

Erfahrungen bei der Warmlufttrocknung von Häckselhalbheu im Unterflur-Rostkanalsystem

Dr. agr. K.-H. Stangler, KDT/Dipl.-Ing. K. Swieczkowski

Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

1. Aufgabenstellung

In der DDR sind in den kommenden Jahren mehr als 1 Mill. t Heu/Jahr in guter Qualität, mit geringsten Aufwendungen und Kosten zu produzieren [1]. Auf die Verfahren der Heuproduktion übt die Wetterlage zum Schnitzeitpunkt einen ganz entscheidenden Einfluß aus. Unter den in der DDR gegebenen klimatischen Bedingungen kann nach dem langjährigen statistischen Mittel von Ende Mai bis Anfang September nur mit 3 bis 4 Schönwetterperioden mit 5 bis 6 zusammenhängenden „Heutagen“ gerechnet werden. Das beschränkt den Zeitraum der Dürreheuproduktion. Ein Teil des Heus muß deshalb auf Unterdachtrocknungsanlagen fertiggetrocknet werden [2].

Den Pflanzenproduktionsbetrieben stehen dazu das Teilkanal-Rostsystem sowie Unterflur-Rostkanalanlagen (TGL 21676/01 und 02) zur Verfügung, über deren Betrieb mit Kaltluft bereits ausführlich berichtet wurde [3, 4]. Der Halbheutrocknung mit Kaltluft sind in Abhängigkeit vom Witterungsverlauf, von den Sorptionsisothermen der Futterpflanzen und den bekannten Parametern der Belüftungsanlagen Grenzen gesetzt. Vor allem bei anhaltend ungünstiger Witterung nach der Einlagerung ist eine zügige Trocknung nicht gewährleistet. Dazu kommt, daß in den letzten Jahren in Abhängigkeit von der botanischen Zusammensetzung der Futterbestände (enges Blatt-Stengel-Verhältnis durch hohe N-Gaben und Gülleeinsatz), den Ernteverfahren und den Verfahren der Einlagerung nicht nur die Einlagerungsfeuchten, sondern auch die Lagerdichten ($> 200 \text{ kg/m}^3$) stark angestiegen sind. Das bedeutet, daß große Wassermengen bei hohem Strömungswiderstand abgeführt werden müssen. Zur Heubelüftung werden Axiallüfter eingesetzt. Bei ihnen verursacht erhöhter Strömungswiderstand einen starken Abfall der geförderten Luftmenge und damit ein Absinken der Trocknungsgeschwindigkeit. Durch eine Erwärmung läßt sich das Wasseraufnahmevermögen der Luft und damit die Trocknungsgeschwindigkeit beträchtlich steigern. Aufgabe von Forschungsarbeiten war es, den Einsatz angewärmter Luft in Kaltbelüftungsanlagen zu untersuchen, zu beurteilen und entsprechende Schlußfolgerungen zu ziehen.

2. Grundlagen zum Warmlufteinsatz

Die aus den Futterpflanzen abzuführenden Wassermengen können durch atmosphärische Luft entzogen werden. Der Grad des Wasserentzugs wird von relativer Feuchte und Temperatur der Luft sowie vom Trocknungsgrad der Futterpflanzen bestimmt. Quantitativ werden diese Zusammenhänge durch die Sorptionsisothermen beschrieben.

Auf Grundlage der in der DDR vorhandenen klimatischen Bedingungen und in Abhängigkeit von den Sorptionsisothermen der verschiedenen Futterpflanzen nimmt 1 m^3 atmosphärischer Luft an „Heutagen“ (entsprechend dem Belüftungsklimatgebiet) zwischen 0,5 und 2,4 g Wasser auf [5].

Durch Anwärmung der Luft wird ihr Trocknungsdefizit erhöht. Damit werden eine schnellere Verdunstung erreicht, Nährstoffverluste

und Schimmelbildung vermieden und im Extremfall die Brandgefahr durch Selbstentzündung beseitigt.

Trotz der zu erwartenden höheren Aufwendungen wurden deshalb national und international zahlreiche Versuche mit vorgewärmter Luft bei der Unterdachtrocknung von Heu durchgeführt.

In einigen Ländern wurde in den letzten Jahren mit der Anwendung der Warmbelüftung in der Praxis begonnen. Die dabei gewonnenen Erfahrungen lassen sich wie folgt zusammenfassen [6]:

— Die Warmbelüftung ist technisch komplizierter, energieaufwendiger und teurer als die Kaltbelüftung. Die Vorteile für den Anwender liegen darin, daß früher eingefahren, die vorgeschriebenen Trocknungszeiten eingehalten werden können und bei anhaltenden Schlechtwetterlagen nach der Ernte ohne Risiko des Verderbs die Lagerfähigkeit gesichert wird. Eine Warmbelüftungsanlage ermöglicht demzufolge die Einlagerung feuchteren Gutes, eine Verminderung des Witterungsrisikos und der Konservierungsverluste.

— Je niedriger der Trockensubstanzgehalt des Halmgutes und je höher die Luftanwärmung sind, um so größer ist die Gefahr der Schimmelbildung. Die vorgewärmte Luft erwärmt auch den Halbheustapel. In Verbindung mit dessen Gutfeuchte bilden sich unerwünschte Lebensbedingungen für Mikroben. Im Bereich von 25 bis 38°C entwickeln sich vor allem mesophile Keime. Neben der Schimmelbildung kommt es zu Nährstoffverlusten. Um diese Entwicklung zu unterbinden, muß die Warmbelüftung in maximal 60 h abgeschlossen sein.

— Im praktischen Trocknungsbetrieb sind meßtechnische Kontrollen folgender Parameter unerlässlich:

— Außenluft (Temperatur, relative Feuchte)

— Trocknungsgut (Trockensubstanzgehalt, Masse, Schichthöhen)

— Trocknungsluft (Temperatur, statischer Druck)

— Abluft (Temperatur, relative Feuchte).

Nur durch einen entsprechenden Betrieb der Anlage können die Einhaltung der erforderlichen Parameter und damit ein Trocknungserfolg erzielt werden.

— Die Belüftung mit vorgewärmter Luft erfordert eine lockere und gleichmäßige Beschickung der Belüftungsanlage. Ungleichmäßige Beschickung und partielle Verdichtungen führen an einzelnen Stellen zu Kondensationszonen, zur Übertrocknung anderer Stellen und damit zu Luftverlusten.

Je höher die Luft erwärmt wird, um so sorgfältiger muß beschickt und die Schichthöhe auf die Anlageparameter abgestimmt werden.

— In Abhängigkeit von der Luftanwärmung ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an die Belüftungsanlagen. Es wird mit spezifischen Luftmengen von 0,07 bis $0,35 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$ gearbeitet. Die empfohlenen

Luftanwärmungen reichen von 3 bis 75 K. Luftanwärmungen ab etwa 15 K erfordern Satzrocknungsanlagen, von denen das Trocknungsgut nach der Trocknung abgeräumt werden muß.

Luftanwärmungen um 3 bis maximal 9 K bedürfen keiner besonderen Vorkehrungen. Sie sind auch in Belüftungsanlagen anwendbar, die gleichzeitig als Endlager dienen.

— Die Wärmeübertragung an die Trocknungsluft muß aufgrund der hohen Brandgefahr über Wärmetauscher erfolgen. Zur Einstellung der erforderlichen Luftanwärmung müssen die Wärmequellen im Dauerbetrieb bis auf etwa $\frac{1}{3}$ ihrer Nennleistung herabregelbar sein. Unter diesem Gesichtspunkt eignen sich besonders Ölheizgeräte. Mobilen Aggregaten ist dabei der Vorzug zu geben.

In den letzten Jahren werden vor allem in den Staaten des RGW und in nord-europäischen Ländern verstärkt Anstrengungen zur Nutzung alternativer Energiequellen, wie Sonnenenergie und Anfallwärme, für die Luftanwärmung unternommen.

— In Abhängigkeit von den aufgeführten Problemen und der Forderung nach rationellem Energieeinsatz wird zunehmend eine Kompromißlösung, die intermittierende Warmbelüftung, angestrebt. Bei ihr wird der Warmlufteinsatz

● auf die Anfangs- und Endphase der Trocknung

● zur Überwindung von Schlechtwetterperioden

● auf hochwertiges Gut

begrenzt. In der restlichen Zeit wird kaltbelüftet.

3. Ergebnisse des Einsatzes von Warmluft in Unterflur-Rostkanalanlagen

Vom Forschungszentrum für Mechanisierung Schlieben/Bornim wurden über zwei Jahre Belüftungsversuche mit angewärmter Luft in Unterflur-Rostkanalanlagen durchgeführt [7]. Zur Wärmeerzeugung wurde ein stationärer Luftheizofen vom Typ Müritz 16 eingesetzt (Bild 1). Er liefert $5000 \text{ m}^3/\text{h}$ Luft, die um maximal 75 K vorgewärmt werden kann. Dazu waren stündlich 18 l Dieseldieselkraftstoff oder Heizöl und 3,3 kWh Elektroenergie erforderlich. Die isolierten Zuleitungen zu den Belüftungsanlagen wiesen ein Temperaturgefälle von 5 K auf. Mit den Schiebern der Verteilkästen wurde der Warmluftstrom so reguliert, daß nach der Mischung mit Kaltluft die Temperaturen der Trocknungsluft bis zu 14 K über denen der Außenluft lagen.

Die Untersuchungen wurden mit einem Parallelversuch zur Kalt- und Warmbelüftung, bei dem Luzernehäcksel zum Einsatz kam, begonnen (Tafel 1). Die Temperaturerhöhung im Unterflurkanal betrug 14 K. Trotz diesigen Wetters und Niederschläge erfolgte eine zügige Trocknung. Bereits nach 30 Stunden war sie in der Anlagenmitte beendet. In den Randzonen wurden dagegen nur sehr geringe Fortschritte erzielt. Bei einer Kanaltemperatur von 27,5°C wurden auf der Stapeloberfläche Ablufttempe-

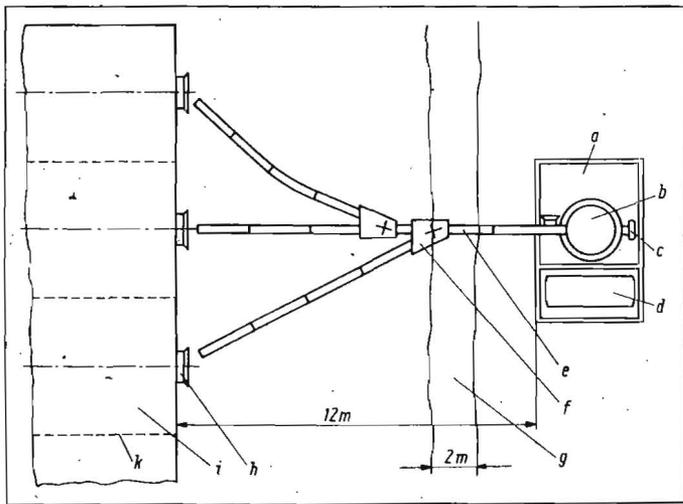


Bild 1. Versuchsanlage;
a Heizhaus, b Wärmetauscher des Ofens, c Ölbrenner, d Tank, e Gebläseleitung (Ø 310 mm, isoliert), f Verteilerkasten, g Schutzstreifen, h Lüfter LANV 1000, i Bergeraum, k Trennwände

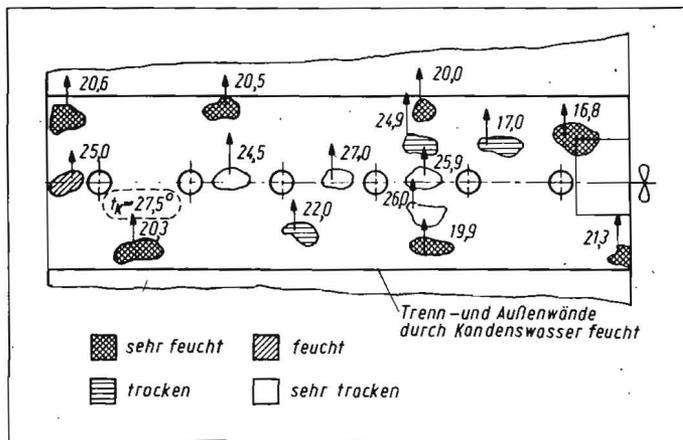


Bild 2. Temperaturverlauf nach 47 Betriebsstunden (Luftanwärmung 14 K)

temperaturen von 18,8 bis 27,0°C gemessen, d. h., daß ein Großteil der angewärmten Luft den Stapel ungenutzt verließ, vor allem über die bereits übertrocknete Anlagemitte (Bild 2). Nach drei Tagen war in der warmbelüfteten Anlage die Trocknung abgeschlossen. Im gleichen Zeitraum wurden in der kaltbelüfteten Vergleichsschicht nur sehr geringe Trocknungsschritte erzielt. Als Folge einer Regenperiode mußte noch an weiteren 13 Tagen belüftet werden, um die Trocknung abschließen zu können.

In den vergleichbaren ersten drei Tagen wurde mit der um 14 K erwärmten Luft eine 5,2fache höhere Verdunstung erzielt als in der kaltbelüfteten Vergleichsschicht. Die Belüftungszeit betrug 0,9 h/dt Heu bei der Warmbelüftung und 1,7 h/dt Heu bei der Kaltbelüftung, was den internationalen Erfahrungen und Versuchsergebnissen entspricht [6]. Die bei den Versuchen mit um 14 K erwärmter Luft aufgetretenen Probleme, wie

- Übertrocknung der Stapelmittle
- Luft- und damit Wärmeenergieverluste
- erhöhte Gefahr der Schimmelbildung
- Notwendigkeit der Umschichtung,

führten dazu, bei weiteren Versuchen die Luftanwärmung auf den Bereich von 4 bis 9 K zu beschränken. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in den Tafeln 2 und 3 auszugsweise dargestellt. In Tafel 2 ist ein Vergleich zwischen den mit 4 und 6 K belüfteten Schichten unter günstigen Witterungsbedingungen

Tafel 1. Parallelversuch zur Kalt- und Warmbelüftung von Luzerne unter ungünstigen Witterungsbedingungen

		Luftanwärmung in K	
		0	14
1. bis 3. Belüftungstag			
Einlagerungsmasse	dt	106,5	104
TS-Gehalt bei Einlagerung	%	50,9	47,4
nach 50,25 h	%	56,1	88,9
verdunstete Wassermasse	kg	987	4855
durchgesetzte Luftmenge	m ³	2 308 500	2 142 500
Verdunstung	g/m ³	0,43	2,27
	kg/h	19,6	96,6
nach Trocknungsabschluß			
eingelagerte Trockensubstanz	dt	54,2	54,7
Trockensubstanzverluste (1 Tag 0,75 %)	dt	12,0	2,25
produzierte Trockensubstanz	dt	42,2	52,4
Energieverbrauch	1 DK/dt Heu	—	16,3
	kWh/dt Heu	34,3	13,3

Tafel 2. Ergebnisse ausgewählter Warmbelüftungsversuche mit Gras

		Luftanwärmung in K		
		6	4	Vergleich (6 K ± 100 %)
Trocknungsgut				
Einlagerungsmasse	dt	86	81	—
Trockensubstanzgehalt	%	53,8	55	—
Blatt-Stengel-Verhältnis		1:1,2	1:1,2	—
Häcksellänge	mm	76	76	—
Dichte	kg/m ³	106	92	—
Energieverbrauch				
Lüfter	kWh/dt Heu	10,89	10,27	94,3
Heizung				
Elektroenergie	kWh/dt Heu	1,72	1,13	65,7
Dieselmotorkraftstoff	l/dt Heu	9,28	6,09	65,6
Verdunstung				
	kg H ₂ O/h	72,8	63,1	86,7
	g H ₂ O/m ³ Luft	1,60	1,38	86,3
	MJ/dt Heu	0,381	0,247	64,8
	l H ₂ O/l DK	7,12	8,86	124,4
Trocknungsdauer				
	d	3	3	100
	h/dt Heu	0,91	0,86	97,8
Klima				
Niederschlag	mm	0	0	—
Sonnenscheindauer	h	24,5	24,5	—

dargestellt. Eine kaltbelüftete Vergleichsschicht konnte aus versuchstechnischen Gründen nicht mit angelegt werden. Der Trocknungsverlauf war im Vergleich zum Versuch mit 14 K homogener; die über dem Stapel gemessenen Ablufttemperaturen wichen nur ± 1 K vom Mittelwert ab. Danach wurde ein Trockensubstanzgehalt von 84,7 % (4 K) und 89,3 % (6 K) ermittelt. In der Anlage mit 6 K wurden 571 kg Wasser mehr verdunstet, als zur Herstellung der Lagerfähigkeit erforderlich gewesen wären. Die Belüftung hätte bereits 8 Stunden früher beendet werden können. Damit wäre eine Einsparung von 1441 Dieselkraftstoff und 126 kWh möglich gewesen. Dieses und andere Ergebnisse zeigten, daß bei der Warmbelüftung eine sorgfältige und schnelle Kontrolle des Trockensubstanzgehalts unbedingt erforderlich ist. Weitere vergleichende Untersuchungen mit Kalt- und verschieden temperierter Warmluft ergaben, daß in Unterflur-Rostkanalanlagen Luftanwärmungen bis etwa 6 K problemlos zu beherrschen sind (Tafel 3). Im speziellen Fall

betrug der Trocknungszeitgewinn gegenüber Kaltluft 5 Tage. Der Energieverbrauch war auch hier bei der Warmbelüftung wesentlich höher als bei der Kaltbelüftung. Der Einsatz von um 9,6 K erwärmter Luft brachte bei höherem Aufwand gegenüber der um 6,3 K erwärmten Vergleichsschicht keine praktischen Vorteile. Die ausgewiesene Übertrocknung ist darauf zurückzuführen, daß partielle Feuchtigkeitsnester bei erheblichen Luft- und Wärmeverlusten nachgetrocknet werden mußten. Die Übereinstimmung des gemessenen Brennstoffverbrauchs mit in der Literatur genannten Angaben von anderen Belüftungssystemen [6] bestätigt, daß der erreichte Trocknungswirkungsgrad in Unterflur-Rostkanalanlagen unter Berücksichtigung der mannigfaltigen Einflüsse in der gleichen Größenordnung liegt (Bild 3). Bei der Warmbelüftung sind die Energieaufwendungen insgesamt höher als bei der Kaltbelüftung. Der Verbrauch an Elektroenergie geht zurück, der an Dieselkraftstoff oder Heizöl dominiert.

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 l DK/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

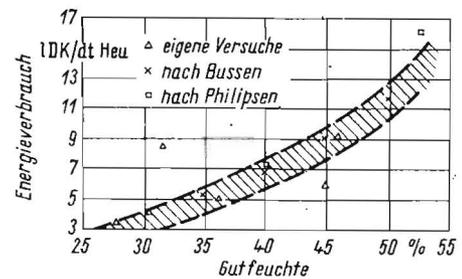


Bild 3. Energieverbrauch bei der Warmbelüftung

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 vorzuziehendes