann selbstverständlich auch zur Dichtemessung anderer Güter mit $d > 0,4 \text{ t/m}^3$ eingesetzt werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung werden veröffentlicht.

Zusammenfassung

Die Nachteile der bisher bekannten Methoden zur Gärfutterdichtemessung führten zur Entwicklung einer γ -Rückstreuungsonde mit radioaktivem Cs-137. Sie zeichnet sich durch einfache Bedienbarkeit und große Meßgenauigkeit aus und gestattet, die Messung mit geringem Zeitaufwand und ohne Zerstörung des Futterstockes durchzuführen. Die Sonde wurde zu zahlreichen Untersuchungen unter praktischen Bedingungen angewendet.

Literatur

- [1] LÜDDECKE, F.: Versuchs- und Untersuchungsergebnisse zur Einsäuerung von Silomais. Zeitschrift für Landwirtschaftliches Versuchs- und Untersuchungswesen (1964) Sonderheft 1
- [2] OTIS, C. K./POMROY, J. H.: Density: A Tool in Silo Research. Agricultural Engineering, 1957, S. 806 bis 807 und 860 bis 863
- [3] SCHMIDT, K. H.: Untersuchung über die Verhältnisse bei der Gärfutterbereitung in Schleswig-Holsteinschen Betrieben mit besonderer Berücksichtigung der Ursachen schlechter Vergärung. Futterkonservierung (1955) S. 152 bis 179
- [4] EIFE, K. W.: Die Bestimmung des Raumgewichts von Böden und Gesteinen durch γ -Strahlen. Freiburger Forschungsberichte C 61, 1959
- [5] KÜHN, W.: Messung der Schüttdichte und ihr Einfluß auf die Feuchtigkeitsbestimmung mit Neutronen. Atompraxis (1959) S. 335 bis 338 A 5238

Wo rohe Kräfte sinnlos walten



Beachte den Tip von Reifenpit



kann auch der beste Reifen nicht halten.

Ja, in der Tat – durch Gewaltanwendung bei der Reifenmontage wurde und wird noch viel Unheil angerichtet. Gerissene Drahtkerne, gequetschte Schläuche, zerscheuerte Wülste – alle diese Schäden resultieren aus unsachgemäßer und gewaltsamer Montagearbeit.

Bei der Montage Wulst und Felgenhorn mit Stearin einreiben. Den Reifen innen mit Talkum pudern. Bei der letzten Phase der Montage den gegenüberliegenden Wulstfuß in das Tiefbett drücken. Stets auf sauberem Untergrund montieren. Die roten Punkte auf der Seitenwand des Reifens müssen am Ventilloch erscheinen. Nicht Brechstange, Vorschlaghammer und rohe Gewalt anwenden.

Sicher fahren
Kasten sparen
durch
Reifenpflege



**VOLKSEIGENE
REIFENWERKE DER DDR**