

über den Refresh-Zyklus gesteuert wird und der einfacher an den Mikrorechner anzukoppeln wäre [17].

Die Grauwertbildverarbeitung erfordert für den Echtzeitbetrieb aber spezielle Signalprozessoren und mindestens eine 16-Bit-Informationsverarbeitung, die auf der Basis U8000 als Einkartenrechner aufzubauen wäre [18]. Einchipmikrorechner mit Verarbeitungsbreiten bis 32 Bit werden als Prototypen ebenfalls schon angeboten und wären für diese komplexeren Bildverarbeitungsaufgaben einsetzbar.

5. Zusammenfassung

Die hohen dynamischen Anforderungen des Prozeßgeschehens, bei dem der zu konzipierende Sensor „sehend“ aus der Bewegung eindimensional die Position zu Bearbeitungsgrenzen ermitteln und den aktuellen Fahrkursabstand errechnen soll, zwingen z. Z. zur Anwendung von CCD-Sensorzeilen mit Einchipmikrorechnersteuerung und Binärbildverarbeitung. Dieses Konzept ist echtzeitfähig und für Meßobjekte mit ausreichendem Kontrast und eindeutiger Zuordnungsmöglichkeit an der nachzuweisenden Übergangsstelle anwendbar. Gegenüber diesen idealen Meßbedingungen, die entscheidend von den Beleuchtungs- und Bewegungsverhältnissen sowie von den Remissionseigenschaften des Meßobjekts abhängen, bieten Objektivart, Blende, Filter, Brennweite und Entfernungseinstellung sowie die von der Beleuchtungsstärke abhängige Steuerung der

Integrationszeit ausreichenden Spielraum für eine technologische Anpassung.

Literatur

- [1] Ahrens, F.: Strahlungstechnische Sensoren zur Steuerung von mobilen Aggregaten und Werkzeugen. agrartechnik, Berlin 36 (1986) 10, S. 470-473.
- [2] Kaul, P., u. a.: PS 213 316 DD Verfahren zur Arbeitsbreiteneinhaltung bei Flüssigkeitsapplikation auf landwirtschaftlichen Kulturflächen. Ausgabetag: 5. Sept. 1984.
- [3] Dvali, R., u. a.: OS 254 734 1 DE Optische Einrichtung in Anlagen zur automatischen Steuerung von Gegenständen nach einem Helligkeits-Kontrast-Programm. Ausgabetag: 6. Mai 1976.
- [4] Kollar, L.: PS 101 260 DD Vorrichtung zum berührungslosen Abtasten der Bearbeitungsgrenze bei Traktoren, fahrbaren Landmaschinen und Aggregaten zur Gewährleistung des Anschlußfahrens und der Spurlaltung. Ausgabetag: 5. Nov. 1973.
- [5] Enger, D. E.; Niles, G. E.; Schreiber, U. U.: Computer vision and image processing for plant identification (Computeranwendung und Bildverarbeitung bei der Pflanzenerkennung). ASAE-Paper No 84-1632, ASAE, St. Joseph (USA), 1984.
- [6] Sewernew, M. M., u. a.: PS 818 517 SU Verfahren zur Erkennung von Pflanzenbeständen oder Getreidebeständen in bezug auf Stoppln. Ausgabetag: 8. April 1981.
- [7] Lichtensteiger, S. K., u. a.: Plant detection with matrix camera (Pflanzenerkennung mit einer Matrixkamera). ASAE-Paper No 84-1095, ASAE, St. Joseph (USA), 1984.
- [8] Hecht, S.: Entwicklungstendenzen von Kameras auf der Basis von Festkörperbildsensorele-

menten. Feingerätetechnik, Berlin 36 (1987) 3, 102-103.

- [9] Siebert, M. P.: Optoelektronische Positionsdetektoren PSD. Elektronik, München (1984) 1, S. 84-87.
- [10] Harries, G. O.: Eine optoelektronische Apparatur für Furchenfolgung. Nat. Inst. Agric. Eng. Silsoe (1973) Note DC/C/327/1005.
- [11] Elbel, T.: Miniaturisierte thermische Strahlungssensoren: Die neue Thermosäule TS-50.1. Feingerätetechnik, Berlin 34 (1985) 3, S. 113-115.
- [12] Choi, H. J.; Wise, K. D.: A silicon-thermopile-based infrared sensing array for use in automated manufacturing (Ein halbleitertemperaturempfindliches Infrarotsensorarray für die automatische Robotersteuerung). IEEE Trans. on electron device, New York 33 (1986) 1, S. 72-79.
- [13] Wiederhold, P.: Bibliografie 1985/86 zur automatischen Bildverarbeitung in der DDR. Bild und Ton, Leipzig 40 (1987) 6, S. 181-182.
- [14] Hecht, S.: CCD-Bilddatenverarbeitung mit Einchipmikrorechner. Feingerätetechnik, Berlin 31 (1982) 9, S. 414-416.
- [15] Schmidt, A.: Verarbeitung von Binärsignalen einer CCD-Kamera mittels Mikrorechner. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1986.
- [16] Conrad, F.: Binarisierung der Ausgangssignale einer CCD-Kamera zur Erkennung von Ackerbodenstrukturen. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Diplomarbeit 1986.
- [17] Feste, J.: Detine électronique avec une DRAM (Optoelektronik in einem DRAM). électronique, Paris (1983) 12, S. 24-25.
- [18] Taetow, W.: Schnelle Bildverarbeitung mit Signalprozessor. Elektronik/Industrie, Heidelberg (1987) 2, S. 46-48. A 5205

Beitrag zur Untersuchung von Antriebsorganen für schwingende Rübenaufnahmelemente

Prof. Dr. sc. techn. P. Jakob, KDT

Humboldt-Universität Berlin, Sektion Nahrungsgüterwirtschaft und Lebensmitteltechnologie

Dr.-Ing. T. Feldmann, KDT, Martin-Luther-Universität Halle - Wittenberg, Sektion Pflanzenproduktion

Verwendete Formelzeichen

A_0	mm	Amplitude des schwingenden Rübenaufnahmelements
B_{He}	%	Hafterdebesatz des schwingenden Rübenaufnahmelements
B_{st}	%	Hafterdebesatz des starren Rübenaufnahmelements
d_R	mm	Rübedurchmesser
f_0	Hz	Frequenz des schwingenden Rübenaufnahmelements
F_x	kN	Zugkraftbedarf des schwingenden Rübenaufnahmelements
F_{st}	kN	Zugkraftbedarf des starren Rübenaufnahmelements
g	m/s ²	Erdbeschleunigung
h	m	Schwingungshöhe
l	m	Schwingungslänge
P_{ges}	kW	Gesamtleistungsbedarf des schwingenden Rübenaufnahmelements
P_{st}	kW	Zugleistungsbedarf des starren Rübenaufnahmelements
t	s	Zeit
v_0	m/s	Fahrgeschwindigkeit
α	°	Kurbelwinkel
β	°	Werkzeughubwinkel
φ	°	Schwingungsrichtungswinkel
ω	s ⁻¹	Kreisfrequenz

1. Einführung

Die gegenwärtig angewendeten Verfahren zur Ernte von Zuckerrüben sind durch einen hohen Anteil an Verlusten, Beschädigungen und Beimengungen gekennzeichnet [1]. Da

jeder zusätzliche Arbeitsgang, der das Trennen der Erde von den Rüben zum Ziel hat, Beschädigungen an den Rüben hervorruft und das Streben nach dem Bau möglichst leichter landwirtschaftlicher Geräte und Maschinen die Anzahl und die Abmessungen von Reinigungselementen einschränkt, kommt den Rodewerkzeugen besondere Bedeutung zu, die neben dem Herausheben der Rüben, dem Trennen der Rüben vom Wuchraum und dem Fördern auf die Höhe der Transporteinrichtung gleichzeitig die Funktion des teilweisen Vorreinigens der Rüben von anhaftender Erde erfüllen. Im vorliegenden Beitrag werden eine Methode zur Ermittlung optimaler Schwingungsregime für schwingende Rübenaufnahmelemente sowie Ergebnisse experimenteller Untersuchungen mit einem schwingenden Polder-schar vorgestellt.

2. Theoretische Untersuchungen

Ausgehend von der Parameterdarstellung der Schwingungsbahn eines Werkzeugs, das an der Schwinge eines viergliedrigen Kurbeltriebes befestigt ist (Bild 1) -

$$x(t) = A_0 \cos \omega_0 t \cos \varphi + v_0 t \quad (1)$$

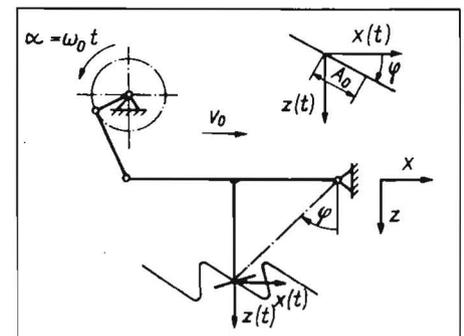
$$z(t) = A_0 \cos \omega_0 t \sin \varphi \quad (2)$$

können vier grundlegende Einflußgrößen

des Schwingungsregimes schwingender Rübenaufnahmelemente abgeleitet werden. Durch die Kombination dieser Einflußgrößen lassen sich voneinander unabhängige Schwingungsregime erzeugen, die jeweils separate Zielstellungen erfüllen:

- Die Bewegungsbahn des Werkzeugs (Bild 2) kann durch eine Größe charakterisiert werden, die als Werkzeughubwinkel bezeichnet wird [2]. Der Werkzeughubwinkel stellt den Winkel zwischen der Wendetangente bei der Aufwärtsbewegung des Werkzeugs und der Horizontal-

Bild 1. Parameterdarstellung der Schwingungsbahn



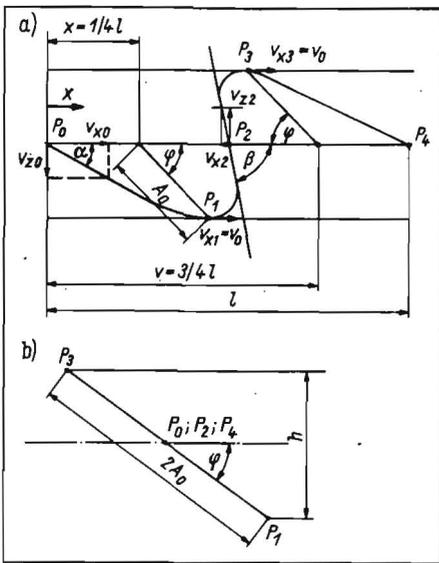


Bild 2. Definitionen und geometrische Größen einer Schwingungsbahn [2];
 a) Bahn der Werkzeugschneide mit Fahr- und Vorschubgeschwindigkeit v_0
 b) Bahn der Werkzeugschneide ohne Fahr- und Vorschubgeschwindigkeit

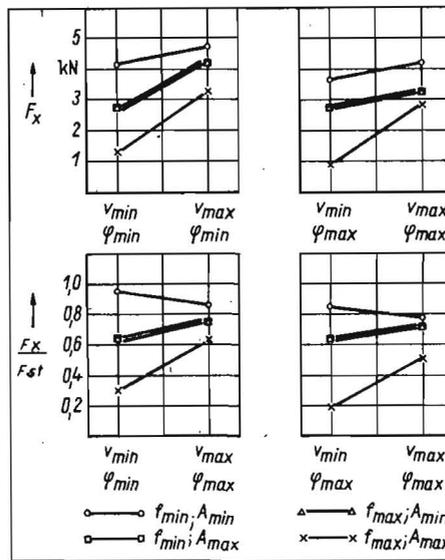


Bild 3. Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse zum Zugkraftbedarf

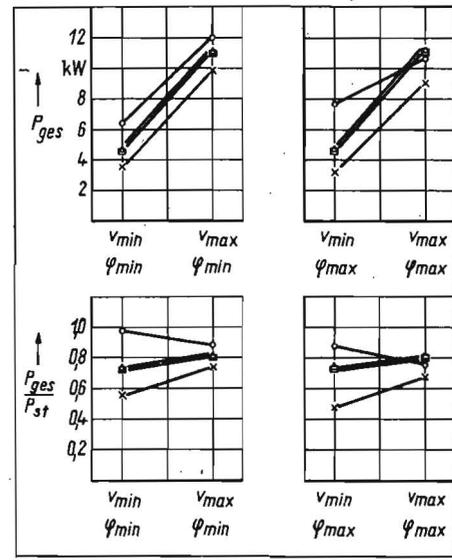


Bild 4. Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse zum Leistungsbedarf; Legende s. Bild 3

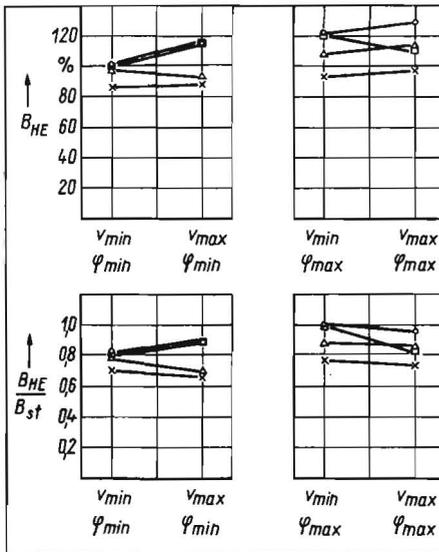


Bild 5. Zusammenstellung der Untersuchungsergebnisse zum Hafterdebesatz; Legende s. Bild 3

len dar und kann mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$\cot \beta = \frac{v_0}{\omega_0 A_0 \sin \varphi} - \cot \alpha. \quad (3)$$

Wird davon ausgegangen, daß das senkrechte Herausheben der Rüben die geringste Beanspruchung des Rübenkörpers hervorruft und somit die geringste Möglichkeit der Beschädigung der Rüben zur Folge hat und daß die Bewegung der Rübe mit dem Werkzeughubwinkel übereinstimmt, so ist ein Schwingungsregime anzustreben, das einen Werkzeughubwinkel von $\beta = 90^\circ$ hervorruft. Bei einem Werkzeughubwinkel von $\beta = 86^\circ$ kann davon ausgegangen werden, daß die Förderwirkung des Rübenaufnahmeelements auf die Rübe in die Maschine hinein begünstigt wird.

- Eine Verringerung des Hafterdebesatzes wird erreicht, indem der Wuchsraum aufgelockert wird, was eine Verringerung der Bindungswiderstände zwischen

Wuchsraum und Rübe zur Folge hat. Beim Auflockern wird der Wuchsraum in den Zustand eines mechanischen Fließbettes überführt. Dieser Zustand entsteht, wenn das Produkt aus dem Quadrat der Kreisfrequenz und der Amplitude der vertikalen Komponente der Schwingung größer als die Erdbeschleunigung ist [3]:

$$\omega_0^2 A_0 \sin \varphi > g. \quad (4)$$

- Um die Wirkung der schwingenden Werkzeuge auf die Rübe zu übertragen, ist es erforderlich, daß für jede Rübe mindestens eine volle Schwingungsperiode wirksam wird. Diese Voraussetzung wird dann erfüllt, wenn die Schwingungsfrequenz größer (oder mindestens gleich groß) als der Quotient aus Fahr- und Vorschubgeschwindigkeit und Rübensdurchmesser ist:

$$f_0 \geq v_0/d_r. \quad (5)$$

- Bei einem Schwingungsverlauf, der sich in eine horizontale und eine vertikale Komponente zerlegen läßt, ist eine Verringerung des Zugkraftbedarfs der schwingenden Werkzeuge gegenüber den starren Werkzeugen dann möglich, wenn das Produkt aus Kreisfrequenz und Amplitude des horizontalen Schwingungsanteils gleich oder größer der Fahr- und Vorschubgeschwindigkeit ist [4]:

$$\omega_0 A_0 \cos \varphi \geq v_0.$$

Diese separaten Zielstellungen wurden in ein Gleichungssystem überführt, und eine Parameterkombination wurde ermittelt, die dieses Gleichungssystem erfüllt. Das Ergebnis der Untersuchungen lautet:

$$v_0 = 1,5 \text{ m/s} \quad A_0 = 10 \text{ mm} \\ f_0 = 36,8 \text{ Hz} \quad \varphi = 45^\circ.$$

3. Experimentelle Untersuchungen

Die experimentellen Untersuchungen wurden unter Praxisbedingungen nach dem Köpfen der Rüben mit einem Köpflader 6-ÖRCS durchgeführt. Im Interesse einer geringen Versuchszahl wurde zur Darstellung der Untersuchungsergebnisse ein Versuchsplan erster Ordnung mit einem daraus resultierenden linearen Regressionspolynom verwendet. Untersucht wurden die folgenden Parameterbereiche:

$$f_{\max}/f_{\min} = 36,8 \text{ Hz}/18,4 \text{ Hz} \\ A_{\max}/A_{\min} = 9 \text{ mm}/2 \text{ mm} \\ v_{\max}/v_{\min} = 2,5 \text{ m/s}/1,5 \text{ m/s} \\ \varphi_{\max}/\varphi_{\min} = 45^\circ/15^\circ.$$

Die Untersuchungen ergaben, daß die Fahr- und Vorschubgeschwindigkeit im untersuchten Parameterbereich den dominierenden Einfluß auf den Zugkraftbedarf ausübt (Bild 3). Die Schwingungsparameter Frequenz und Amplitude bestimmen die Verringerung des Zugkraftbedarfs in Abhängigkeit von der Fahr- und Vorschubgeschwindigkeit. Eine Vergrößerung der Schwingungsparameter hat bei konstanter Fahr- und Vorschubgeschwindigkeit eine Verringerung des Zugkraftbedarfs zur Folge. Bei geringerer Fahr- und Vorschubgeschwindigkeit übt das Schwingungsregime einen größeren Einfluß auf den Zugkraftbedarf aus als bei höherer.

Der Gesamtleistungsbedarf der schwingenden Rübenaufnahmeelemente kann Werte erreichen, die geringer als der Zugleistungsbedarf der vergleichbaren starren Rübenaufnahmeelemente sind (Bild 4).

Die Voraussetzung dafür ist, daß die Differenz der Zugleistungsbedarfswerte der schwingenden gegenüber den starren Rübenaufnahmeelementen größer als die zur Erzielung der Schwingungsregime erforderliche Drehleistung ist.

Die Ergebnisse der agrotechnischen Untersuchungen erbrachten, daß der Hafterdebesatz bei konstanter Fahr- und Vorschubgeschwindigkeit mit größer werdenden Schwingungsparametern abnimmt, wobei die Frequenz einen größeren Einfluß als die Amplitude ausübt (Bild 5). Bei konstanten Schwingungsparametern nahm der Hafterdebesatz mit größer werdender Fahr- und Vorschubgeschwindigkeit zu. Die beste Förderung der Rüben ohne gleichzeitigen Spitzenbruch wurde in dem Versuchspunkt festgestellt, der den Werkzeughubwinkel $\beta = 86^\circ$ zur Folge hat, d. h., in dem durch die theoretischen Untersuchungen als optimal ermittelten Versuchspunkt. Die Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen bestätigen das durch theoretische Untersuchungen ermittelte Schwingungsregime. Daraus wird abgeleitet, daß bei konstantem Verhältnis von Fahr- und Vorschubgeschwindigkeit und Schwingungsfrequenz von $v_0/f_0 = 0,04 \text{ m}$ analoge Verhältnisse für unterschiedliche Fahr- und Vorschubgeschwindigkeiten bei konstanten Werten von Amplitude und Schwingungsrichtungswinkel entstehen.

Fortsetzung auf Seite 165

Ganzkornfeuchtemeßgerät zur Anwendung in der Feldwirtschaft und in den Getreidekombinaten

Dipl.-Ing. P. Klitzsch, KDT/Ing. B. Thiele, KDT
Ingenieurbüro für Rationalisierung beim VEB Kombinat Landtechnik Magdeburg

1. Einleitung

Sowohl in den Pflanzenproduktionsbetrieben während der Erntekampagne als auch in den Getreidelagern der DDR besteht der Bedarf an einem Gerät, mit dem möglichst einfach, schnell und hinreichend genau die Feuchte von Getreideganzkorn und anderen Körnerfrüchten bestimmt werden kann. Ausgehend von einer Neuereridee aus dem VEB Kreisbetrieb für Landtechnik Havelberg, wurde durch das Ingenieurbüro für Rationalisierung beim VEB Kombinat Landtechnik Magdeburg in Zusammenarbeit mit den VEB Kreisbetrieb für Landtechnik Havelberg und Wernigerode auf der Basis kapazitiver Feuchtemessung ein Gerät entwickelt, das folgende Bedingungen erfüllen sollte:

- möglichst geringe Abmessungen und geringe Masse
- leichte Handhabbarkeit
- Meßgenauigkeit nach internationalen Maßstäben für Feuchteschnellbestimmer auf Ganzkornbasis
- sofortige digitale Anzeige
- automatische Temperatorkompensation
- Verwendung mikroelektronischer Bauelemente.

Das entsprechend diesen Forderungen entwickelte Ganzkornfeuchtemeßgerät (Bild 1) wurde zur Getreideernte 1986 erstmals getestet, und während der Erntekampagne 1987 wurde mit drei verbesserten Geräten ein vorbereitetes Versuchsprogramm realisiert. Die Ergebnisse und die gewonnenen Erfahrungen sollen nachfolgend dargelegt werden.

2. Meßprinzip

Das am häufigsten genutzte Meßprinzip bei Ganzkornfeuchtemeßgeräten ist die kapazi-

tive Feuchtigkeitsbestimmung, die bei relativ hoher Genauigkeit am kostengünstigsten zu realisieren ist. Das Meßgut befindet sich im Feld eines Meßkondensators und stellt den größten Teil des Dielektrikums dar. Für die Messung wird ausgenutzt, daß die Kapazität eine Funktion des Wasseranteils im zu bestimmenden Gut ist. Hieraus resultieren aber auch die Einflußfaktoren, die die Meßergebnisse verfälschen. Der größte Einflußfaktor ist die Schüttdichte der zu messenden Probe, da durch eine Verdichtung, hervorgerufen z. B. durch Erschütterungen, der Körneranteil und damit der Wasseranteil im Feld des Meßkondensators steigt und zu höheren Anzeigewerten führt. Umgekehrt führt z. B. der Besatz mit Grannen, Spreu und Strohresten zu einer Verringerung des Wasseranteils im Kondensatorfeld und damit zu geringeren Anzeigewerten.

Als weitere die Schüttdichte beeinflussende Faktoren ergaben sich die Sorten der Hauptgetreidearten, der Grünbesatz und der Feuchtegrad selbst, da die Körner je nach Wassergehalt aufquellen. Auch die Temperatur des Meßgutes beeinflusst das Meßergebnis nicht unerheblich. Der Temperatureinfluß kann jedoch am leichtesten ermittelt und kompensiert werden. Aus den verschiedenen Messungen ergab sich als Faustregel eine Verfälschung des Meßergebnisses um 1% Feuchte bei 10°C Temperaturdifferenz mit der Tendenz steigender Anzeige bei Temperaturerhöhung. Dieser Fehler kann durch eine automatische Temperatorkompensation eliminiert werden. Auch Schüttdichteunterschiede, die durch verschiedene Handhabung bei der Probenahme bzw. infolge von Erschütterungen auftreten, wurden weitgehend durch die Konstruktion des Geräts beherrscht. Verwendet wurde kein abgeschlossener Meßbecher, sondern ein unten offener Meßbehälter, bei dem durch einen geöffneten Spalt ein bestimmter Anteil des Getreides herausrieselt. Dadurch entspannt sich die Probe, und es entsteht immer die gleiche Schüttdichte für eine Probe. Dies machte sich in einem sehr guten Wiederholfehler bemerkbar, auf den im Abschn. 4.1. noch eingegangen wird. Eine automatische Behebung der durch den Besatz hervorgerufenen Einflüsse unterschiedlichster Art war nicht möglich, hier konnten nur die größten Verunreinigungen manuell entfernt werden. Diese Einflüsse konnten jedoch durch die Konstruktion eines relativ großen Meßbehälters verhältnismäßig gering gehalten werden.

Nicht eliminiert werden konnten der Sorteneinfluß und der Fehler, der durch die Feuchtigkeitsverteilung im Korn entsteht. Allerdings konnte beim vermuteten Sorteneinfluß auch keine Systematik ermittelt werden. Das gleiche traf für Fehler zu, die aus der Herkunft des Getreides aus verschiedenen Anbaugebieten resultieren.

3. Aufbau

Das Prinzip des Ganzkornfeuchtemeßgeräts

basiert auf einer koaxialen Anordnung eines Meßkondensators. Dabei wird die äußere Elektrode durch ein innen mit Aluminium beschichtetes PVC-Fallrohr mit einem Durchmesser von 100 mm gebildet. Die innere Elektrode besteht auch aus einem beschichteten PVC-Rohr, wobei dessen Durchmesser 40 mm beträgt.

Das Gesamtvolumen, das für Meßgut zur Verfügung steht, beträgt rd. 1500 cm³, wobei sich jedoch nur etwa 30% unmittelbar zwischen den Elektroden des Meßkondensators befinden. Den Boden des Geräts bildet eine konisch gestaltete heraus-schraubbare Prallplatte. Durch das teilweise Heraus-schrauben entsteht ein Spalt, durch den das Getreide herausrieseln kann.

Die Verstärkung der Meßergebnisse erfolgt durch einen kapazitiven Meßwandler mit sehr hoher Genauigkeit.

Mit Hilfe von zwei Potentiometern können Kennlinien der verschiedenen Lagen im Koordinatensystem eingestellt werden.

Dies war für die Versuchsreihen erforderlich, um Vergleiche der Meßergebnisse bei Messungen mit verschiedenen Kennlinien unkompliziert durchführen zu können. Für den Praxisbetrieb ist eine einfache Umschaltung zwischen den Getreidearten vorgesehen.

Die Meßergebnisse werden digital angezeigt. Zur Probenmessung wird das Ganzkornfeuchtemeßgerät am Griff erfaßt und so durch den Getreideberg gezogen, daß sich der Meßzylinder füllt. Danach wird es angehoben, wobei ein Teil der Füllung an der Prallplatte herausrieselt. Durch Knopfdruck wird dann der Meßwert abgerufen, der sofort ablesbar ist. Zur Sicherung der Ergebnisse sollte dieser Meßvorgang rd. 3- bis 4mal wiederholt werden.

Bild 1. Ganzkornfeuchtemeßgerät



Fortsetzung von Seite 164

4. Zusammenfassung

Auf der Grundlage theoretischer Untersuchungen wird ein optimales Schwingungsregime für schwingende Rübenaufnahmeelemente abgeleitet und experimentell überprüft. Die Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen bestätigen das ermittelte Schwingungsregime. Eine Voraussetzung für analoge Zusammenhänge wird abgeleitet.

Literatur

- [1] Autorenkollektiv: Technologische Prozesse der Pflanzenproduktion. Berlin: VEB Dt. Landwirtschaftsverlag 1984.
- [2] Eggenmüller, A.: Schwingende Bodenbearbeitungswerkzeuge. Grundlagen der Landtechnik, Düsseldorf (1985) 10, S. 89-95.
- [3] Leitholdt, C.: Beitrag zu kombinierten Wirkprinzipien für die Kartoffelaufnahme unter besonderer Berücksichtigung des mechanischen Fließbettkartoffelaufnahmeelements. Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg, Dissertation 1981.
- [4] Smith, J. L.; Hallman, K.; Flikke, A. M.: Experimental analysis of vibratory tillage (Experimentelle Analyse der schwingenden Bodenbearbeitung). Transactions of the ASAE, St. Joseph (USA) 15 (1972) 5, S. 834-837. A 5202