

Hohenheimer Messmethoden zur Stoppelbearbeitung

Bestimmung der Arbeitstiefe

Die Arbeitstiefe eines Bodenbearbeitungsgerätes ist eine maßgebliche Prozessgröße, die bekannt sein muss, wenn Messungen an Bodenbearbeitungsgeräten durchgeführt werden. In Hohenheimer Untersuchungen wurden nicht nur verschiedene Methoden zur Messung der Arbeitstiefe nach der Bodenbearbeitung verglichen. Es erfolgten auch gegenüberstellende Messungen mit Sensoren, die eine Messung der Arbeitstiefe während der Fahrt erlauben. Die besten Ergebnisse in diesen Untersuchungen wurden mit Sensoren erzielt, bei denen eine berührende Abtastung der Bodenoberfläche erfolgt.

Dipl.-Ing. sc. agr. Benjamin Schutte ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Fachgebiet Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion mit Grundlagen der Landtechnik (Leiter: Prof. Dr.-Ing. H.D. Kutzbach) Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart; e-mail: bschutte@uni-hohenheim.de.

Dipl.-Ing. sc. agr. Marcel Wiesehoff ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Agrartechnik in den Tropen und Subtropen, Fachgebiet Mechanisierung und Bewässerung (Leiter: Prof. Dr. K. Köller), Garbenstr. 9, 70599 Stuttgart; e-mail: wiesehoff@ats.uni-hohenheim.de

Schlüsselwörter

Bodenbearbeitung, Arbeitstiefe, Sensoren

Keywords

Tillage, working depth, sensors

Vergleichende Betrachtungen von Bodenbearbeitungsgeräten erfordern die Berücksichtigung der Arbeitstiefe, wenn Arbeitsqualität oder Zugkraftbedarf bestimmt oder verglichen werden. Weiterhin ist die Kenntnis der tatsächlichen Arbeitstiefe im Hinblick auf eine Online-Variation der Arbeitstiefe auch in der praktischen Bodenbearbeitung von Interesse. Die Arbeitstiefe kann in Gerätevergleichsmessungen nachfolgend gemessen werden, während für andere Anwendungsfälle auch gleichzeitige Messverfahren sinnvoll sind. Online-Sensoren zur Bestimmung der Arbeitstiefe können insbesondere dann an Bedeutung gewinnen, wenn die Arbeitstiefe während der Fahrt verstellbar ist.

Nachfolgende Arbeitstiefenmessung

Insbesondere zur direkten Kontrolle während der Bodenbearbeitung bietet sich das Freilegen des Bearbeitungsgrundes am im Eingriff stehenden Gerät hinter einem Werkzeug an. Geschieht dies an den äußeren Werkzeugen, kann der unbearbeitete Boden als Vergleichshöhe genommen werden, das im Boden befindliche Werkzeug erleichtert das Finden des Bearbeitungsgrundes. Nach erfolgter Bodenbearbeitung ist diese Methode auch auf gesamter Arbeitsbreite anwendbar, indem der gelockerte Boden quer zur Bearbeitungsrichtung entfernt wird (Bild 1).

In der Prüfmethode der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) findet diese Methode eine messtechnische Erweiterung, indem die Oberflächenkontur des freigelegten Profils mit einem Ultraschallsensor quer zur Bearbeitungsrichtung vermessen wird [1]. Weiter sind auch Methoden möglich, in denen eine Abtastung dieses Profils mit berührenden Sensoren erfolgt [2, 3]. In Hohenheim und Bonn wird weiterhin ein Bodenscanner eingesetzt, um den freigelegten Bearbeitungsgrund mit einem zweiachsig geführten Laserscanner [4] in der zusätzlichen räumlichen Dimension "Fahrtrichtung" vollautomatisch erfassen zu können. So wird die erforderliche Zahl der Wiederholungen für einen

Messvorgang deutlich minimiert und es entsteht ein reproduzierbares Bild der Gleichmäßigkeit der Arbeitstiefe. Einen Ausschnitt des mit diesem dreidimensionalen Laserscanner erfassten Bearbeitungsgrundes eines Flügelschargrubbers zeigt Bild 2, wobei der Messbereich auf ein Messfenster von 800•1200 mm beschränkt ist.

Neben der Bestimmung der minimalen und maximalen Arbeitstiefe über die Gerätebreite liegt es bei diesen messtechnisch erweiterten Verfahren nahe, die Gleichmäßigkeit des Bearbeitungsgrundes durch eine Maßzahl zu quantifizieren. Denkbar ist die Verwendung des Rauheitsindices, der sich aus der Abweichung von der mittleren Arbeitstiefe definiert [5]. Somit ist dann auch die mittlere Arbeitstiefe definiert, deren Be-



Bild 1: Bestimmung der Arbeitstiefe durch Freilegen des Bearbeitungsgrundes

Fig. 1: Determining working depth by digging away the soil loosened

Tab. 1: Eingesetzte Sensoren zur Arbeitstiefenmessung

Table 1: Used sensors for measuring working depth

Sensor	Hersteller	Ausgangssignal
Tastrad (Drehwinkelsensor potentiometrisch)	Megatron MP 22	Spannung 0 - 5 V Auflösung < 1°
Ultraschallsensor	Honeywell Serie 942	Spannung 0 - 2,56 V Genauigkeit 1 mm
Infrarotsensor	Sharp GP2Y0A02YK	Spannung 0 - 3 V Genauigkeit ~ 1 mm
Lagesensor	John Deere	CANBUS
Unterlenker	Serienausstattung	(0 - 100% Hubhöhe)

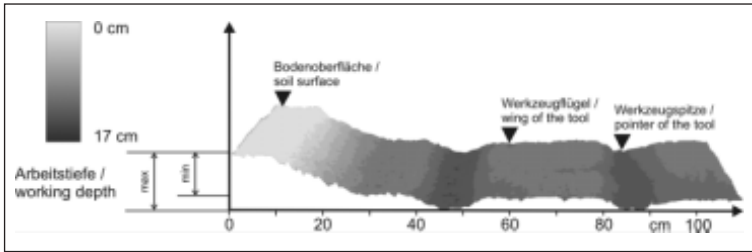


Bild 2: Mit einem Laserscanner vermessener Bearbeitungsgrund von zwei Zinken eines Flügelschagrubbers

Fig. 2: Laser-scanned surface relief of working ground of two tine tools of a stubble cultivator

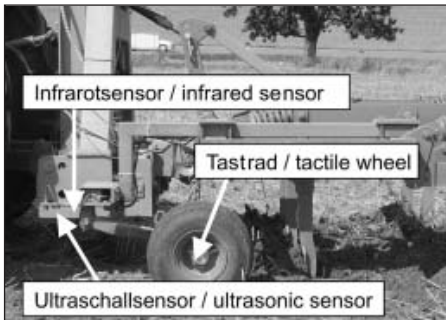


Bild 3: Sensoren zur Messung der Arbeitstiefe an einem Flügelschagrubber

Fig. 3. Working depth sensors mounted on a stubble cultivator

stimmung auf manuellem Wege häufig schwierig ist, da nicht bekannt ist, an welcher Stelle am Bearbeitungsgrund das Maß für die Arbeitstiefenbestimmung abgenommen werden soll.

Diese messtechnisch erweiterten Methoden werden jedoch meist nur in der Landmaschinenprüfung eine Berechtigung haben, da das Freilegen des Bearbeitungsgrundes und die Anwendung der messtechnischen Verfahren bei einer entsprechenden Zahl von Wiederholungen einen hohen Arbeitsaufwand erfordern.

Gleichzeitige Arbeitstiefenmessung

Insbesondere im Bereich der Sätechnik sind bereits Prinzipien zur simultanen Messung der Arbeitstiefe mit berührenden [6] und berührungslosen [7] Sensoren bekannt. Bei Versuchen mit Bodenbearbeitungsgeräten wurden verschiedene simultane Prinzipien zur Arbeitstiefenmessung an einem Flügelschagrubber zugleich eingesetzt (Bild 3).

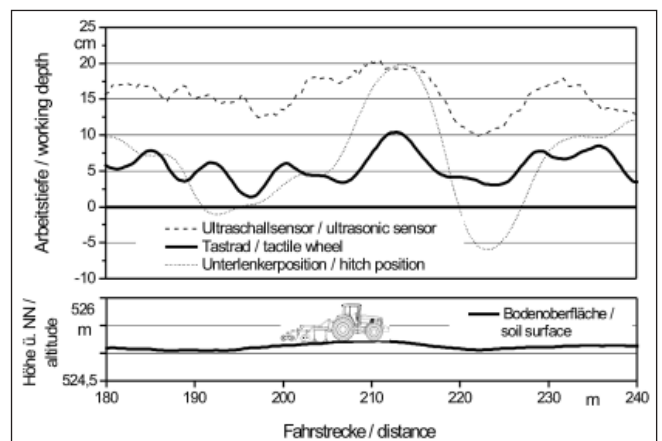
Das Ausgangssignal der berührungslos messenden Sensoren ist ein dem Abstand zur Bodenoberfläche proportionaler Spannungswert. Die Position des drehbar gelagerten Tastrades wird mit einem Drehpotentiometer im Drehpunkt der Schwinge des frei laufenden Rades erfasst. Traktorseitig steht mit den serienmäßig vorhandenen Sensoren zur Erfassung der Position der Unterlenker eine weitere Informationsquelle zur Verfügung, die in diesen Untersuchungen ebenfalls aufgezeichnet wurde (Tab. 1). In Bild 4 sind die Messwerte der Arbeitstiefe der verschiedenen gleichzeitig eingesetzten

Sensoren über der Fahrtstrecke von 60 m aufgetragen. Charakteristisch für den gewählten Ausschnitt der Fahrtstrecke in der ersten Stoppelbearbeitung nach Weizen ist eine langegezogene Bodenwelle, die durch frühere Tiefbauarbeiten auf diesem Teil des Feldes verursacht wurde. Die in der Darstellung unten aufgetragene Oberflächenkontur wurde aus den Höhenwerten eines hochgenauen RTK-GPS-Empfängers erstellt. Die tatsächliche Arbeitstiefe wies einen Mittelwert von ~5 cm auf, wie durch Aufgraben von Hand festgestellt wurde. Auffällig ist die Überschätzung der Arbeitstiefe durch den Ultraschallsensor um ~10 cm, was ungefähr der mittleren Höhe der Stoppeln der Vorfrucht entspricht. Während der Ultraschallsensor auf blanker Bodenoberfläche gute Ergebnisse bei geringem baulichen Aufwand ermöglicht, ist eine Arbeitstiefenmessung bei organischen Rückständen auf dem Boden nicht immer mit ausreichender Genauigkeit möglich.

Bei ebener Bodenoberfläche kann aus den umgerechneten Werten der Hubwerksposition ein guter Rückschluss auf die Arbeitstiefe erfolgen, wenn eine vorhergehende Bestimmung der Arbeitstiefe „0 cm“ erfolgte. In dem dargestellten Fall des Überfahrens einer Bodenwelle ändert sich jedoch der relative Winkel von Traktor und Gerät zueinander, was dazu führt, dass die Umrechnung der Arbeitstiefe aus der Hubwerksposition sogar negative Werte ergibt, obwohl das Gerät sich im Boden befindet. Als zweckmäßigste Methode zur simultanen Messung der Arbeitstiefe kann das Tastrad angesehen werden, das der Bodenoberfläche am genauesten folgt und nicht den Störeinflüssen der Oberflächenkontur (Hubwerksposition) oder der organischen Rückstände auf dem Boden (Ultraschallsensor) unterliegt.

Bild 4: Vergleich verschiedener Sensoren für die Arbeitstiefenmessung über dem Höhenprofil der Bodenoberfläche

Fig. 4: Comparing sensors for working depth measuring above the relief of the field's soil surface



Zusammenfassung

In Vergleichsmessungen von Bodenbearbeitungsgeräten bietet sich vor allem die nachfolgende Messung der Arbeitstiefe an, bei der im Nachhinein am freigelegten Bearbeitungsgrund die Arbeitstiefe über die gesamte Gerätebreite bestimmt wird. In Hohenheim wird hierzu neben der manuellen Vermessung ein automatisierter Laserscanner eingesetzt. Bodenbearbeitungsgeräte mit hydraulischen Verstellmöglichkeiten für die Arbeitstiefe stellen ein Potential für die gleichzeitige Messung der Arbeitstiefe dar. Dabei ist ein Sensor für die Arbeitstiefe als Glied im Regelkreis notwendig, wenn eine Online-Variation der Arbeitstiefe erfolgen soll. Als optimales Prinzip hat sich in diesen Untersuchungen ein Tastrad in Verbindung mit einem Drehpotentiometer erwiesen, wobei auch andere Varianten der berührenden Abtastung (etwa Gleitkufen) gute Ergebnisse für eine Online-Arbeitstiefenmessung versprechen.

Literatur

- Bücher sind mit • gezeichnet
- [1] Hörner, R. und M. Pütz: Prüfberichte der DLG 5207F bis 5217F, Groß-Umstadt, 2003
 - [2] • Dahm, U.: Möglichkeiten zur Adaptierung nordamerikanischer Geräte für die konservierende Bodenbearbeitung in Mitteleuropa. Dissertation, Universität Hohenheim, Stuttgart, 2000
 - [3] Reich, R.: Bodenwiderstand und Arbeitseffekt eines Grubberwerkzeuges. Grundlagen der Landtechnik 27 (1977), H. 4, S. 128-132
 - [4] Droll, P und H. D. Kutzbach: Laserscanner zur 3D-Oberflächenvermessung. Landtechnik 56 (2001), H. 3, S. 148-149
 - [5] Hien, P.: Bodenrauheit - Verfahren zu ihrer Messung und zur Berechnung von Rauheitsindizes. Landtechnik 51 (1996), H. 1, S. 16-17
 - [6] Kirchberger, F.: Kontroll-System für die Arbeitstiefe der Werkzeuge von landwirtschaftlichen Bodenbearbeitungsgeräten. Patentschrift DE 32 37 538 C1, 1984
 - [7] Mix, A.: Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Arbeitstiefe von Sämaschinen von Drillmaschinen. Europäische Patentanmeldung 0 254 984 A1, 1988.