

Tafel 3. Parallelversuch zur Kalt- und Warmbelüftung von Gras unter günstigen Witterungsbedingungen

		Luftanwärmung in K		
		0	6,3	9,6
Einlagerungsmasse	dt	83,5	118,8	97,5
Trockensubstanzgehalt				
Einlagerung	%	69,3	72,3	68,6
Trocknungsabschluß	%	86,5	82,6	90,0
Verdunstung	g/m ³	0,44	1,04	1,68
	kg/h	14,3	34,3	52,7
Energieverbrauch	kWh/dt Heu	24,30	4,56	6,92
	l DK/dt Heu	—	3,05	8,47
Trocknungsdauer	d	9	4	4

Bei kontinuierlichem Betrieb des Heizgeräts ist der höchste Energiebedarf zu erwarten. In Abhängigkeit vom Trockensubstanzgehalt bei der Einlagerung und vom Klima ist mit etwa 10 lDK/dt Heu zu rechnen.

Auf der Grundlage der die Trocknung charakterisierenden Meßwerte für Halmgut und Klima wurde die eingangs beschriebene intermittierende Warmbelüftung simuliert. Sie ergab entscheidende Energieeinsparungen und erheblichen Trocknungszeitgewinn bei unbedeutend höheren Konservierungsverlusten. Die Aufwendungen sind jedoch noch immer höher als bei der Kaltbelüftung und hängen wesentlich vom Trockensubstanzgehalt bei der Einlagerung und vom Klima ab.

Die Belüftungsversuche wurden in 400 m Höhe über NN durchgeführt und sind nach Maltry [5] dem Belüftungsklimagebiet 3 zuzuordnen.

4. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Die Warmbelüftung von Häckselhalmheu im Unterflur-Rostkanalsystem ist wie folgt einzuschätzen:

- Im Vergleich zur Kaltbelüftung stellt die Warmbelüftung eine wesentlich leistungsfähigere, verlustärmere, aber kompliziertere Trocknungstechnologie dar, die höhere Aufwendungen verursacht.
- Die Unterflur-Rostkanalanlage ist bei der

Häckselheutrocknung mit Ziehstößeln für Luftanwärmungen bis 6 K geeignet. Bei höheren Luftanwärmungen kommt es zu Luftverlusten infolge ungleichmäßiger Trocknung. Es besteht die Gefahr der Schimmelbildung.

- Die kontinuierliche Warmbelüftung ist das effektivste Trocknungsverfahren, bei dem innerhalb von 3 bis 4 Tagen eine Schicht mit Verlusten am Trockensubstanzgehalt von höchstens 3 % unabhängig von der Witterung fertiggetrocknet werden kann.

- Die intermittierende ist der kontinuierlichen Warmbelüftung vorzuziehen. Sie ermöglicht in Abhängigkeit vom Trockensubstanzgehalt bei der Einlagerung und vom Klima erhebliche Energieeinsparungen bei unbedeutend höheren Verlusten.

- Die Warmbelüftung ist in Abhängigkeit vom Klima technologisch wie folgt in die Verfahren der Heuproduktion einzuordnen:

- bei Heuwetter Bodentrocknungsheu
- bei Durchschnittsbedingungen Vortrocknung auf dem Feld und Belüftungstrocknung mit Kaltluft
- bei anhaltenden Schlechtwetterperioden nach der Einlagerung intermittierende Belüftungstrocknung; Warmlufteinsatz erfolgt nur dann, wenn die relative Luftfeuchte 60 % und mehr beträgt.

- Die Warmluftzufuhr hat so zu erfolgen, daß

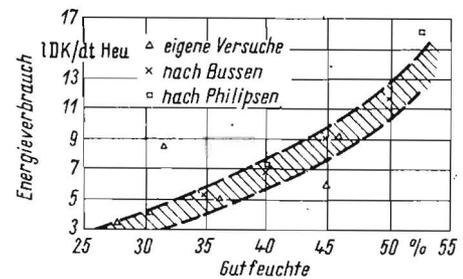


Bild 3. Energieverbrauch bei der Warmbelüftung

in einem Typenbergeraum mindestens drei beliebige Belüftungsanlagen gleichzeitig mit Warmluft versorgt werden können. Die Warmluftzufuhr muß regelbar sein. Die höchste Effektivität wird mit mobilen Luftanwärmungsgeräten erzielt. Diese können im Bedarfsfall an verschiedenen Anlagen und darüber hinaus auch für andere Zwecke eingesetzt werden.

Literatur

- [1] Programm zur Mechanisierung der Heuproduktion. MLFN Berlin 1980 (unveröffentlicht).
- [2] Stengler, K.-H.; Swieczkowski, K.; Thimm, H.: Stand der Mechanisierung der Heuproduktion. *Feldwirtschaft* 21 (1980) H. 5, S. 204—211.
- [3] Stengler, K.-H.; Swieczkowski, K.; Faßler, R.; Heinemann, H.: Verfahren, Leistung und Aufwand der Häckselheuproduktion. *agrartechnik* 23 (1973) H. 4, S. 149—152.
- [4] Stengler, K.-H.; Swieczkowski, K.; Faßler, R.; Heinemann, H.: Die Häckselbelüftungsanlage System „Beinerstadt“. *agrartechnik* 23 (1973) H. 4, S. 152—155.
- [5] Maltry, W., u.a.: Landwirtschaftliche Trocknungstechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1975.
- [6] Verfahren der Heuproduktion. AdL der DDR, Studie 1980 (unveröffentlicht).
- [7] Häckselbelüftung. IBH Eishausen, Nachtrag zum Abschlußbericht (unveröffentlicht).

A 2884

Verfahren zur Ermittlung geometrischer Kenngrößen von Pflugkörpern

Dipl.-Ing. H. Domsch, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

1. Einleitung

Das Ziel der Ermittlung geometrischer Kenngrößen, die Arbeitsflächen von Pflugkörpern umfassend zu beschreiben, ist derzeit nur durch Profilogramme zu erreichen. Profilogramme ermöglichen sowohl einen vollständigen, anschaulichen Vergleich verschiedener Pflugkörper als auch die Bestimmung der geometrischen Kenngrößen, durch die eine noch unvollständige, aber quantifizierte Beschreibung der Arbeitsfläche vorgenommen werden kann. Die Ermittlung geometrischer Kenngrößen von Pflugkörpern erfolgt deshalb vorzugsweise über die Aufnahme von Profilogrammen.

Profilogramme sind zeichnerische Darstellungen der Arbeitsflächen von Pflugkörpern mit Hilfe einer Schar von Formlinien. Die Formlinien entsprechen den Schnittlinien bevorzugter, zueinander paralleler und im festen Abstand aufeinander folgender Ebenen mit der Arbeitsfläche von Pflugkörpern bei einer Be-

trachtung senkrecht zur Schnittebene. Bevorzugte Schnittebenen sind alle Ebenen, die parallel zur waagerechten oder senkrechten Richtebene des Pflugkörpers bzw. senkrecht zur Fahrtrichtung oder Scharschneide stehen (Bild 1). Um Profilogramme eines gegebenen Körpers in den normierten Ansichten zu gewinnen, muß mindestens ein Profilogramm experimentell bestimmt werden. Die anderen Profilogramme lassen sich durch Umzeichnen oder Umrechnen ermitteln.

2. Vorrichtungen zur Ermittlung von Profilogrammen

Voraussetzung für die Aufnahme eines Profilogramms ist unabhängig von dem speziellen Verfahren die Einrichtung des Körpers bezüglich der beiden Richtebenen. Diese Tätigkeit muß mit der größten Sorgfalt durchgeführt werden, denn durch sie wird bereits die erreichbare Genauigkeit des Profilogramms vorausbestimmt. Eine Winkelabweichung von nur

1° eines 1 m langen Pflugkörpers um die Vertikalachse verändert den Wert der y-Koordinate eines Punktes am Ende des Körpers um 17 mm, wenn der Körper um die Spitze gedreht wurde. Dieser Fehler wäre größer als jene, die bei der Ausmessung des Körpers auftreten.

2.1. Konventionelle Vermessung

Sind Arbeitsflächenprofilogramme nur vereinzelt zu ermitteln und werden keine zu hohen Anforderungen an die Genauigkeit gestellt, kann ein Profilogramm mit einem Höhenreißer bestimmt werden. Der Pflugkörper ist so auf der Grundplatte auszurichten, daß die waagerechte Richtebene parallel zur Grundplattenebene steht und die Fahrtrichtung mit der Richtung eines auf der Grundplatte befestigten Meßlineals übereinstimmt. Wird die Anreißnadel eines Höhenreißers durch ein geeignetes Meßlineal ersetzt und entlang des Fahrtrichtungsmeßlineals und in der Höhe schrittweise verschoben, können für ein vorzugeschobenes

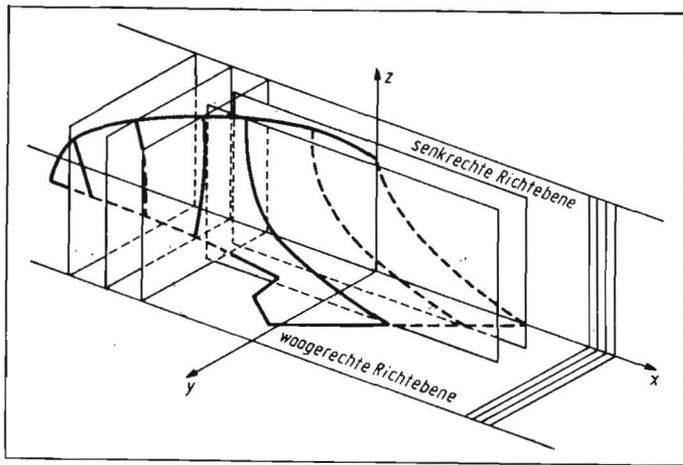


Bild 1. Schnittlinien der Arbeitsfläche eines Pflugkörpers mit Schnittebenen parallel zur senkrechten Richtebene (im Vorderteil des Pflugkörpers) und mit Schnittebenen senkrecht zur Fahrtrichtung (am Ende des Pflugkörpers), d. h. Formlinien für die Seiten- und Vorderansicht des Pflugkörpers

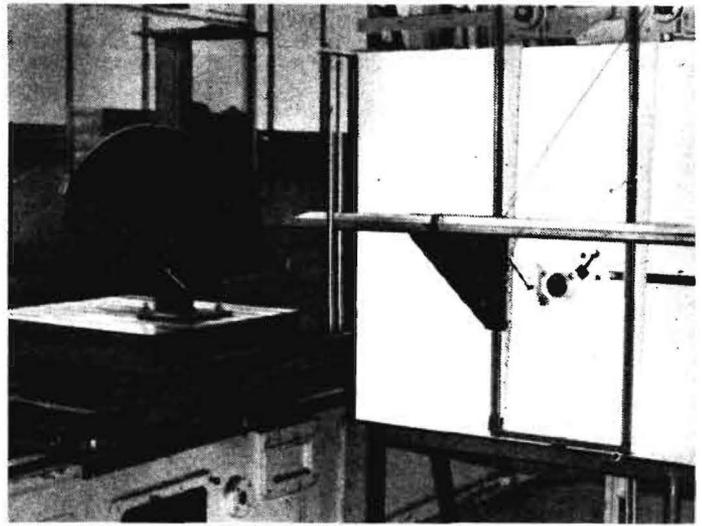


Bild 2. Profilograf nach [1]

Rastersystem in der x - z -Ebene die fehlenden y -Koordinaten von Punkten der Arbeitsfläche ermittelt werden. Die auf diese Weise bestimmten Koordinaten ausgewählter Punkte $P(x, y, z)$ der Arbeitsfläche können genutzt werden, um die Profilogramme des Körpers in den vier Ansichten zu zeichnen. Fehler können auftreten

- beim Einstellen der Werte der x - z - bzw. beim Ablesen der Werte der y -Koordinaten
- aufgrund der wechselnden freien Hebellänge des Meßlineals für die y -Koordinaten, die zu einer unterschiedlichen Verformung des Meßlineals und seiner Befestigung beiträgt (die Werte der y -Koordinaten bei großen Pflugkörpern variieren in einem Bereich von mehr als 0,5 m)
- aufgrund dessen, daß Teilabschnitte der Arbeitsfläche von dem y -Koordinaten-Meßlineal im spitzen Winkel berührt werden, wodurch Ablenkkkräfte auf das Lineal einwirken
- beim Übertragen der Koordinatenwerte auf das Zeichenpapier.

Die zweite und dritte Fehlergruppe sind typisch für alle Vorrichtungen mit mechanischer Abtastung. Um diese Fehler klein zu halten, bedarf es großer gerätetechnischer Anstrengungen.

2.2. Vermessung mit Profilograf

Der Pflugkörper wird auf einer Vorrichtung befestigt, mit der er in einer Hauptrichtung, d. h. in Richtung einer Koordinatenachse (Bild 1), bewegt werden kann (Ständer oder Wagen). Senkrecht zu dieser Bewegungsrichtung wird eine Zeichenebene mit einer Tast-Schreib-Einrichtung aufgebaut, die es ermöglicht, zu einer durch die Stellung des Pflugkörpers bzw. des Ständers oder Wagens vorgegebenen Koordinate eines Arbeitsflächenpunktes die zugehörigen in der Zeichenebene liegenden Koordinaten abzutasten und im Maßstab 1:1 auf ein Zeichenblatt zu übertragen. Zu diesem Zweck ist die Tast-Schreib-Einrichtung als ein parallel zu sich selbst verschiebbarer Stab ausgebildet (Zeichenmaschine). Der Taststift befindet sich in einer zur Zeichenebene parallelen Ebene an einem Ende, der Schreibstift in einer zur Zeichenebene senkrechten Richtung an einem verstellbaren Ort des Stabes.

Zu Untersuchungszwecken wurde ein Profilograf unter Verwendung des Maschinenbet-

tes einer ausgesonderten Langhobelmaschine und einer Laufwagen-Zeichenmaschine aufgebaut (Bild 2). Passend zur Führung des Maschinenbettes entstand ein Wagen mit einer Befestigungsvorrichtung für Pflugkörper. Der Wagen läßt ein Schwenken der Pflugkörper aus der Normallage von etwa 5° um die Längs- und Querachse sowie eine beliebige Drehung um die Vertikalachse zu. Dadurch können Profilogramme aus der Normallage ausgeschwenkter Körper bestimmt und die Arbeitsflächen verformter Pflugkörper zur Instandsetzung leichter im Raum ausgerichtet werden. Ein Verdrehen des Pflugkörpers um einen Winkel von 90° ermöglicht die Aufnahme eines Profilogramms in einer zweiten Hauptansicht. Durch ein Rastensystem kann der Wagen mit geringem Einstellaufwand schrittweise bewegt werden. Eine zusätzliche Spindel erlaubt gemeinsam mit dem Rastensystem das Auffinden einer beliebigen Stellung des Pflugkörpers in der Bewegungsrichtung [1].

Von den im Punkt 2.1. genannten Fehlergruppen treten noch die Fehler der mechanischen Abtastung in abgeschwächter Form in Erscheinung. Trotz Verwendung eines Aluminiumprofils großen Querschnitts für die Tast-Schreib-Stange konnten weder sie selbst noch ihre Führung ausreichend steif gefertigt werden, um das Aufzeichnen kompletter Formlinien zu ermöglichen.

Gute Ergebnisse werden durch punktweises Abtasten der betreffenden Formlinie erreicht. Um ein Ablenken der Tastspitze beim Auftreffen auf die Arbeitsfläche möglichst zu verhindern, wurden der Taststift und die Arbeitsfläche des Pflugkörpers über einen Stromkreis verbunden. Das Aufleuchten einer Glühlampe signalisiert die Berührung der Arbeitsfläche durch den Taststab.

Zu den Vorzügen eines Profilografen gehören:

- sofortige Auswertbarkeit des Profilogramms einer Arbeitsfläche in einer Ansicht nach Beendigung des Abtastvorgangs
- unmittelbarer Soll-Ist-Vergleich gekrümmter Flächen durch Eintragen des Profilogramms der Ist-Fläche auf eine Zeichnung des Sollzustands
- Möglichkeit des Einrichtens gekrümmter Flächen im Raum anhand der Sollwert-Zeichnung.

Die beiden zuletzt aufgeführten Anwendungsbeispiele eines Profilografen tragen wesentlich

zur Erhöhung der Fertigungsgenauigkeit von Streichblechen und Pflugkörpern bei, da Fehler an den gekrümmten Flächen in den einzelnen Fertigungsstufen (Modell, Laminat, Preßwerkzeug) erkannt und korrigiert werden können.

2.3. Vermessung anhand des Lichtschnittverfahrens

Bestandteil des erforderlichen Gerätesatzes ist analog zum Profilografen eine Vorrichtung, auf der der Pflugkörper ausgerichtet und aufgespannt wird und durch die der Pflugkörper in einer Hauptrichtung bewegt werden kann.

Um die Fehler der mechanischen Abtastvorrichtung auszuschließen, wird mit Hilfe eines Diaprojektors eine Lichtebene erzeugt, die senkrecht zur Bewegungsrichtung des Pflugkörpers steht und die Arbeitsfläche schneidet. Die erforderliche Blende kann leicht erzeugt werden, indem das Negativ einer Aufnahme eines schwarzen Striches auf einer weißen Papierfläche als Dia eingesetzt wird. Durch einen Fotoapparat, dessen Filmebene parallel zur Lichtebene ausgerichtet ist, dessen Objektivrichtung also parallel zur Bewegungsrichtung des Pflugkörpers verläuft, wird die bei verdunkeltem Raum auf der weiß gestrichelten Arbeitsfläche sichtbare Schnittlinie aufgenommen. Bei schrittweiser Bewegung des Pflugkörpers entsteht eine Schar von Formlinien, die, vereint auf einem Negativ, ein fertiges Profilogramm auf dem Film ergeben. Zur späteren Ausmessung ist dieses Negativ durch die Aufnahme eines Vergleichsmaßstabs zu ergänzen. Vorteilhaft ist es gleichfalls, mit Hilfe von Lichtkasten und Schablonen das Profilogramm bereits auf dem Negativ zu kennzeichnen. Durch Rückvergrößerung mit Projektor oder auf Fotopapier kann ein Profilogramm in einem beliebigen Maßstab erzeugt werden.

Die Fehler eines Lichtschnittprofilogramms sind klein, wenn Pflugkörper, Wagen, Diaprojektor und Fotoapparat präzise ausgerichtet wurden. Die Zeit für die Vermessung der Arbeitsfläche ist geringer, und im Vergleich zum Profilograf-Verfahren ist der Vorgang einfacher. Ein auswertbares Profilogramm liegt allerdings durch die anschließenden Dunkelkammerarbeiten erst später vor. Schwierigkeiten können bei der Rückvergrößerung großer Körper auf den Maßstab 1:1 auftreten, da übliche Dunkelkammereinrichtungen für solche Arbeiten nicht geeignet sind.

Das Lichtschnittverfahren ist besonders dann vorteilhaft einzusetzen, wenn von einer größeren Anzahl von Arbeitsflächen Profilogramme mit einer hohen Genauigkeit im verkleinerten Maßstab zu ermitteln sind.

2.4. Fotogrammetrische Vermessung

Der Pflugkörper ist in Richtung einer der Koordinatenachsen zu fotografieren. Mit Hilfe eines Gerätesatzes können die Bildkoordinaten gemessen und in Raumkoordinaten umgerechnet, digital ausgegeben oder über eine angeschlossene Zeichenmaschine als Formlinien gezeichnet werden. Das Prinzip kann sowohl mit üblichen Kameras unter Verwendung raumfester Punkte als auch mit Stereokameras realisiert werden.

Der Vorteil dieses Verfahrens liegt in dem geringen apparatetechnischen und zeitlichen Aufwand zur Erstellung des Pflugkörpernegativs. Sein Nachteil besteht im hohen apparatetechnischen Aufwand zur Auswertung des Bildnegativs. Da die Auswertegeräteinheit den wenigsten Betrieben zur Verfügung stehen wird, ergibt sich eine zusätzliche Abhängigkeit von einem Kooperationspartner. Aufgrund des

geringen vom Anwender zu schaffenden gerätetechnischen Aufwands ist das Verfahren für einzelne Körpervermessungen anwendbar. Der eigentliche Nutzen tritt jedoch erst dann auf, wenn die digitalisierten, in EDV-gerechter Form vorliegenden Meßwerte zur weiteren Verrechnung genutzt werden.

2.5. Vermessung mit 3D-Meßmaschinen

3D-Meßmaschinen können ein Meßobjekt mit großer Genauigkeit mechanisch abtasten und die Koordinaten über angeschlossene Rechner und Zeichenmaschinen in beliebiger Form ausgeben.

Ihr Einsatz ist nur dann sinnvoll, wenn die hohe Meßgenauigkeit oder die Möglichkeiten der Verrechnung der aufgenommenen Meßwerte die Wartezeiten bis zur Einordnung dieses Problems in die Einsatzplanung einer 3D-Maschine rechtfertigen [2].

3. Zusammenfassung

Profilogramme der Arbeitsflächen von Pflugkörpern ermöglichen die Ermittlung geometrischer Kenngrößen von Pflugkörpern. Sie sind gleichzeitig eine Ergänzung des Komplexes

geometrischer Kenngrößen, da sie die Arbeitsflächen umfassender beschreiben. Die Verfahren und Vorrichtungen zur Ermittlung von Profilogrammen werden beschrieben und bewertet. Die Festlegung eines geeigneten Verfahrens ist abhängig von dem Ziel der Profilogrammermittlung, der Menge der zu vermessenden Arbeitsflächen sowie den betrieblichen Bedingungen und Nebenforderungen.

Literatur

- [1] Seidenstücker, U., u. a.: Vorrichtung zum mechanischen Abtasten von gekrümmten Flächen. NV, Reg.-Nr. des FZM Schlieben/Bornim 11/3/80.
- [2] Hentschel, B.: Einsatz einer 3D-Meßmaschine im Großwerkzeugbau. Fertigungstechnik und Betrieb 29 (1979) H. 6, S. 360—363.

A 2885

Zum Einfluß der physikalischen Eigenschaften der festen Mineraldünger auf ihren effektiven Einsatz

Dr. W. Brinschwitz, KDT/Prof. Dr. sc. O. Hagemann, Institut für Düngungsforschung Leipzig/Potsdam der AdL der DDR

1. Einleitung

Der Gebrauchswert eines Mineraldüngers wird neben der Düngewirkung auch durch seine physikalischen Eigenschaften bestimmt. Die Kenntnis der einzelnen physikalischen Eigenschaften ist eine wesentliche Voraussetzung für die Verfahrensentwicklung und -gestaltung beim Produzenten, Transportträger und beim Anwender in der Landwirtschaft. Auch die Entwicklung von Mechanisierungsmitteln und baulicher Anlagen wird beeinflusst.

Während die chemischen Eigenschaften der Mineraldünger in großer Breite und zumeist nach abgestimmter Methodik untersucht werden, fehlt eine durchgängige Charakterisierung der Dünger hinsichtlich ihrer physikalischen Eigenschaften. Auch deren Veränderungen von der Herstellung bis zur Anwendung sind weitestgehend unbekannt und werden meist nicht beachtet. Letztlich kann im ungünstigsten Fall ein Produkt zur Ausbringung vorliegen, dessen Eigenschaften stark vom Standardprodukt abweichen, wobei die Ausmaße der Abweichungen und ihre Auswirkungen bei der Applikation zumeist nicht genau bekannt sind.

Mit steigender Düngeraufwandmenge wachsen jedoch die Anforderungen an die Verteilgenauigkeit bei der Ausbringung. Bei den häufig am Pflanzenbestand zu beobachtenden Streuungenauigkeiten ist in den meisten Fällen der Anteil der physikalischen Eigenschaften und der des Düngerstreuers schwierig zu quantifizieren, zumal sich in der „losen Kette“ die einzelnen Düngerchargen deutlich voneinander unterscheiden.

Bei der Untersuchung und Betrachtung der physikalischen Eigenschaften erscheint es zweckmäßig, diese in Körnungseigenschaften

— hier steht das Einzelkorn mit seiner Variationsbreite im Mittelpunkt der Beurteilung— und in Schüttungs- oder Haufwerkseigenschaften zu unterscheiden.

Als wesentliche physikalische Eigenschaften der Mineraldünger sind zu nennen:

- Körnungseigenschaften
 - Korngrößenzusammensetzung
 - Kornfestigkeit (statische, dynamische, Abriebfestigkeit)
 - Kornform
- Schüttungseigenschaften
 - Schütt- und Rütteldichte
 - Schüttwinkel
 - Reibeigenschaften
 - Fließverhalten
 - Segregations- und Staubneigung
 - Hygroskopizität
 - Verträglichkeit und Mischbarkeit.

Die einzelnen Eigenschaften beeinflussen sich wechselseitig, d.h. mit der Änderung einer physikalischen Eigenschaft werden die meisten anderen verändert.

2. Aufgabenstellung und Methoden

In umfangreichen Laboruntersuchungen waren die wesentlichen physikalischen Eigenschaften des Düngersortiments der DDR und einiger internationaler Vergleichsprodukte zu bestimmen. Neben bekannten und z. T. standardisierten Methoden waren neue Prüfverfahren zu entwickeln. Im einzelnen wurden folgende Methoden¹⁾ angewendet:

— Prüfung der *statischen Kornfestigkeit* mit Hilfe der Festigkeitsprüfmaschine FU 1000e und ZE 200 sowie mit dem Höppler-Konsistometer. Je 20 Granulate einer Korngröße $\pm 0,1$ mm werden hintereinander zwischen zwei parallelen Scheiben zer-

drückt und die mittlere Kraft zu ihrer Zerstörung als Maß für die statische Kornfestigkeit berechnet. Vorher war der Einfluß der Prüfgeschwindigkeit zu ermitteln (Bild 1). Danach wurde eine Prüfgeschwindigkeit von 2 bis 3 mm/min für die weiteren Arbeiten festgelegt.

— Prüfung der *dynamischen Kornfestigkeit* (Aufprallfestigkeit) mit Hilfe des Shatter-Tests. Die Untersuchungen erfolgten im Forschungsinstitut der chemischen Grundindustrie in Veszprem (UVR). Eine bestimmte Menge Dünger, auf eine Korngröße von 1 bis 2 bzw. 1 bis 4 mm abgesiebt, wird mit Druckluft in Abstufungen zwischen $1 \cdot 10^5$ und $5 \cdot 10^5$ Pa beschleunigt und gegen eine Prallplatte geschleudert. Danach wird das entstehende Unterkorn abgesiebt und

Bild 1. Einfluß der Prüfgeschwindigkeit der elektronischen Prüfmaschine FU 1000e auf die Werte der statischen Kornfestigkeit bei Ammophos (UdSSR, $\varnothing 3$ mm)

