

Bewegungsuntersuchungen mit radioaktiv markierten Stoffen

Dr. M. BEER* / Dr. W. HELBIG* /
Dipl.-Phys. H. RETTIG*

In vielen landtechnischen Einrichtungen werden Stoffe bewegt. Zur Beurteilung von Verfahren oder einzelnen Geräten ist es häufig notwendig, den Ablauf der Bewegung zu messen, z. B. die Geschwindigkeit und deren Streuung bei der Förderung.

Sehr oft ist eine direkte Beobachtung der Stoffe nicht möglich: die Systeme sind geschlossen und undurchsichtig, die Geschwindigkeit ist zu groß oder der Materialdurchsatz zu hoch, so daß man mit herkömmlichen Mitteln gar nicht oder nur mit sehr großem Aufwand zum Ziel kommt. Die Markierung der innerhalb eines Systems zu verfolgenden Stoffe mit radioaktiven Nukliden — in offener oder geschlossener Form — bringt wegen der hohen Nachweisempfindlichkeit außerordentlich große Vorteile.

So befindet sich unter den Meßmethoden für landtechnische Untersuchungen, die seit mehreren Jahren von der Abteilung Isotopenanwendung des Instituts entwickelt wurden, eine große Anzahl, mit denen sich die Bewegung radioaktiv markierter Stoffe verfolgen läßt. Dazu gehören Homogenitätsuntersuchungen bei der Herstellung, Lagerung und dem Transport von Mischfuttermitteln [1] [2] [3], Messungen des Reinigungsverlaufs von Milchtanks [4], von Verweilzeit-spektralen in Druckverdampfern der Zuckerindustrie [5] und in Kartoffeldämpfern [6] sowie der Belüftung von Gewächshäusern [7], Zuckerrüben- und Heustapeln [8].

Darüber hinaus hatten weitere, von verschiedenen Instituten gestellte Probleme Bewegungsuntersuchungen zum Ziel. Dazu wurden Meßmethoden entwickelt und in Zusammenarbeit mit den Instituten erprobt. In deren Händen lag auch die Auswertung der Meßergebnisse. Deshalb werden hier nur die Meßmethoden beschrieben.

Das Institut für Landmaschinen- und Traktorenbau Leipzig führte vergleichende Untersuchungen von Pflugkörpern bei hohen Arbeitsgeschwindigkeiten durch. Dazu interessierte u. a. die auftretende *Bodenverlagerung beim Pflügen*, weil sie den Zugkraftbedarf beeinflußt. Gesucht wurde die Pflugkörperform, die bei gutem Arbeitsbild die geringste Bodenverlagerung in Fahrtrichtung aufwies.

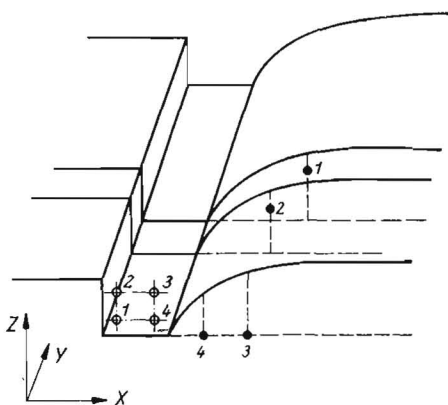


Bild 1. Messung der Bodenverlagerung beim Pflügen, als Maß für die Bodenverlagerung kann der Schwerpunkt der Probekörper nach dem Pflügen ermittelt werden. Lage der Probekörper: ○ vor dem Pflügen, ● nach dem Pflügen

Zur Messung der Bodenverlagerung bringt man in den un-gepflügten Boden an definierten Stellen Probekörper ein und mißt ihre Lage nach dem Pflügen (Bild 1). Bisher dienten Holzklötzchen oder Tonkugeln als Probekörper. Für das Aufsuchen dieser Körper benötigte man nicht nur einen hohen Zeitaufwand; ein Teil blieb gewöhnlich verschwunden und erforderte zusätzliche Wiederholung der Versuche.

Mit Co-60 ($0,3\text{ mCi}$, $t_{1/2} = 5,3\text{ a}$) markierte Kunststoffwürfel ($17 \times 17 \times 17\text{ mm}^3$) lassen sich hingegen unter Erdschichten bis zu 30 cm schnell und sicher mit einem kleinen tragbaren Meßgerät wiederfinden. Als Meßgerät bewährte sich ein selbstgebautes, schnelles Ratemeter mit 3 Meßbereichen, als Detektor das robuste sowjetische Halogenzählrohr CTC-5. Mit steigender Annäherung des ungeschirmten Zählrohrs an die radioaktiv markierten Probekörper beim Ausgraben wird die Ortung so genau, daß Fehlausgrabungen praktisch nicht auftreten. Das Aufsuchen von 4 Probekörpern, die oft auch sehr dicht beieinanderlagen, beanspruchte im Durchschnitt 4 min.

Die Messung der *Bewegung der Gülle bei der Schwerkraftentmischung* (Institut für Landtechnik der Karl-Marx-Universität Leipzig) erforderte die Markierung von Teilchen, die eine der Gülle ähnliche Dichte hatten. Es mußten Radionuklide angewendet werden mit einer Halbwertszeit $t_{1/2} \approx 10\text{ d}$, damit sich die Bewegung über 2 Wochen verfolgen läßt, andererseits aber keine langdauernde radioaktive Verseuchung entstände, falls einzelne markierte Teilchen nicht wiedergefunden würden. Da Güllekanäle mit 80 cm Schichtdicke vorkommen, durch die die Teilchen noch geortet werden müssen, ist eine harte Gammastrahlung notwendig. Das radioaktive Nuklid Ba/La-140 ($t_{1/2} = 13,4\text{ d}$) eignet sich hier am besten, da es mit 1,6 MeV sehr energiereiche Gammastrahlung aussendet.

Als markierte Teilchen dienten Papierstreifen, die mit einer wäßrigen Lösung des verwendeten Salzes (Aktivität rd. 5 mCi)

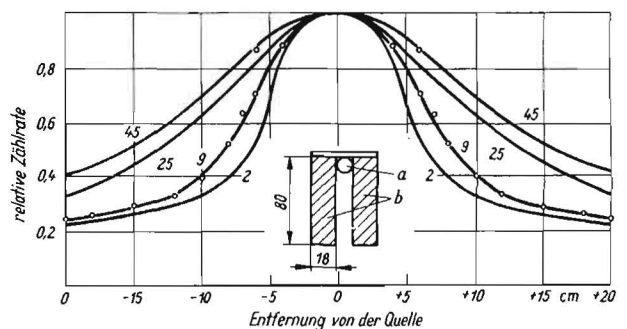


Bild 2. Ortung einer Quelle (Ba/La-140) in verschiedenen Tiefen. Mit der im Schnitt skizzierten Abschirmung des Zählrohrs a durch Stahlplatten b läßt sich die horizontale Lage eines radioaktiv markierten Teilchens mit einem Fehler von rd. $\pm 3\text{ cm}$ orten. Die Eichmessungen wurden in Wasser durchgeführt, das etwa die gleiche Dichte wie Gülle hat; Parameter: Tiefe der Quelle in cm

* Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim (Direktor: Oberring.-O. BOSTELMANN)

getränkt, getrocknet und mit Zaponlack überzogen wurden. Die Ortung in der Horizontalen erfolgte mit einem abgeschirmten Zählrohr CTC-5 (Bild 2). Mit Hilfe einer Eichkurve, die die Zählrate in Abhängigkeit von der Tiefe des markierten Teilchens darstellt, läßt sich auch die vertikale Lage bestimmen.

Auf diese Weise wurden der Fließweg und die Fließgeschwindigkeit über die gesamte Länge von Kanälen unterschiedlicher Bauart verfolgt.

Beim pneumatischen Transport von Strohhalmsel durch Rohre unter verschiedenen Bedingungen (Institut für Landwirtschaftliches Maschinen- und Bauwesen der Humboldt-Universität Berlin) sind Geschwindigkeiten in der Größenordnung 10 m/s in Abhängigkeit von der Rohrlänge zu messen.

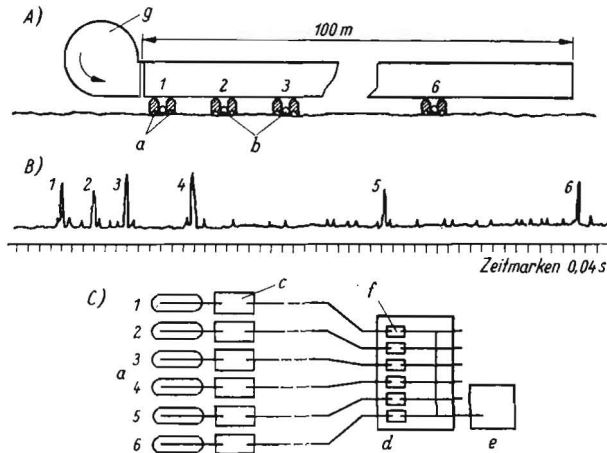


Bild 3. Versuchsanordnung zur Geschwindigkeitsmessung radioaktiv markierter Strohhalme bei der pneumatischen Förderung. Durch die in Teil A skizzierte Anordnung der Bleibausteine a können die Zählrohre (VW-Z-111) b die Strahlung des im Rohr bewegten Teilchens nur kurzzeitig empfangen; die abgegebenen Signale sind deshalb schmal (B). Die von Vorverstärkern c und dem 6-fach-Impulsdichtemesser d (Eigenbau) verstärkten Signale werden parallel auf einen Schnellschreiber e geführt (C). / Verstärker + Rateometer, g Gebläse

Für die ersten Versuche wurden Strohhalme mit Au-198 ($t_{1/2} = 2,7$ d) markiert. Da diese Halme nach wenigen Durchgängen zerschlagen wurden, dienten für die weiteren Versuche künstliche Halme, die die aktive Substanz enthielten. Beim Durchlaufen eines markierten Halmes durch das Rohr sprechen nacheinander die entlang des Rohres in bestimmten Abständen angeordneten abgeschirmten Zählrohre an (Bild 3). Die verstärkten Zählrohrsignale werden parallel auf einen Schnellschreiber gegeben; aus den Zeitabständen zwischen diesen Signalen lassen sich die mittleren Geschwindigkeiten für die Rohrabschnitte entnehmen. Bei der Lagerung von rohen gemusterten Kartoffeln in Behältern bildet sich nach einiger Zeit ein Bodensatz, in dem der Nährstoffgehalt am größten ist. Vor der Entnahme muß man den Inhalt deshalb homogenisieren.

Zur Prüfung eines Versuchslagerbehälters (Bild 4) interessierte das Oskar-Kellner-Institut der DAL in Rostock, ob man durch einfaches Umpumpen (0,5 bis 1 h) den Bodensatz wieder in Bewegung bringen kann. Diese Meßaufgabe wurde nach der Methode der Isotopenverdünnung gelöst und dazu ein radioaktiver Indikator in den Behälter eingebracht. Seine Konzentration c_m wird während des Umpumpens gemessen und mit der Konzentration c_e verglichen, die bei vollständiger Homogenisierung, d. h. nach Einmischen des gesamten Bodensatzes, zu erwarten ist. Das bewegte Volumen der Füllmasse V_b läßt sich dann aus diesen Werten und dem Gesamtvolumen der Füllmasse V_g berechnen.

$$V_b = \frac{c_e}{c_m} V_g$$

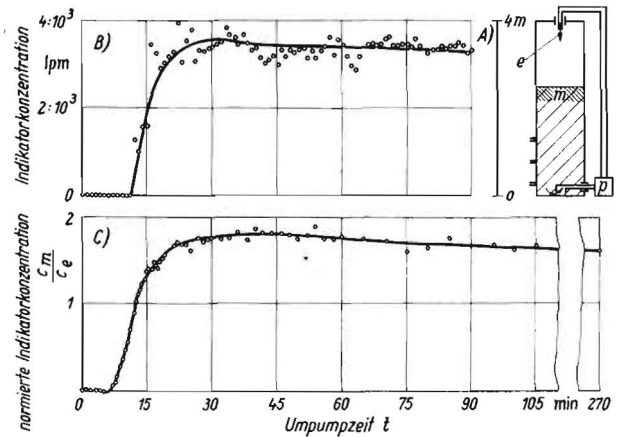


Bild 4. Prüfung eines Versuchslagerbehälters für rohe gemusterte Kartoffeln;
A) Skizze des Behälters; p Pumpe, e Probenentnahme
B) Indikatorkonzentration als Funktion der Umpumpzeit. $t = 0$: Markierung der wäßrigen Phase mit 2 mCi Au-198 bei m, nachdem der Behälterinhalt rd. 50 d nicht bewegt wurde
C) Normierte Indikatorkonzentration als Funktion der Umpumpzeit. $t = 0$: Markierung der wäßrigen Phase mit 6 mCi Au-198 bei m, nachdem sich der Behälterinhalt 12 h abgesetzt hatte.
Ein Einmischen des Bodensatzes erfolgt nicht; 270 min nach Beginn des Umpumpens befinden sich erst rd. 60 % des Behälterinhalts in Bewegung

Zur Markierung diente das Nuklid Au-198 (HAuCl_4). Die Probenentnahme (500 g) erfolgte in definierten Zeitabständen, die Messung mit einem Szintillationsmeßkopf in einer Stahlabschirmkammer.

Literatur

- 1) BEER, M. / W. HELBIG: Homogenitätsuntersuchungen bei der industriellen Herstellung von Mischfuttermitteln. Isotopenpraxis 3 (1967) II, 7, S. 284 bis 288
- 2) FECHNER, G. / P. KLOSE / M. BEER / W. HELBIG: Entmischunguntersuchungen mit radioaktiven Isotopen bei der Silo-lagerung ungepreßter Mischfuttermittel. IGV-Mit. 2 (1966) II, 4, S. 105 bis 110
- 3) BEER, M. / W. HELBIG / P. KLOSE / G. FECHNER: Entmischunguntersuchungen mit radioaktiven Isotopen beim Transport von losen ungepreßten Mischfuttermitteln. IGV-Mit. 1 (1965) II, 5, S. 136 bis 138
- 4) BEER, M. / E. KUHN: Messung des Reinigungsverlaufs von Milchtanks. Isotopenpraxis 3 (1967) II, 9, S. 380 bis 382
- 5) RETTIG, H. / W. HELBIG / M. BEER: Verweilzeitmessung mit radioaktiven Nukliden an Verdampfern der Zuckerindustrie. Arch. für Landtechnik 7 (1968) S. 15 bis 27
- 6) KLUG, A.: Untersuchungen über den Stärkeaufschluß in Kartoffeln durch Zufuhr von Wärme. Dissertation bei der Sektion Landtechnik der DAL Berlin (1968)
- 7) BEER, M. / A. HEISSNER / G. VOGEL: Bestimmung des Luftaustausches in geschlossenen Gewächshäusern aus Glas oder glasfaserverstärktem Polyester. Deutsche Agrartechnik 15 (1965) II, 4, S. 166 bis 170
- 8) MALFRY, W.: Messungen an landwirtschaftlichen Belüftungsanlagen mittels radioaktiver Nuklide. Wiss. Zeitschr. der TU Dresden 16 (1967) II, 4, S. 1119 bis 1122 A 7267

Berichtigung

In II, 1/1968 muß es auf S. 33 (SLADKY ... Ladewagen ...) im einleitenden Satz richtig heißen: ... das entspricht fast 70 % der in diesen Produktionszweigen anfallenden Transporte."

Die Bildunterschrift für Bild 5 ist zu ändern in "... beim Feldhäcksler (a) und beim Ladewagen (b)", für Bild 7 muß sie "... e Ladewagen mit 5 Messern, d Ladewagen mit 10 Messern ..." lauten.

Im Beitrag CHLADEK ... Fungizide gegen Kartoffelfäule ... (II, 2/1968, S. 57) ist die Pralldüsengröße für die S 053 nicht 600 sondern 400. Tafel 5 (S. 58) und Absatz „3. Typ der Spritzdüse“ (S. 59) entfallen, da die verwendeten Zahlen überholt sind. A 7242