

Dr. habil. K. Baganz*
Dipl.-Ing. A. Fekete**
Dr. W. Helbig*

DK 631.425/431

Zur Untersuchung von Verdichtungsvorgängen während kurzer Zeitspannen, wie sie z. B. bei der Überfahrt von Traktoren und Landmaschinen auf Ackerböden oder beim Einsatz von Verdichtungseinrichtungen für die verschiedensten Materialien auftreten, wurde ein Verfahren entwickelt, das mit Hilfe der γ -Strahlen-Absorptionsmessung und einer speziellen Zähltechnik die Gewinnung von Meßwerten im 1/10 s-Abstand zuließ /1/.

Die Weiterentwicklung dieser Meßeinrichtung — die das Ergebnis einer mehrjährigen Gemeinschaftsarbeit des ungarischen Instituts für Landtechnik (MGI) Gödöllő und des Instituts für Mechanisierung der Landwirtschaft (IML) Potsdam-Bornim darstellt — richtet sich auf

- Messung in ungestörten Böden
- Erhöhung der Meßgenauigkeit oder Verkürzung der Meßintervalle
- Erleichterung der Auswertung.

Meßverfahren

Bestimmend für die Weiterentwicklung des Meßverfahrens war eine Methode für das Einbringen der Quelle und des Detektors in das Untersuchungsmaterial mit geringstmöglicher Störung des vorhandenen Zustandes bei Sicherung eines konstanten Abstandes Quelle—Detektor. Bei der aus verschiedenen Varianten ausgewählten Einbringmethode für Messungen mit Fahrwerken auf Ackerboden werden zwei Stahlrohre mit Hilfe einer Spezialvorrichtung in gleichem Abstand in den Boden gebracht.

Hierzu dienen zwei Meßrohrhalter, die durch aufgeschraubte Abstandsstücke auf die gewünschte Entfernung (hier: 450 mm) gebracht, durch in den Rohrhalterungen eingeführte Paßstücke vertikal und horizontal ausgerichtet und mit geeigneten Ankerstiften im Boden fixiert werden (Bild 1). Mit in den Meßrohrhalterungen geführten Bohrrohren entstehen die 400 bis 500 mm tiefen Bohrungen für die Aufnahme der eigentlichen Meßrohre, die bei 2,5 mm Wandstärke einen Innendurchmesser von 32 mm (Quellenrohr) und 42 mm (Sondenrohr) aufweisen. Nach dem Einbringen der Meßrohre und einer letzten Überprüfung der Rohrpositionen werden die Abstandsstücke abgeschraubt. Die tiefe Lagerung des Rohrfußes und die Verankerung des Rohrkopfes durch die Meßrohrhalter sichert in Verbindung mit der Stabilität des Meßrohres die unveränderte Lage von Quelle und Detektor während des Versuchs.

Quelle und Detektor sind jeweils in zylindrischen Körpern untergebracht, die mit Hilfe einer feingliedrigen Kette in der gewünschten Tiefe im Meßrohr aufgehängt werden. Zur Verbesserung der Meßgenauigkeit wurde als Strahlenquelle 100 mCi Se—75 (Halbwertszeit 124 Tage) benutzt, das eine höhere Halbwertszeit als das bisher genutzte J—131 aufweist, vor allem aber eine noch steilere Absorptionskurve als dieses besitzt. Ein Szintillationsmeßkopf VA-S-50 wird als Strahlungsdetektor benutzt. Ein „Kleines Strahlungsmeßgerät VA-M-141“ liefert die Hochspannung und dient zur Verstärkung der Detektorimpulse, die danach zum Zählgerät Z-1

Kontinuierliche Kurzzeit-Dichtemessung in ungestörten Böden

(Eigenbau IML) geführt werden. Im Zählgerät Z-1 werden die Impulse von Binäruntersetzerstufen verarbeitet, so daß jeder $N = 2^n$ te Impuls (n wahlweise einstellbar, bevorzugt wurde $n = 7$, also $N \cong 128$) auf dem Schnellschreiber TSS 101 registriert wird (Papiergeschwindigkeit 50 mm/s). Die Zeitintervalle, innerhalb derer N Impulse registriert worden sind, ermöglichen die Ermittlung jeweils eines Dichtemesswertes. Sie liegen im Mittel bei 50 bis 100 ms. Diese fortlaufende digitale Aufzeichnung schnell veränderlicher Zählraten hat beachtliche Vorteile gegenüber der sonst üblichen analogen Aufzeichnung /2/.

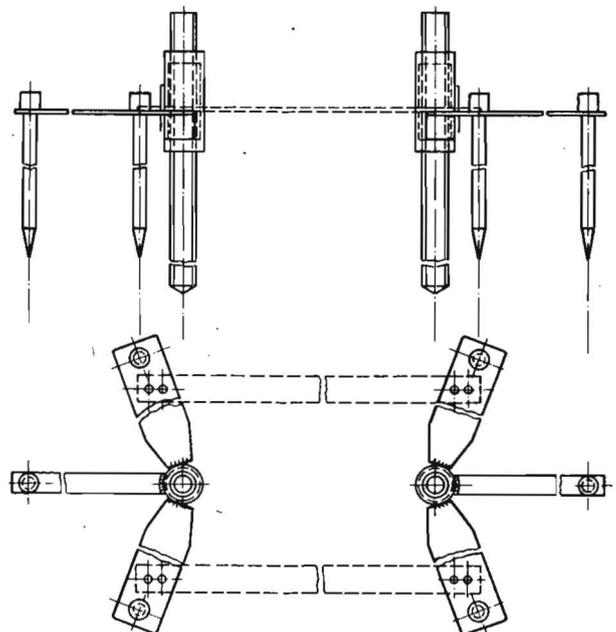
Das Markierungsschreibwerk des Schnellschreibers TSS 101 registriert ferner die Impulse einer Fotoschranke, durch die eine Lagezuordnung des Meßfahrzeugs zur Meßstrecke bewirkt wird.

Zur Stromversorgung sind 220 V Wechselstrom (Aggregat) und 12 V Gleichstrom (Batterie) notwendig. Zu den Feldmessungen waren sämtliche Meßgeräte auf einer Platte transportabel angeordnet und wurden direkt neben den Meßort abgesetzt (Bild 2).

Die direkte Auswertung der Meßschriebe erfolgt zur Zeit manuell durch Ausmessen der Zeitlage der Impulse bezogen auf den Versuchsbeginn und das Ablochen dieser Information. Für die Umrechnung dieser Zeitwerte mit Hilfe der Kalibriergleichung in Naßdichten und für die analoge Darstellung des Verdichtungsverlaufes bei Einsatz einer Glättungsfunktion finden entsprechende Programme für den Kleinrechner SER 2d Verwendung.

Die manuelle Direktauswertung wäre bei höherem Geräteinsatz durch Magnetbandaufzeichnung und/oder Zwischenspeicherung der Zeitinformationen in einem Digitalspeicher als Ausgabepuffer für einen Lochstreifenstanzer zu umgehen.

Bild 1. Meßrohrhalter mit Meßrohren (gestrichelt: Abstandsstücke)



* Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft (IML) Potsdam-Bornim (Direktor: Obering. O. Bostelmann)

** Mezőgazdasági Gépkeresleti Intézet (MGI) Gödöllő (Direktor: Dr.-Ing. Gy. Banhazi)



Bild 2. Meßeinrichtung bei Feldmessungen

Versuchsdurchführung und -ergebnisse

Für die Versuche wurde wie in den Vorjahren ein 50-PS-Allradtraktor (Gesamtmasse 3,8 t, statische Vorderachslast 2,2 t, Bereifung 11—28, Reifenluftdruck 0,9 kp/cm²) benutzt.

Nach dem geschilderten Einbau der Meßrohre und dem Einhängen von Sonde und Quelle in die gewünschte Tiefe (im allgemeinen voraussichtliche Spurtiefe + 100 mm) fährt der Traktor mit den Rädern einer Seite durch die Meßstrecke, die durch die Meßrohrhalter kenntlich ist. Die Lage der Traktorräder wird mit Hilfe von Schablonen am Traktor und einer Fotoschranke auf dem Meßschrieb festgehalten. Vor und nach der Durchfahrt besteht die Möglichkeit, den Dichtezustand in anderen Meßhöhen durch Umhängen von Quelle und Sonde statisch zu registrieren.

Im Mittel von über 100 Versuchen erforderte eine Meßdurchfahrt einschließlich Umsetzen der Geräte etwa 20 min, wobei für die Bedienung der Meßeinrichtung (ohne Ein- und Ausbau der Meßrohre) zwei Arbeitskräfte zweckmäßig sind.

Messungen auf feuchtem, lehmigem Sand wiesen nicht den mit der früheren Meßeinrichtung /1/ auf lockerem, trockenem Sand beobachteten relativen Rückgang der Dichte nach dem Überfahren auf (Bild 3).

Bild 4. Relative Bodendichte nach der Überfahrt als Funktion der Einsinktiefe (lehmiger Sand, Anfangstrockendichte 1,38 bis 1,56 g/cm³, Bodenfeuchte 8 bis 10 %)

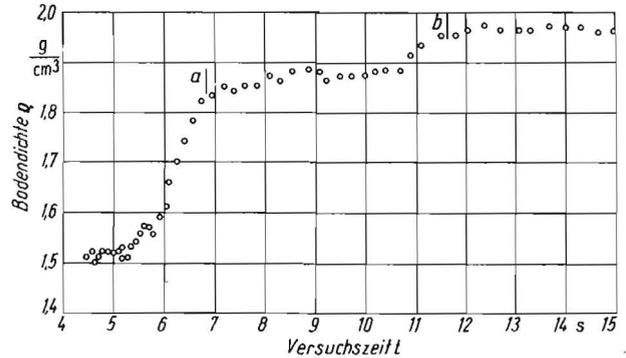
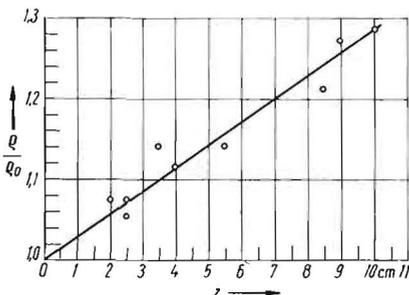


Bild 3. Bodendichte in lehmigem Sand bei der Überfahrt eines 50-PS-Allradtraktors (Rechner-Ausgabewerte); a Vorderachse, b Hinterachse, jeder 2. Meßpunkt dargestellt

Es waren bei Trockendensichten von $\rho_0 = 1,38$ bis 1,56 g/cm³ auch nach der Überfahrt der leichteren Hinterachse noch zusätzliche Verdichtungen nachweisbar, wobei

$$\frac{\rho_2}{\rho_0} - \frac{\rho_1}{\rho_0} = 0,005 \dots 0,02$$

ρ_0 Anfangsdichte

ρ_1 Dichte nach Überrollen der Vorderachse

ρ_2 Dichte nach Überrollen der Hinterachse

betrug.

Das Verhältnis $\frac{\rho_1}{\rho_0}$ und $\frac{\rho_2}{\rho_0}$ sank annähernd linear mit steigender Bodendichte.

Zwischen dem Verhältnis der Dichte nach Traktordurchfahrt und der Anfangsdichte (ρ/ρ_0) und der Einsinktiefe (Spurtiefe, z in cm) ergab sich die signifikante Abhängigkeit (Bild 4)

$$\frac{\rho}{\rho_0} = 0,0257 z + 1,0.$$

Bei unterschiedlicher Feuchtigkeit zeigte sich bei annähernd gleicher Ausgangstrockendichte unter den Versuchsbedingungen ein Abflachen der anfangs linearen Tendenz des Anstieges der Einsinktiefe mit der Bodenfeuchte bei Feuchtigkeiten $w > 12\%$.

Zusammenfassung

Die Weiterentwicklung der in Gemeinschaftsarbeit von landtechnischen Instituten der Ungarischen VR und der DDR erarbeiteten Dichtesonde ermöglicht die Messung kurzzeitiger Dichteänderungen (Meßfolge $< 0,1$ s) bei geringstmöglicher Störung des vorhandenen Zustandes des Untersuchungsmaterials. Am Beispiel der Bodendichtemessung unter Traktorrädern werden Meßverfahren und Versuchsablauf erläutert und einige Versuchsergebnisse auf lehmigem Sand angeführt.

Literatur

- /1/ Helbig, W. / K. Baganz / A. Fekete: Kontinuierliche zerstörungsfreie Bodendichtemessung unter landwirtschaftlichen Fahrwerken. Deutsche Agrartechnik 20 (1970) H. 1, S. 43 bis 45.
- /2/ Helbig, W.: Digitale Registrierung schnellveränderlicher Zählraten am Beispiel der kontinuierlichen Bodendichtemessung unter fahrenden Schleppern. Isotopenpraxis (in Vorbereitung) A 8679