

wird der Effekt besonders deutlich:

- Bodenintensivzucht L 120:
rd. 30 bis 35 GJ/1000 Junghennen
- Flachkäfigaufzucht L 121:
rd. 17 bis 20 GJ/1000 Junghennen
- Käfigbatterieanlage L 123:
rd. 8 bis 10 GJ/1000 Junghennen.

Diese Relationen sind in der industriemäßigen Geflügelproduktion auf alle Tierarten

und Produktionsstufen übertragbar. Bedenkt man, daß mit Einrichtungen zur Wärmerückgewinnung der Energieverbrauch etwa um 20 bis 25 % gesenkt werden kann, so wird deutlich, daß der Übergang zu Käfigbatterieanlagen im Vergleich dazu einen Effekt erbringt, der von keiner anderen Maßnahme auch nur annähernd erreicht werden kann.

Aus energetischer Sicht ist deshalb eine beschleunigte Ablösung der Boden- und Flachkäfighaltung in der Junghennen- und Elterntieraufzucht anzustreben. Weiterhin ist auch erkennbar, welche Möglichkeiten sich durch den Einsatz von mehretägigen Käfigbatterien in der Broilermast eröffnen würden. A 5029

Feststoffentwässerung durch Schwerkraft

Dr. agr. H. Kühl, KDT, Wilhelm-Pieck-Universität Rostock, Sektion Tierproduktion

Verwendete Formelzeichen

A_f	m ²	durchströmter Querschnitt
b	m	Breite der Feststoffschüttung
$\frac{dV}{dt}$	m ³ /s	Flüssigkeitsmenge in der Zeiteinheit
h	m	Höhe der Feststoffschüttung
k	m/s	Durchlässigkeitskoeffizient
m_{AFI}	m ³	Menge der aus dem Feststoff abzuführenden Flüssigkeit
t_E	s	Entwässerungszeit

1. Einleitung

Die Trennung von Schweinegülle in die flüssige und feste Phase erfolgt überwiegend durch die Nutzung von Zentrifugal- oder Druckkräften [1, 2, 3]. Derartige Verfahren haben den Vorteil, daß ein Feststoff mit einem Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt) von mehr als 25 % erzeugt wird, so daß seine Lagerung auf unbefestigten Flächen und sein Transport ohne spezielle oder abgedichtete Fahrzeuge möglich ist. Der Nachteil dieser Verfahren besteht im hohen erforderlichen Energieaufwand.

Eine Verringerung des Energieaufwands für den Trennprozeß und die Feststoffentwässerung durch die Veränderung der Operationsenergie ist möglich. So ist die Fest-Flüssig-Trennung von Schweinegülle durch das Siebtrennen unter Nutzung der Schwerkraft mit relativ geringem Energieaufwand durchführbar [1, 4]. Allerdings hat der produzierte Feststoff hierbei einen TS-Gehalt von unter 15%. Er ist damit unter den o. g. Gesichtspunkten nicht lager- und transportfähig, so daß eine Feststoffentwässerung erforderlich ist.

Zur Minimierung des Energieaufwands für die Feststoffentwässerung ist die Nutzung der Schwerkraft als Operationsenergie für den Entwässerungsprozeß ebenfalls anzu-

streben. Daher ist die Eignung des durch Siebtrennen gewonnenen Feststoffs für ein derartiges Entwässerungsverfahren von Interesse, so daß sich folgende Fragestellungen ergeben:

- Wie entwässert ein Feststoff, und wovon ist seine Entwässerungsfähigkeit abhängig?
- Wie kann Feststoff mit einer guten Entwässerungsfähigkeit erzeugt werden?
- Welche Faktoren bestimmen die Gestaltung und Bewirtschaftung einer Anlage zur Feststoffentwässerung?
- Wie hoch ist der Energieaufwand bei Anwendung dieses Verfahrens im Vergleich zu anderen?

2. Entwässerungsfähigkeit und -verlauf beim Feststoff

Die Entwässerungsfähigkeit des Feststoffs wird durch seine Stoffkenngrößen bestimmt. Dabei hat die Korngrößenverteilung des Feststoffs besondere Bedeutung, weil sie ein Maßstab für die Porengeometrie in einer Feststoffschüttung ist. Diese Porengeometrie beeinflußt wiederum die Flüssigkeitsströ-

mung in der Feststoffschüttung und aus der Feststoffschüttung heraus.

Die Korngrößenverteilungen wichen bei Feststoffen, die durch die Fest-Flüssig-Trennung von Schweinegülle mit Bogensieben gewonnen wurden, erheblich voneinander ab (Bild 1). Aufgrund dieser Abweichungen schwankte der wirksame Korndurchmesser der Feststoffpartien, der eine Kenngröße ist, die aus den Werten der Korngrößenverteilung errechnet wird und einen Vergleich der Feststoffpartien ermöglicht, zwischen 0,37 mm und 1,35 mm. So hatten Feststoffpartien mit einem hohen Anteil feinkörniger Bestandteile einen niedrigen und solche mit einem geringen Anteil derartiger Bestandteile einen großen wirksamen Korndurchmesser.

Die Korngrößenverteilung des Feststoffs und damit der wirksame Korndurchmesser sind gleichzeitig Ausgangsgrößen für die Beurteilung der Durchlässigkeit des Feststoffs und die Berechnung des Durchlässigkeitskoeffizienten [5, 6]. Dieser Durchlässigkeitskoeffizient ist ein Geschwindigkeitsbeiwert zur Beschreibung der Strömungsvorgänge in Feststoffschüttungen. Durch ihn ist daher eine direkte Beurteilung der Entwässerungsfähigkeit von Feststoffen möglich. Ein niedriger Wert für den Durchlässigkeitskoeffizienten ist gleichbedeutend mit einer schlechten Entwässerungsfähigkeit des Feststoffs, während ein hoher Wert einen Feststoff mit guter Entwässerungsfähigkeit charakterisiert. Die Durchlässigkeitskoeffizienten für die im Bild 1 durch ihre Korngrößenverteilung beschriebenen Feststoffe liegen zwischen 10^{-8} m/s und $3,3 \cdot 10^{-7}$ m/s. Diese Werte bedeuten, daß die Entwässerungsfähigkeit der Feststoffe allgemein schlecht ist.

Der Entwässerungsverlauf ist bei der Feststoffentwässerung durch hohe Abflußmengen am Beginn des Entwässerungsvorgangs gekennzeichnet (Bild 2). Die Abflußmengen verringern sich in Abhängigkeit vom Volumen der Feststoffschüttung in wenigen Minuten oder Stunden erheblich. Sie haben während des größten Teils der Entwässerungszeit ein niedriges Niveau. Eine wesentliche Ursache für diesen Entwässerungsverlauf ist der Transport feiner Feststoffteile durch die auslaufende Gülleflüssigkeit in die unteren Schichten der Feststoffschüttung. Hier setzt sich ein Teil dieser Feststoffpartikel in den Poren der Feststoffschüttung ab und verändert dadurch die Porengeometrie.

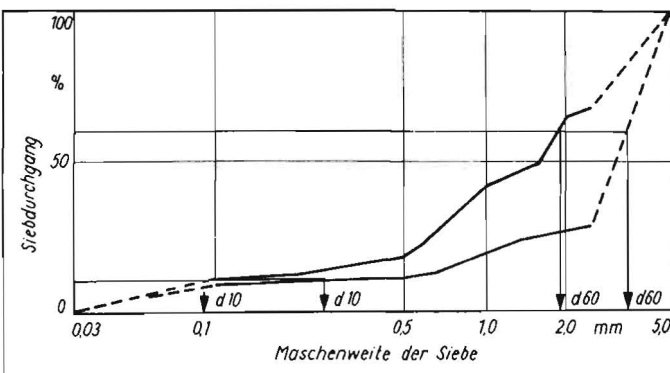
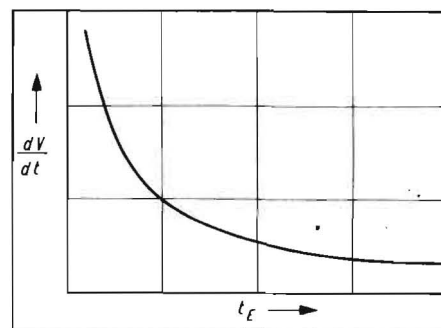


Bild 2 Entwässerungsverlauf in Feststoffschüttungen

Bild 1 Verteilung der Korngrößen im Feststoff aus Schweinegülle; d10, d60 Durchmesser der Feststoffteile in mm bei 10% bzw. 60% Siebdurchgang, bezogen auf die gesamte Feststoffmenge



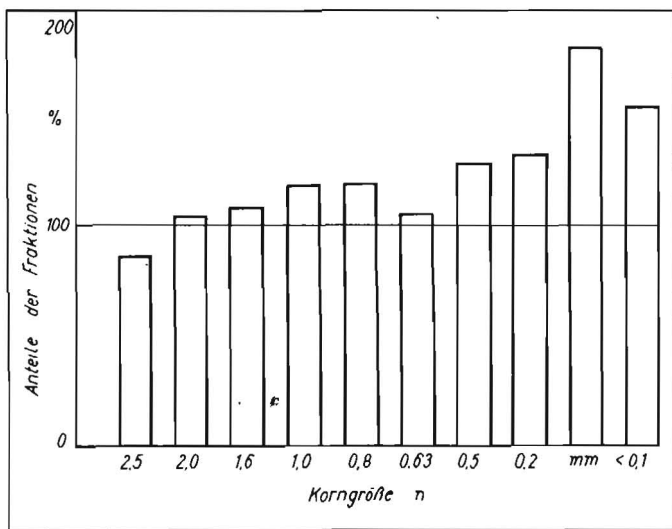


Bild 3. Veränderung der Korngrößenanteile in der unteren Schicht von Feststoffschüttungen durch Teilchentransport (beim Ausgangsmaterial wurde der Anteil jeder Fraktion gleich 100 gesetzt)

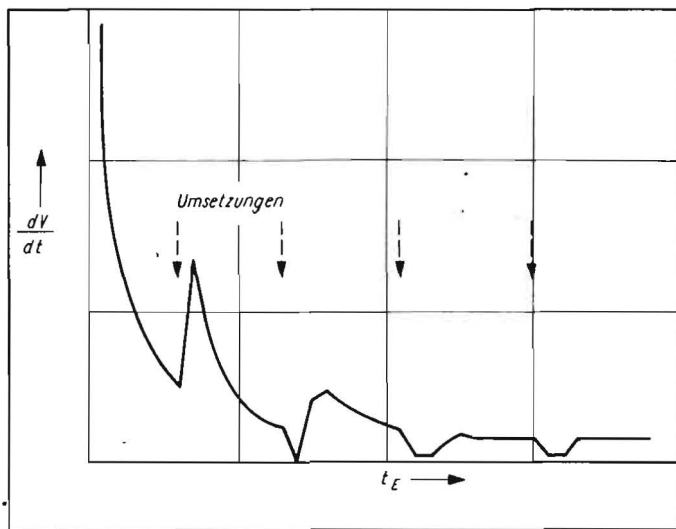


Bild 4. Beeinflussung des Entwässerungsverlaufs durch Umsetzen der Feststoffschüttungen

Die Folge ist eine Verkleinerung der Durchlässigkeit des Feststoffs.

Die Anreicherung feiner Feststoffbestandteile in der unteren Schicht von Feststoffschüttungen durch diesen Vorgang konnte in Versuchen nachgewiesen werden (Bild 3). Als Ergebnis derartiger Vorgänge verringerte sich z. B. der wirksame Korndurchmesser in der unteren Schicht der Feststoffschüttungen von 1,2 auf 0,95 mm.

Eine Einflußnahme auf den Entwässerungsverlauf ist durch das Umsetzen der Feststoffschüttungen möglich. Hierdurch wird die Porengeometrie und damit die Durchlässigkeit der Feststoffe verändert. Das Ergebnis der Umsetzungen ist eine kurzzeitige Erhöhung der Abflußmengen (Bild 4). Allerdings ist eine Beschleunigung des Entwässerungsvorgangs nur bei insgesamt zwei Umsetzungen erreichbar. Alle weiteren Umsetzungen führten zu keiner Beschleunigung des Entwässerungsvorgangs. Vielmehr ist unmittelbar nach dem Umsetzen der Feststoffschüttung eine Behinderung des Entwässerungsvorgangs festzustellen.

Die während des Entwässerungsvorgangs in der Zeiteinheit aus der Feststoffschüttung ablaufende Flüssigkeitsmenge wird außer von der Korngrößenverteilung auch durch die Abmessung der Feststoffschüttung bestimmt. Der Zusammenhang ist in Gl. (1) dargestellt:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{h}{b} k A_F \quad (1)$$

Im Durchlässigkeitskoeffizienten k sind hierbei alle aus den Stoffkenngrößen der Feststoffe herrührenden Einflußfaktoren zusammengefaßt, während die anderen Faktoren spezielle Abmessungen der Feststoffschüttungen betreffen. Diese Gleichung ermöglicht jedoch keine direkte Aussage über diejenige Zeit, die der Entwässerungsvorgang bis zum Erreichen des Entwässerungsziels dauert. Die Entwässerungszeit ist außer von der Abflußmenge nach Gl. (1) noch von der insgesamt abzuführenden Flüssigkeitsmenge entsprechend Gl. (2) abhängig:

$$t_E = \frac{m_{AFI}}{\frac{dV}{dt}} \quad (2)$$

Hierbei spielt auch der TS-Gehalt als Stoffkenngröße des Feststoffs eine Rolle für die

Dauer der Entwässerung. Je geringer der TS-Gehalt des bei der Siebtrennung abgetrennten Feststoffs ist, um so größer ist die abzuführende Flüssigkeitsmenge, und um so länger dauert auch bei gleicher Durchlässigkeit des Feststoffs seine Entwässerung.

3. Beeinflussung der Entwässerungsfähigkeit des Feststoffs

Da die Entwässerungsfähigkeit von Feststoffen vorrangig von ihren Korngrößenverteilungen abhängt, ist eine Einflußnahme hierauf auch hauptsächlich durch die Beeinflussung dieser Stoffkenngröße möglich. So spielen die feinkörnigen Fraktionen beim Entwässerungsvorgang eine besondere Rolle (Teilchentransport). Eine Einflußnahme auf die Entwässerungsfähigkeit von Feststoffen ist vorrangig dadurch möglich, daß bei der Fest-Flüssig-Trennung von Gülle Feststoffe mit einem möglichst geringen Anteil feinkörniger Bestandteile erzeugt werden.

In welchem Maß eine Einflußnahme auf die Korngrößenverteilung im Feststoff realisierbar ist, kann aus der Korngrößenverteilung des Feststoffs im Schweinekot abgeleitet werden (Tafel 1). Die Fraktionen des Feststoffs im Schweinekot, die beim Siebtrennen im abgetrennten Feststoff verbleiben sollen, können durch die Abmessungen der Sieböffnungen bestimmt werden. Bei Abmessungen der Sieböffnungen von 1 mm x 1 mm würden diejenigen Feststoffteile im abgetrennten Feststoff enthalten sein, deren Abmessungen größer als die der Sieböffnung sind. Auf der Basis der Werte für die entsprechenden Fraktionen in Tafel 1 wäre hierbei ein

Tafel 1. Korngrößenverteilung des Feststoffs im Schweinekot (n = 30)

Korngröße mm	Anteil der Korngröße %	Wertebereich mm	s mm	s% %
2,5	16,5	9,4...30,6	4,8	28,8
2,0	2,7	1,1... 4,1	0,7	19,6
1,6	3,5	1,6... 5,1	0,8	24,1
1,0	12,0	7,7...15,8	2,1	17,7
0,8	3,9	2,6... 5,9	0,8	20,0
0,5	9,6	6,8...14,5	1,8	18,6
0,2	8,1	1,6...12,0	2,6	31,6
0,125	4,5	1,6... 7,4	1,7	37,3
< 0,125	39,2	33,2...46,6	3,9	9,9

Abscheidegrad der Trockensubstanz von mindestens 34,7% zu erwarten. Würden nur Feststoffpartikel mit Kantenlängen größer als 1 mm in den abgetrennten Feststoff gelangen, so ergäbe das einen wirksamen Korndurchmesser um 2 mm. Die Entwässerungsfähigkeit derartiger Feststoffe wäre gut. Aus Bild 1 ist jedoch ersichtlich, daß ein beträchtlicher Anteil der Feststoffpartikel im abgetrennten Feststoff kleinere Abmessungen als die Sieböffnungen hat. Ihr Anteil beträgt bis zu 40%. Der wirksame Korndurchmesser des Feststoffs verringert sich dadurch erheblich, und seine Entwässerungsfähigkeit verschlechtert sich.

Der Anteil an feinkörnigen Bestandteilen, der in den abgetrennten Feststoff gelangt, ist u. a. vom TS-Gehalt der Gülle abhängig, die getrennt werden soll. Je höher der TS-Gehalt der Gülle ist, um so größer ist auch der Anteil feinkörniger Bestandteile, der im abgetrennten Feststoff verbleibt. Die Ursachen hierfür sind u. a. Viskositätsunterschiede in Abhängigkeit vom TS-Gehalt der Gülle und die Veränderung des Verhältnisses von Flüssigkeit und Feststoff in der Gülle [6, 7].

Eine Beeinflussung der Entwässerungsfähigkeit des Feststoffs über die Korngrößenverteilung muß demzufolge beim Trennprozeß erfolgen. Bei der Fest-Flüssig-Trennung von Schweinegülle mit niedrigem TS-Gehalt wird i. allg. ein Feststoff mit guter Entwässerungsfähigkeit gewonnen, während aus Schweinegülle mit hohem TS-Gehalt Feststoff mit schlechter Entwässerungsfähigkeit abgetrennt wird. Diese Tatsache schränkt gleichzeitig den Anwendungsumfang einer Feststoffentwässerung durch Schwerkraft ein. Nach den bisherigen Ergebnissen ist es nicht sinnvoll, dieses Verfahren bei einem durchschnittlichen TS-Gehalt der Schweinegülle von mehr als 3% anzuwenden.

4. Faktoren zur Gestaltung und Bewirtschaftung von Anlagen zur Feststoffentwässerung

Aus den Untersuchungsergebnissen zum Entwässerungsverlauf in Feststoffschüttungen und zur Beeinflussung der Entwässerungsfähigkeit des Feststoffs lassen sich folgende Bedingungen für die Gestaltung und Bewirtschaftung einer Feststoffdeponie ableiten:

Das Gefälle der Feststoffdeponie kann so gering sein, wie es bautechnisch mit vertretbarem Aufwand herzustellen ist. Da für den Entwässerungsvorgang das Oberflächengefälle der Flüssigkeit in Feststoffschüttungen von Bedeutung ist, spielt das Deponiegefälle eine untergeordnete Rolle.

Weiterhin ist bei der Gestaltung einer Deponie zu berücksichtigen, daß zur Unterstützung des Entwässerungsprozesses nur zwei Umsetzungen zweckmäßig sind. (Zur Bewirtschaftung einer Deponie sind daher ebenfalls nur zwei Umsetzungen des Feststoffs notwendig.)

Die Größe einer Deponie muß unter Berücksichtigung der anfallenden Feststoffmenge und der vorgesehenen Lagerzeit des Feststoffs festgelegt werden. Die anfallende Feststoffmenge beträgt beim Siebtrennen von Schweinegülle bei einer Sieblochgröße von 0,8 mm x 1,0 mm 7 bis 8% der Güllemenge. Die notwendige Lagerzeit wird bei gleicher Entwässerungsfähigkeit von Feststoffen von den Abmessungen der Feststoffschüttungen bestimmt. Feststoffschüttungen mit kleinem Volumen entwässern schnell, erfordern jedoch ein häufiges Räumen der Deponie. Die gleiche Feststoffmenge entwässert bei großvolumiger Schüttung zwar langsamer, erfordert aber weniger Deponiefläche, und die Deponie braucht auch seltener geräumt zu werden. Das heißt, daß der Feststoffdurchsatz je m² Deponiefläche unabhängig vom Volumen der Feststoffschüttung bei gleicher Entwässerungsfähigkeit des Feststoffs ebenfalls gleich ist.

5. Bewertung des Energieaufwands

Für die Bewertung des Energieaufwands wurden Verfahren miteinander verglichen, bei denen die Stoffkenngrößen der Gülle und ihrer Trennprodukte vergleichbar waren. Unterschiede bestanden jedoch im Abscheidegrad der Trockensubstanz, der zwischen 40% und 70% schwankte. Der absolute Energieaufwand für die in den Vergleich einbezogenen Verfahren ist in Tafel 2 dargestellt.

Tafel 2. Kalkulation des Energieaufwands bei unterschiedlichen Verfahren zur Fest-Flüssig-Trennung von Gülle (bezogen auf die Trennung von 1000 m³ Gülle)

Prozeßteil	Energieaufwand bei der Bogensieb-/Feststoffentwässerung MJ/1 000 m ³	Fest-Flüssig-Trennung durch	
		Dekanter SKSNh-450 MJ/1 000 m ³	Dekanter SKZSNh-450 MJ/1 000 m ³
Eindicken	—	—	80,6
Trennen	77,4	6 912,0	3 633,0
Fördern	336,4	336,4	336,4
Umsetzen	191,4	—	—
Aufsetzen	170,1	—	—
Laden	170,1	—	—
Transportieren und Entladen	490,0	327,6	544,3
gesamt	1 444,4	7 576,0	4 594,3

Aus den Ergebnissen ist zu ersehen, daß der Energieaufwand bei der Feststoffentwässerung durch Schwerkraft nur 19 bzw. 31% des bei den Vergleichsverfahren benötigten beträgt. Bei der Berechnung des spezifischen Energieaufwands unter Einbeziehung des unterschiedlichen Abscheidegrades der Trockensubstanz sind die Unterschiede mit 19 bzw. 54% nicht ganz so groß. Der Energieaufwand bei der Feststoffentwässerung durch Schwerkraft ist jedoch in jedem Fall erheblich niedriger als bei den Vergleichsverfahren.

6. Zusammenfassung

Die Feststoffentwässerung durch Schwerkraft ist auf einer befestigten Deponie durchführbar. Die Wirksamkeit des Verfahrens hängt von der Entwässerungsfähigkeit des Feststoffs ab. Diese Entwässerungsfähigkeit wird maßgeblich durch den Gehalt an feinkörnigen Bestandteilen im Feststoff bestimmt. Je geringer dieser Gehalt ist, um so besser ist die Entwässerungsfähigkeit des Feststoffs. Ein Feststoff mit diesen Eigenschaften ist vornehmlich bei der Fest-Flüssig-Trennung von Schweinegülle mit einem durchschnittlichen TS-Gehalt bis zu 3% zu gewinnen. Deshalb ist die Anwendung der Feststoffentwässerung durch Schwerkraft beim Anfall trocken-substanzreicher Gülle un-

zweckmäßig. Bei der Anwendung dieses Verfahrens ist eine Verringerung des Energieaufwands um 46 bis 81% gegenüber Verfahren mit vergleichbaren Ergebnissen erreichbar.

Literatur

- [1] Autorenkollektiv: Güllelagerung, -aufbereitung und -ausbringung. Fortschrittsberichte für die Landwirtschaft und Nahrungsgüterwirtschaft, Berlin 20 (1982) 10.
- [2] Blaha, K.; Ruml, M.: Analyse technologischer Verfahren zur Verarbeitung von Schweinegülle. agrartechnik, Berlin 34 (1984) 11, S. 495-499.
- [3] Koriath, H., u. a.: Güllewirtschaft, Gölledüngung. Berlin: VEB Dt. Landwirtschaftsverlag 1975.
- [4] Poelma, H. R.; Zadelhof, A.; Geneijgen, I. van: Mechanisch scheiden van mengmest. Landbouwmecanisatie, Wageningen, (1984) 6, S. 615-617.
- [5] Busch, K.-F.; Luckner, L.: Geohydraulik. Leipzig: VEB Dt. Verlag für Grundstoffindustrie 1972.
- [6] Schubert, H., u. a.: Mechanische Verfahrenstechnik, Teil I und II. Leipzig: VEB Dt. Verlag für Grundstoffindustrie 1979.
- [7] Dimitrieva, V. I., u. a.: Ispol'zovanie stokov životnovodčeskich kompleksov (Verwertung der Gülle aus Tierproduktionsanlagen). Moskau: Rossel'chozizdat 1977 (Arbeitsübersetzung 0752 des VEB Ingenieurbüro für Meliorationen Bad Freienwalde). A 5103

Landtechnische Dissertationen

Am 19. November 1986 verteidigte Dipl.-Ing. Annemarie Olbrich an der Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg erfolgreich ihre Dissertation A zum Thema

„Beitrag zur Maschineneinstellung am Beispiel der Köpfeinrichtungen der Zuckerrübenköpflader 6-ORCS/SC 1-03 und SC 1-04“

Gutachter:

Prof. Dr. sc. techn. P. Jakob, Humboldt-Universität Berlin

Prof. Dr. sc. techn. K. Queitsch, Ingenieurhochschule Berlin-Wartenberg

Prof. Dr. agr. K. Algenstaedt, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim.

Ziel der Arbeit ist die Schaffung grundlegender theoretischer Voraussetzungen für die

Klärung des Zusammenhangs zwischen Maschineneinstellung und Köpfqualität beim Einsatz genannter Rübenköpfeinrichtungen. Aus umfangreichen Kennwertuntersuchungen in Zuckerrübenbeständen der DDR wurden präzisierte Anforderungen an die Einstellbarkeit der Köpfeinrichtungen abgeleitet. Die getriebetechnische Analyse der Köpfeinrichtungen erbrachte die benötigten Erkenntnisse zu den technischen Möglichkeiten der Voreinstellung und selbsttätigen Anpassung der Betriebsparameter an den Bestand sowie zum Reaktionsvermögen der Köpfeinrichtungen in Abhängigkeit von Maschineneinstellung und Bestandskennwerten. Aus dem Vergleich der technischen Möglichkeiten mit den Anforderungen ist abzuleiten, daß sich Fehlköpfungen mit den untersuchten Köpfeinrichtungen vorrangig aus

den Einsatzgrenzen der verwendeten mechanischen Wirkprinzipie in ungleichmäßigen Beständen ergeben:

- Die selbsttätige Anpassung an den Bestand ist beim 6-ORCS vernachlässigbar gering, am SC 1-04 entsprechend der Voreinstellung nur in Stufen realisierbar.
- Aus der Leitstabgeometrie ergeben sich stark einschränkende Anforderungen an Bestandsdichte, Bestandsgleichmäßigkeit und Fahrgeschwindigkeit.

Sowohl die geforderte Ertragssteigerung bei Zuckerrüben als auch die Verbesserung der Köpfqualität sind damit nur durch eine durchgreifende Verbesserung der Bestandsgleichmäßigkeit oder durch Anwendung neuer Wirkprinzipie zu erzielen.