

Verfahrenstechnik des Separierens von Flüssigmist

Von Rüdiger Krause und Rolf Ahlers,
Braunschweig-Völkenrode*)

Mitteilung aus dem Institut für Technologie der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode

Professor Dr.-Ing. Wolfgang Baader zum 60. Geburtstag

DK 631.862:66.066

Intensivtierhaltung erfordert nicht zuletzt eine wenig arbeits- und kostenaufwendige Entsorgung. In dieser Hinsicht sind Flüssigmistsysteme den Festmistverfahren überlegen. Die bislang gegebenen Schwierigkeiten beim Einsatz von Flüssigmist zur gezielten Nährstoffversorgung von Pflanzen lassen sich nur durch eine Verbesserung der technologischen Eigenschaften z.B. durch das Aufteilen von Flüssigmist in unterschiedlich nutzbare Komponenten überwinden.

Die einsatzgerechte Konstruktion oder Auswahl einer solchen Trennvorrichtung setzt die Kenntnis der grundlegenden Trennvorgänge und der verfügbaren technischen Lösungen voraus. Die wichtigsten Beurteilungskriterien werden hier zusammengestellt und soweit möglich quantifiziert, so daß eine Einordnung von Trennverfahren in verschiedene Betriebssysteme und die Optimierung der jeweiligen Maschineneinstellung erleichtert wird.

1. Problemstellung

Viehhaltungsbetriebe können nach dem Tierbesatz (GV/ha) in solche mit Mangel, Ausgleich und Überschuß an wirtschaftseigenen Düngern eingeteilt werden. Insbesondere in den Überschußbetrieben, in der Intensivtierhaltung, haben tierische Exkreme, die vor der industriellen Massenproduktion von Mineraldüngern die Hauptnährstoffquelle in der Pflanzenproduktion ausmachten, aus arbeitswirtschaftlichen Gründen und aufgrund der niedrigen Preise für Mineraldünger (keine Nachfrage nach Wirtschaftsdünger) für eine kurze, leider noch nicht abgeschlossene Dauer den Charakter eines Abfallproduktes bekommen.

Für die in der Bundesrepublik Deutschland anfallenden Mengen (mehr als 200 Mio t/a) ist die umweltneutrale Rückführung in den natürlichen Kreislauf (Recycling – Verwertungsgebot) jedoch eine Notwendigkeit zur Einsparung von knapper und teurer werdenden Ressourcen und Energie und bislang auch ohne sinnvolle Alternative. Durch ein verstärktes Umweltbewußtsein, durch gesetzliche Einschränkungen (Gülleverordnung, Bodenschutzkonzeption) und nicht zuletzt durch den relativ zu Mineraldüngern wieder steigenden Wert ist jedoch in zunehmendem Maße eine gezielte Düngung mit tierischen Exkrementen, d.h. ein Verdrängen von Mineraldüngern durch tierische Exkreme zu erwarten. Dies gilt um so mehr, wenn die Gesamtproduktionskosten, d.h. die Kosten der Entsorgung der Tierproduktion und der Versorgung der Böden mit Nährstoffen unter Berücksichtigung arbeitswirtschaftlicher Belange gesenkt werden können.

*) Dr.-Ing. R. Krause, Wiss. Oberrat, und Dipl.-Ing. R. Ahlers sind Mitarbeiter am Institut für Technologie (Leiter: Prof. Dr.-Ing. W. Baader) der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode.

Aufgrund ihrer chemischen und technologischen Eigenschaften können tierische Exkreme keineswegs mit Mineraldüngern konkurrieren. In vielen Fällen wird es daher erforderlich sein, sie durch physikalische, chemische und biologische Behandlung und Ergänzung mit verschiedenen Zuschlagstoffen zu einem leicht und sicher handhabbaren Volldünger umzuwandeln. Andererseits können einzelne Stoffkomponenten herausgezogen und zu höherwertigen Produkten aufgewertet, vermarktet oder innerbetrieblich eingesetzt werden [1]. Dem Separieren, dem Trennen verschiedener Bestandteile, kommt dabei eine besondere Bedeutung zu.

2. Flüssigmist als Stoff

Jährlich fallen in der Bundesrepublik Deutschland mehr als 200 Mio t tierische Exkreme an. Aus arbeitswirtschaftlichen Gründen gehen auch kleinere Betriebe zunehmend auf Flüssigmistverfahren über, so daß heute bereits mehr als 50 % der Exkreme zum Flüssigmist (Gülle) zu rechnen sind. Flüssigmist ist ein Gemenge aus Kot und Harn, vermischt mit Futter- und Einstreu-resten, mit Wasser sowie mit Fremdkörpern vorwiegend aus Metall, Holz, Stein, Beton, Kunststoff, Mineralien, Klauenteilen und Kleintierkadavern. Flüssigmist ist einerseits ein unvermeidliches Abfallprodukt aus der Viehhaltung und andererseits aufgrund seines Gehaltes an Nähr- und organischen Stoffen ein Wertstoff zur Düngung und Bodenverbesserung in der Pflanzenproduktion oder auch als Futterzusatz.

Problematisch ist Flüssigmist, weil sein Nährstoffgehalt nach Menge und Zusammensetzung in weiten Grenzen schwankt und auch die technologischen Eigenschaften keineswegs konstant sind. Während der unterschiedlichen Lagerzeit führen Sedimentation und Flotation zu einer starken Entmischung mit der Folge einer erschwerten Handhabung. Langfaserige organische Stoffe bilden schwer auflösbare Schwimmschichten, insbesondere Sand und organisches Feinmaterial dagegen umfangreiche Sinkschichten. Jedes Umrühren und Transportieren in offenen Behältern führt zu mehr oder minder starken Geruchsstoffemissionen. Die hohe Viskosität feststoffreichen Flüssigmistes erfordert einen hohen Energiebedarf beim Pumpen und erhöht die Verätzungsgefahr bei Kopfdüngung. Der hohe Anteil an schwer abbaubarer, grob strukturierter organischer Masse bedeutet einen hohen biologischen Sauerstoffbedarf (BSB) bei der aeroben Stabilisierung. Das Verregnen oder das Ausbringen mit Exaktverteiltern scheidet häufig an faserigen Fremdstoffen.

Ein Vergleich von Flüssigmist und Mineraldüngern unter dem Aspekt eines standardisierten Produktionsmittels, *Tafel 1*, fällt damit eindeutig zugunsten des Mineraldüngers aus.

3. Verfahrensziele

Mit dem Abtrennen von Feststoffen aus Flüssigmist wird eine Vielzahl recht unterschiedlicher Ziele verfolgt. Dabei kann das Zentrat (vielfach auch Dickphase oder Filterkuchen genannt) oder das

Mineraldünger (hier: granuliert oder staubförmig)		Wirtschaftsdünger (hier: Flüssigmist)
Zusammensetzung wählbar bekannt gleichbleibend		Zusammensetzung gegeben (Nährstoffverhältnis häufig nicht angemessen) nicht bekannt stark veränderlich (auch während der Lagerung)
Düngewirkung bekannt		Düngewirkung unsicher (bei Kopfdüngung Verätzen möglich)
Bedarfsdüngung möglich		gezielte Düngung schwierig
wahlweise granuliert, staubförmig		flüssig, unterschiedliche Fließfähigkeit
hohe Nährstoffdichte		geringe Nährstoffdichte
gute Lager- und Transportfähigkeit		hohe Lager- und Transportkosten
technolog. Eigenschaften: vorwiegend vorteilhaft schütt- oder rieselfähig abgesackt oder lose gut dosierbar aber neigt zum Klumpen (Brückenbildung)		technolog. Eigenschaften schwierig thixotrop Fließeigenschaften veränderlich Fremdkörper und Faserstoffe gelegentlich Grenze der Pumpbarkeit überschritten schäumend
		unangenehm riechend, teilweise hygienisch bedenklich
Handelsprodukt teuer, Preis steigt mit Energiekosten		als Wirtschaftsdünger stets verfügbar (Abfallprodukt)

Tafel 1. Gegenüberstellung von Stoffkenndaten von Mineraldünger und Wirtschaftsdünger.

Effluent (vielfach als Dünnphease oder Filtrat bezeichnet) als das Zielprodukt und das jeweils andere Produkt als mehr oder minder willkommenes Beiprodukt betrachtet werden. Die wichtigsten Ziele des Separierens sind in Tafel 2 zusammengefaßt.

In der Tafel wird, soweit bekannt, der angestrebte Trockensubstanzgehalt angegeben. Je nach dem Grad der angestrebten Behandlung oder Veredelung und der Möglichkeit, eines der Teilprodukte als hochwertiges Verkaufsprodukt mit gleichbleibenden, garantierten Eigenschaften absetzen zu können, wird der erforderliche Aufwand vertretbar sein.

Zur optimalen Nutzung aller im Flüssigmist enthaltenen Nähr- und Inhaltsstoffe, insbesondere jedoch für Betriebe mit einem ungünstigen Verhältnis von Tierbestand und landwirtschaftlich genutzter Fläche, müssen, sofern eine Teilentsorgung durch außerbetriebliche Verwertung nicht in Frage kommt, alle sinnvollen Möglichkeiten einer Gülleanwendung auch während der Vegetationsperiode als Kopfdünger genutzt werden. Das Bereithalten von Flüssigmist als eines homogenen, pflanzenverträglichen Düngers (ohne die Gefahr von Verätzungsschäden) ist daher eine betriebswirtschaftliche Notwendigkeit. Trockensubstanzgehalte von 5 % oder weniger sind für die Kopfdüngung anzustreben, um das bis heute übliche, teure und transportaufwendige Verdünnen mit Wasser (1 : 1 bis 1 : 5) zu vermeiden. Zur Verminderung des Ablaufes auf geneigten Flächen und der Eutrophierung von Gewässern ist eine hohe Infiltrationsrate anzustreben.

Mit der Verbesserung der technologischen Eigenschaften ist eine ökonomisch nur schwer erfaßbare, aber sicher sehr wesentliche Erhöhung der Effizienz und Funktionssicherheit der Behandlungs- und Verteilverfahren zu erreichen. Ein hoher Feststoffanteil ist im allgemeinen mit einem hohen Nährstoffgehalt verbunden. Lager- und Transportaufwand sinken mit steigendem Trockensubstanzgehalt. Eine Entmischung durch Sedimentation und Flotation findet aufgrund der inneren Struktur bei Trockensubstanzgehalten oberhalb von 10 % praktisch nicht mehr statt. Da jedoch andere Verfahrensziele vorwiegend beim Ausbringen eines so hohen Trockensubstanzgehalt entgegenstehen, sind langfaserige Bestandteile, die zu schwer auflösbaren Schwimmdecken führen, ebenso wie schnell sedimentierende, problematische Sinkschichten bildende Aggregate höherer Dichte vor dem Speichern abzuscheiden und der Trockensubstanzgehalt vor allem für die Kopfdüngung auf Werte um 5 % zu reduzieren. In Erdbecken mit großer Oberfläche ist ein ausreichendes Homogenisieren ohne vorheriges Separieren nur mit großem Zeit- und Energieaufwand möglich. Ein exaktes Verteilen, wie es zu einem gezielten Düngen erforderlich ist, oder Verregnen von Flüssigmist wird häufig erst durch Separieren möglich. Die Verkürzung von Behandlungszeiten, die Einsparung von Energie und Arbeit sind wesentliche positive Effekte des Separierens.

Auch aus hygienischer Sicht erweist sich das Separieren als vorteilhaft, denn z.B.: Salmonellen sterben im Effluent schnell ab. Bei der Gewinnung von Feststoffen wird das Zentrat zum Hauptprodukt. Es wird eine Optimierung der Menge und stofflichen Eigenschaften des Zentrates angestrebt. Durch die Vermarktung können ein Beitrag zur Entsorgung von Betrieben mit hohem Viehbesatz geleistet und die Gesamtkosten des Separierens gedeckt werden.

Auch aus hygienischer Sicht erweist sich das Separieren als vorteilhaft, denn z.B.: Salmonellen sterben im Effluent schnell ab.

Bei der Gewinnung von Feststoffen wird das Zentrat zum Hauptprodukt. Es wird eine Optimierung der Menge und stofflichen Eigenschaften des Zentrates angestrebt. Durch die Vermarktung können ein Beitrag zur Entsorgung von Betrieben mit hohem Viehbesatz geleistet und die Gesamtkosten des Separierens gedeckt werden.

Tafel 2. Verfahrensziele für das Separieren von Flüssigmist.

1. Bereithalten eines flüssigen Düngers für jeden acker- u. pflanzenbaulich sinnvollen Anwendungszeitpunkt	
– homogen (keine Sink- u. Schwimmschichten)	≥ 10 % TS
– Nährstoffverhältnis bekannt u. konstant	≤ 5 % TS
– pflanzenverträglich (kein Verätzen, Verfilzen)	≤ 5 % TS
– hohe Infiltrationsrate (weniger Geruchsemissionen, weniger Hangablauf)	
2. Verbessern der technologischen (rheologischen) Eigenschaften des Effluents	
– Schutz technischer Elemente vor Fremdkörpern	≤ 10 mm
– Vermeiden von Verstopfungen, insbesondere beim Verregnen und Exaktverteilen	≤ 5 % TS
– Vermindern des Zeit- u. Energiebedarfes beim Fördern, Homogenisieren, Belüften, Vergären, Befüllen (Vermeiden von Flotation und Sedimentation)	≤ 5 % TS
– Umspülverfahren	
– kein Wasserzusatz bei Kopfdüngung	
3. Entlasten nachfolgender Behandlungsschritte	
– Vermindern des Anlagenvolumens	
– Vermindern der Verweilzeiten (z.B.: Vermindern BSB ₅)	
– Vermindern des Energiebedarfes (z.B.: Verringern der Viskosität)	
– Erhöhen der Funktionssicherheit	
4. Entlasten der betrieblichen Entsorgung	
– Einsparen von Lagerkapazität	
– Verringern der Nährstoffbelastung	15 ... 30 %
– Ermöglichen der Lagerung in Erdbecken	≤ 5 % TS
5. Gewinnen von Feststoffen	
– zum Kompostieren	
● im Freien (Eigenbedarf)	15 ... 20 % TS
● zum Verkauf	20 % TS (30 ... 45 % TS)
● unter Dach (Zuschlagstoffe erforderlich)	15 ... 18 % TS
– zum Verfüttern	40 ... 50 % TS
– zur Energiegewinnung (Methanisierung, Pyrolyse, Verbrennung)	> 50 % TS
6. Vermindern von Umweltbelastungen	
– gezielter Einsatz als Nährstoff (keine unkontrollierte Abgabe von Nährstoffen in die Umwelt)	
– Vermindern von Geruchsemissionen	
– beschleunigtes Absterben von Krankheitserregern	
– Reinigen bis zur Vorfluterreife	BSB ₅ ≤ 30 mg/l

4. Grundlagen des Trennens, technische Verfahren und Geräte

4.1 Grundlagen [2, 3, 4]

Flüssigmist kann im Sinne der Verfahrenstechnik als disperses System oder als Grobsuspension (Aggregate mit $d > 100 \mu\text{m}$) bezeichnet werden. Die Flüssigkeit mit gelösten (Nähr-)Stoffen bildet die Dispersionsphase; die disperse Phase besteht aus organischen Stoffen (Futter-, Stroh- und Einstreuresten, Haaren, Federn), an die u.a. ebenfalls Nährstoffe gebunden sind und aus anorganischen Stoffen (Sand). Neben den dispergierten Teilen ist in der Regel auch Feststoff in Form von Grobteilen enthalten.

Viskosität, Oberflächenspannung, Partikelgröße und Dichteunterschiede haben wesentlichen Einfluß auf die Trennbarkeit von Suspensionen.

In der Praxis des mechanischen Trennens zur Gewinnung von Trockensubstanz oder zur Verringerung des Feststoffanteils in der Suspension werden zwei Stoffkriterien zu Hilfe genommen:

- Die Dichte und
- die Aggregatgröße.

Die bekannten Grundverfahren der Sedimentation und Flotation einerseits und der Filtration andererseits sowie grundsätzlich für Flüssigmist geeignete Geräte sind in Tafel 3 zusammengefaßt.

Trennkriterium	Dichte		Aggregatgröße	
Verfahren	Sedimentation Absetzverfahren (Schwerkraftentwäss.) Zentrifugieren Hydrozyklonieren	Flotation Abschöpfen Absaugen	Schutzsiebung	Filtration Schwerkraftfiltration Saug-/Druckfiltration Siebfiltration Kuchenfiltration
Geräte	ABSETZANLAGEN Abscheider (Steinfang) Absetzbecken Flotationsbecken ZENTRIFUGEN Zentrifuge Separator Hydrozyklon Filterzentrifuge Dekanter Zentriersieb		FILTERANLAGEN Grobrechen Siebrinne Bogensieb Siebbogenpresse Bogensieb mit Presse Trommelsieb Trommelsieb mit Druckrollen Vibrationssieb Siebbandmaschine Schneckenpresse Hydraul. Presse Filternutsche Kammerfilterpresse Scheibenzellen- u. Blattfilter Strohfiler	

Tafel 3. Verfahren und Geräte zum Trennen von Flüssigmist.

Angestrebt wird ein mehr oder minder guter Trenneffekt mit einer Aufteilung der Gesamtmasse der Trockensubstanz (m_{Z0}) auf das Effluent (m_{Z1}) und das Zentrat (m_{Z2}):

$$m_{Z0} = m_{Z1} + m_{Z2} .$$

Als Abscheidegrad η_f wird das Massenverhältnis zwischen der Trockensubstanz im Zentrat m_{Z2} und der Trockensubstanz in der Grobsuspension m_{Z0} definiert:

$$\eta_f = m_{Z2}/m_{Z0} .$$

Er kann aus den Trockensubstanzgehalten Z aller drei Teilströme errechnet werden:

$$\eta_f = \frac{Z_0 - Z_1}{Z_2 - Z_1} \cdot \frac{Z_2}{Z_0} .$$

Der Trenngrad T ist das Verhältnis der Masse einer Merkmalsklasse, also zum Beispiel einer bestimmten Aggregatfraktion im Zentrat, zu der Masse dieser Merkmalsklasse in der Suspension, beschreibt mithin einen Punkt der Trennkurve, Bild 1.

Das eingezeichnete Beispiel zeigt für die Aggregatlänge x den Trenngrad $T = 0,4$, d.h.: 40 % der Aggregate der Länge x befinden sich nach dem Separieren im Zentrat.

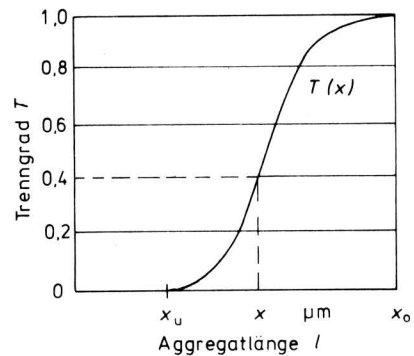


Bild 1. Trenngrad als Funktion der Aggregatlänge.

Die Trennschärfe charakterisiert den Überschneidungsbereich, d.h. den Aggregatgrößenbereich, der nach dem Trennen sowohl im Effluent als auch im Zentrat vorkommt, Bild 2.

Der schraffierte Aggregatlängenbereich ist in der Ausgangssuspension (Q_0), im Effluent (Q_1) und im Zentrat (Q_2) vertreten.

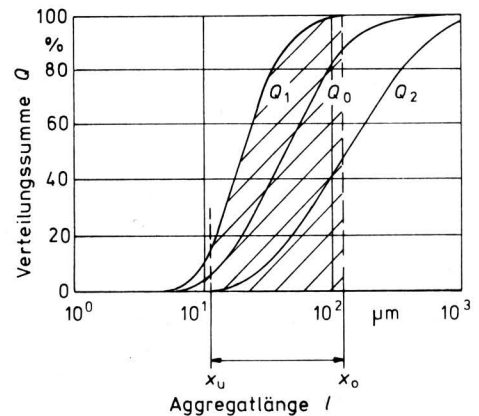


Bild 2. Korngrößenverteilungskurven (Durchgangssumme) von Ausgangssuspension (Q_0), Effluent (Q_1) und Zentrat (Q_2) und Aggregatgrößenbereich (schraffiert), der nach dem Trennen sowohl im Effluent als auch im Zentrat enthalten ist, als Charakteristikum der Trennschärfe.

Abscheidegrad, Trenngrad und Trennschärfe sowie die Aufteilung der Nährstoffe auf die verschiedenen Fraktionen werden vor allem durch die Größe und Form der Sieböffnungen, aber auch durch die Bildung einer Filterschicht und durch die Bewegung des Zentrates auf dem Sieb bestimmt. Bild 3 zeigt, daß der Abscheidegrad erst bei einer Maschenweite $< 1 \text{ mm}$ über 0,5 ansteigt. Bei Rinder-

flüssigmist ist der Abscheidegrad höher als bei Schweineflüssigmist. Der Abscheidegrad steigt bei Flüssigmist gleichen Ursprungs nahezu linear mit dem Trockensubstanzgehalt.

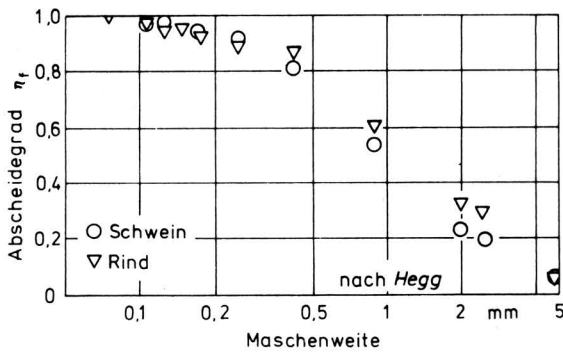


Bild 3. Abscheidegrad in Abhängigkeit von der Maschenweite beim Separieren von Flüssigmist von Schweinen und Rindern; nach Hegg u.a. [5].

Mit Hilfe der Abhängigkeiten

$$m_0 Z_0 = m_1 Z_1 + m_2 Z_2$$

und

$$m_0 = m_1 + m_2$$

können auch die Massenanteile der Teilströme von Effluent (m_1) und Zentrat (m_2) ermittelt werden, Bild 4. Das Nomogramm gestattet, die komplexen Zusammenhänge beim Verändern einzelner Variabler leicht zu erkennen. Man benötigt lediglich die Trockensubstanzgehalte der drei Phasen; die Masse des Zulaufes ist $m_0 = 1$ gesetzt.

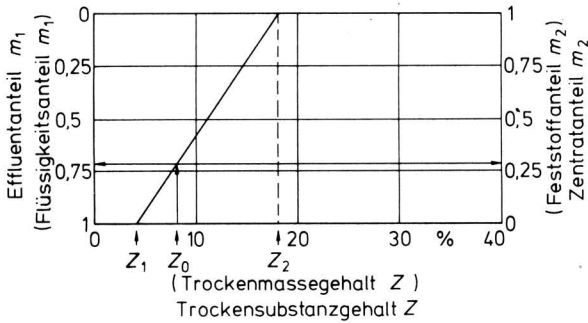


Bild 4. Nomogramm für den Zusammenhang zwischen den Mengen von Effluent (m_1) und Zentrat (m_2) und den zugehörigen Trockensubstanzgehalten Z_0 , Z_1 und Z_2 ; Masse der Ausgangssuspension $m_0 = 1$.

4.2 Verfahren und Geräte [3, 6]

Die im Rahmen des Trennens von Feststoffen aus tierischen Exkrementen eingesetzten Maschinen arbeiten nach dem Schwerkraft- oder Siebverfahren. Dekantierzentrifugen und Siebbandmaschinen, die, sofern überhaupt, fast nur auf Großbetrieben eingesetzt werden, sollen hier nicht weiter behandelt werden [7]. Auch auf Hilfsstoffe zum Konditionieren von Flüssigmist (Flockungshilfsmittel) kann hier nicht eingegangen werden. Stein- und Sand-

fänge sowie Rechenwerke, wie sie in der Abwassertechnik üblich sind, sind in Flüssigmistanlagen selten zu finden. Verfahren, die eine natürliche Schwerkraftentmischung durch Absaugen der homogenen Mittelschicht des Behälters nutzen, haben sich bislang nicht durchsetzen können. In der Landwirtschaft sind z.Zt. vor allem folgende Geräte vertreten:

- Bogensieb
- Doppelbogensieb mit Preßwalzen, Bild 5
- Trommelsieb mit Preßwalzen, Bild 6
- Vibrationsieb, Bild 7
- Filterzentrifuge
- Schneckenfilterpresse.

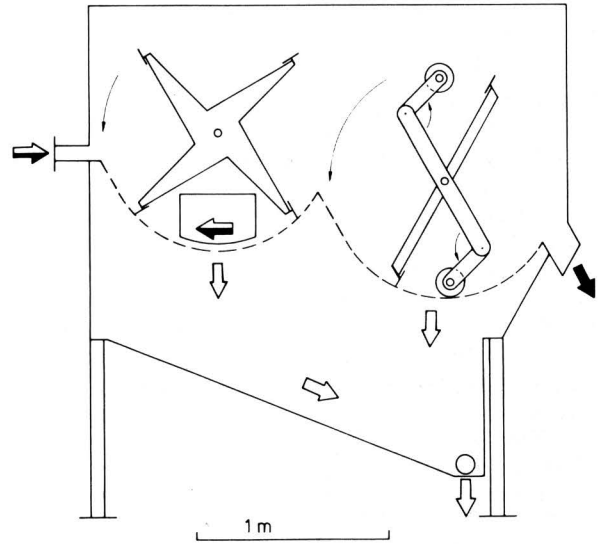


Bild 5. Doppelbogensieb mit Preßwalzen.

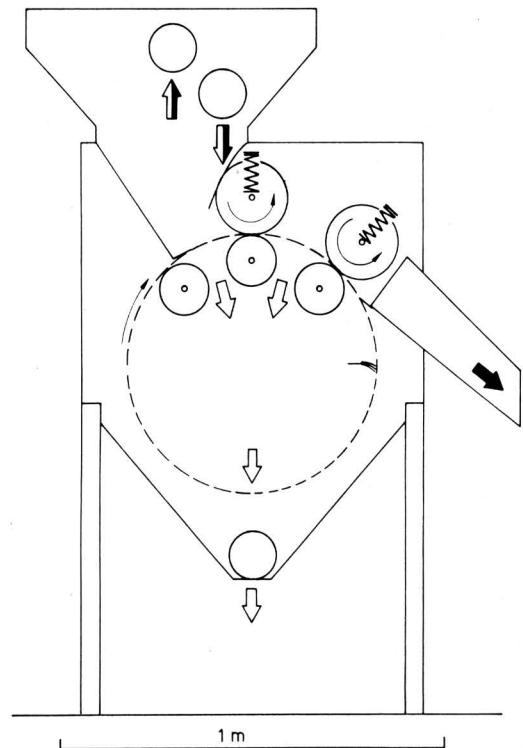


Bild 6. Trommelsieb mit Preßwalzen.

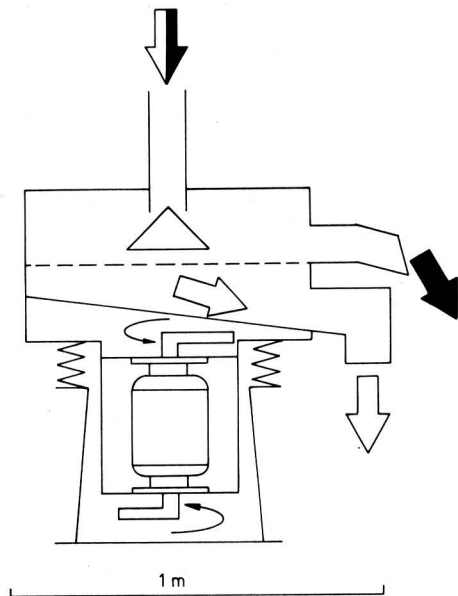


Bild 7. Vibrationsieb.

Es handelt sich hierbei vorwiegend um passive, langsamlaufende Trennvorrichtungen mit niedrigem Leistungsbedarf. Sie alle arbeiten nach dem Filtrationsprinzip mit Sieben, nehmen also die Aggregatgröße als entscheidendes Kriterium zum Trennen.

Die verschiedenen Phasen des Trennvorganges laufen in den genannten Maschinen zum Teil gleichzeitig und zum Teil nacheinander ab. Bei der Entwicklung einer derartigen Maschine, für eine Analyse der Funktion sowie zu ihrer Optimierung müssen die einzelnen Phasen getrennt betrachtet werden, Bild 8.

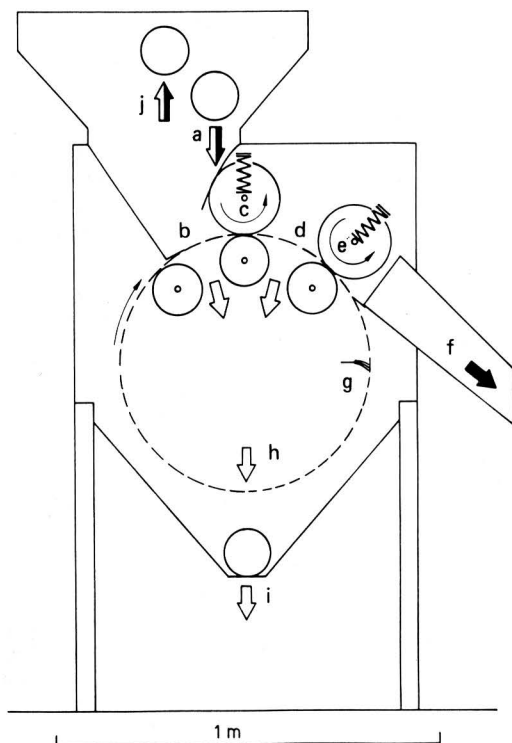


Bild 8. Phasen des Trennvorgangs am Trommelsieb mit Preßwalzen.

- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| a Zuführung der Grobsuspension | f Austrag des Zentrats |
| b Schwerkraftentwässerung | g Siebreinigung durch Bürste |
| c Druckentwässerung, 1. Stufe | h Siebreinigung durch Effluent |
| d Auflockerung, Rückfederung | i Ablauf des Effluents |
| e Druckentwässerung, 2. Stufe | j Überlauf für Grobsuspension |

Die Zuführung der Grobsuspension a sollte so gestaltet sein, daß die gesamte aktive Siebfläche gleichmäßig beaufschlagt wird. Dies sollte möglichst auch bei niedrigem Durchsatz in für hohe Durchsätze konzipierten Maschinen sichergestellt sein. Eine eigene, ausreichend große Zone sollte für die freie Schwerkraftentwässerung b zur Verfügung stehen. Die Bewegung von Suspension und Zentrat parallel zur Siebfläche sollte möglichst gering sein, da die Verstopfungsgefahr zunimmt, langfaseriges Material durch Umorientierung das Sieb passieren kann und Scherkräfte auftreten, die zu einer Zerkleinerung der Feststoffe führen, d.h. zu einer Verschlechterung der Struktur des Haufwerkes im Sinne einer aeroben Weiterbehandlung.

Bei der Druckentwässerung (c und e in Bild 8) muß darauf geachtet werden, daß die gesamte aktive Preßfläche gleichzeitig belegt ist, d.h. Druckrollen und Siebe müssen entweder durch Reinigungswerkzeuge freigehalten oder mit einer Schicht von Zentrat (Filterkuchen) gleichmäßig belegt sein. Ein dicker Filterkuchen auf dem Sieb verbessert den Abscheidegrad. Ein stufenweises oder allmähliches Ansteigen des Preßdruckes erhält die notwendige Drainwirkung für das Ableiten von Haft- und Kapillarwasser aus dem Filterkuchen und bringt eine bessere Trennwirkung als schlagartige Beaufschlagung der Suspension mit dem vollen Druck. Höhe und Einwirkdauer des Druckes bestimmen den Wassergehalt im Zentrat. Druckrollen mit ausreichend großem Durchmesser (kein Wickeln) sollten einige kN/m aufbringen.

Um einen großen Durchsatz bei gleichzeitig guter Entwässerung des Zentrates zu erreichen, muß die offene Siebfläche (Anteil der Sieböffnungen an der gesamten Siebfläche) unabhängig von der Lochweite möglichst groß sein. Angebotene Lochbleche weisen eine offene Siebfläche von weniger als 5 % bis zu mehr als 60 % auf. Die Anforderungen nach ausreichender Festigkeit und der Preis beschränken die offene Siebfläche.

Die Reinigung des Siebes ist ein Hauptproblem, da Faserstoffe, Haare und Federn sehr leicht hängen bleiben und zu Verstopfungen führen. Lochweiten $< 1 \text{ mm}$ sind für die hier besprochenen Grobsuspensionen nicht geeignet. Die Siebfläche sollte ausreichend dimensioniert sein, um den flächenbezogenen Durchsatz niedrig zu halten ($\dot{V} < 10 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \text{h})$). Ein hoher flächenbezogener Durchsatz führt nicht nur zu starkem Verschleiß, sondern insbesondere zu einem erhöhten Verstopfungsrisiko. Es müssen jedoch lange störungsfreie Betriebszeiten erreicht werden. Abstreifer zum Reinigen der Siebe haben sich als weniger effektiv erwiesen als Bürsten (g in Bild 8) oder Bürstenrollen. Durch das Effluent selbst kann die Reinigung des Siebes (h in Bild 8) unterstützt werden. Auch Wasser unter hohem Druck wird gelegentlich zum Reinigen von Sieben oder Bändern genutzt.

Der Ablauf des Effluents sollte in eine Gefälleleitung erfolgen, damit nur eine Pumpe – für die Grobsuspension – erforderlich ist. Bei einer längeren Effluentleitung mit kleinem Durchmesser und bei unumgänglichem Heben des Effluents muß die dann notwendige Entsorgungspumpe automatisch mit dem Separator eingeschaltet werden.

Der Austrag des Zentrates (f in Bild 8) kann durch Schwerkraft, Abstreifer, Schieber, Kratzer oder durch Zentrifugalbeschleunigung erfolgen. Wichtig ist ein möglichst vollständiger Austrag, damit nicht Material im Kreis gefördert und damit mehrfach beaufschlagt wird.

Größere Fremdkörper sollten soweit möglich bereits vor dem Separator eliminiert werden (z.B. durch einen Steinfang).

Üblicherweise ist von einem unbeaufsichtigten Dauerbetrieb auszugehen. Zur Sicherung des Separators vor Fremdkörpern, zur Vermeidung von Flüssigmistaustritt bei Verstopfungen oder Ablaufproblemen in den unterschiedlichen Bereichen sowie bei Ausfall der Zufuhr muß eine Sicherheitslogik ansprechen. Ist mit Sensoren das Erreichen eines Grenzwertes oder der Ausfall eines Systems festgestellt, so sind mit Aktoren alle Systeme abzuschalten und dieser Zustand zu melden. Zur Abschaltung aller Funktionen, auch für Einstell- und Wartungsarbeiten, ist eine "Not Aus"-Schaltung vorzusehen.

Je nach Verfahrensziel und gewünschtem Abscheidegrad kommen unterschiedliche Verfahrens- und Gerätealternativen in Betracht:

1. Schutzsiebung (Abscheiden der Grobteile):

Die Schutzsiebung dient dem Schutz des hydraulischen Systems vor Verstopfen, Verschleiß und Zerstörung. Grobsiebe, Rechenwerke, Stein- und Sandfang kommen grundsätzlich in Betracht, sind jedoch wenig verbreitet.

(Mitunter werden Grobteile auch zerkleinert: Schneidwerke sind bedingt – besonders bei hohem Strohanteil – als zusätzliche Einrichtung oder als bevorzugte Alternative – nur eine Stofflinie – zu betrachten.)

Übermäßig hoher Sandanteil sollte gegebenenfalls mit Hilfe eines Hydrozyklons abgetrennt werden.

2. Einstufiges Entwässern, Bild 9:

Verbreitet ist das einstufige Verfahren. Hier gelten Effluent oder Zentrat, teilweise auch beide als Zielprodukte. In diesem Falle sind zwei getrennte Lager sowie zwei Verfahrensketten für die von ihrer Konsistenz her unterschiedlichen Stoffe erforderlich. Die Entsorgung der Feststoffe bereitet häufig dort Schwierigkeiten, wo eine Veredelung zu Kompost aus arbeitswirtschaftlichen oder marktpolitischen Gründen nicht möglich ist.

3. Zweistufiges Entwässern mit hohem Trenngrad, Bild 10:

Zweistufiges Entwässern ist dort angebracht, wo hohe Trockensubstanzgehalte im Zentrat erreicht werden sollen. Es wird vor allem beim Verfüttern oder Verbrennen des Zentrates eingesetzt. Mittels eines einfachen Bogensiebes kann der Trockensubstanzgehalt von Flüssigmist leicht auf $Z \geq 10\%$ angehoben werden. Die zweite Entwässerungsstufe kann für einen geringen Durchsatz ausgelegt werden, da die anfallenden Massen klein sind. Zum Direktverfüttern sollten Trockensubstanzgehalte von 40–50 % erreicht werden.

4. Zweistufiges Entwässern und weitere Behandlung des Effluents bis zur Vorfluterreife, Bild 11:

Nur in besonderen Fällen wird die Vorfluterreife des Effluents anzustreben sein. Hier ist dann eine mehrstufige, aufwendige Technik – z.B. Nitrifikation/Denitrifikation, Ultrafiltration (Mikrofilter) oder Umkehrosmose – erforderlich.

5. Beurteilungskriterien

Die Anschaffung eines Separators stellt eine beachtliche Investition dar. Neben der grundsätzlichen Entscheidung für einen Separator muß eine situationsgerechte technische Lösung im Rahmen des gesamten Flüssigmist-Nutzungskonzeptes gefunden werden. Für eine sachgerechte Beurteilung stehen zahlreiche Kriterien zur Verfügung. Eine problemspezifische Bewertung der Kriterien anhand der zuvor genannten Ziele ist nur möglich, wenn genügend Daten verschiedener Geräte und Substrate vorliegen [8, 9, 10, 11].

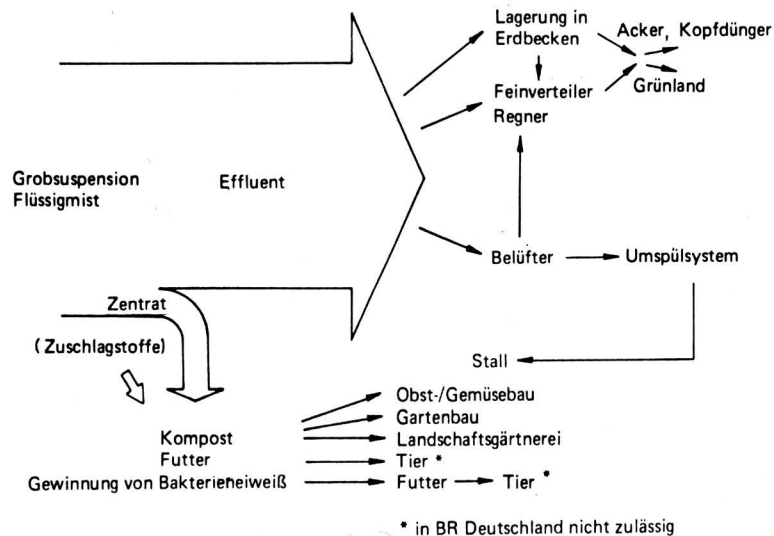


Bild 9. Schema einer einstufigen Entwässerung.

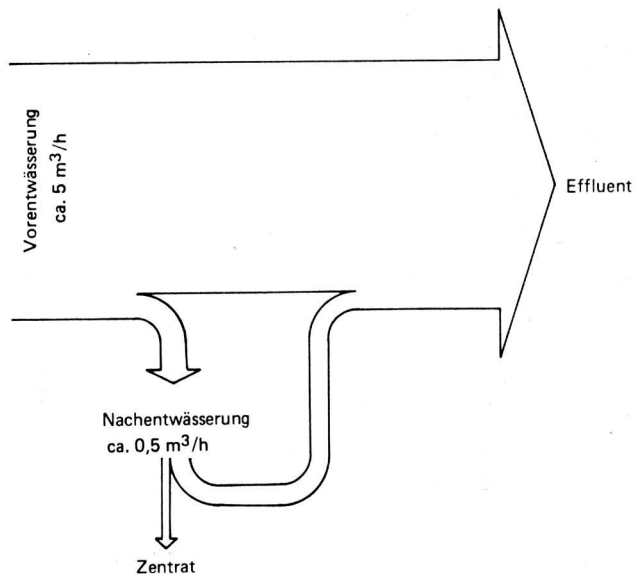


Bild 10. Schema einer zweistufigen Entwässerung.

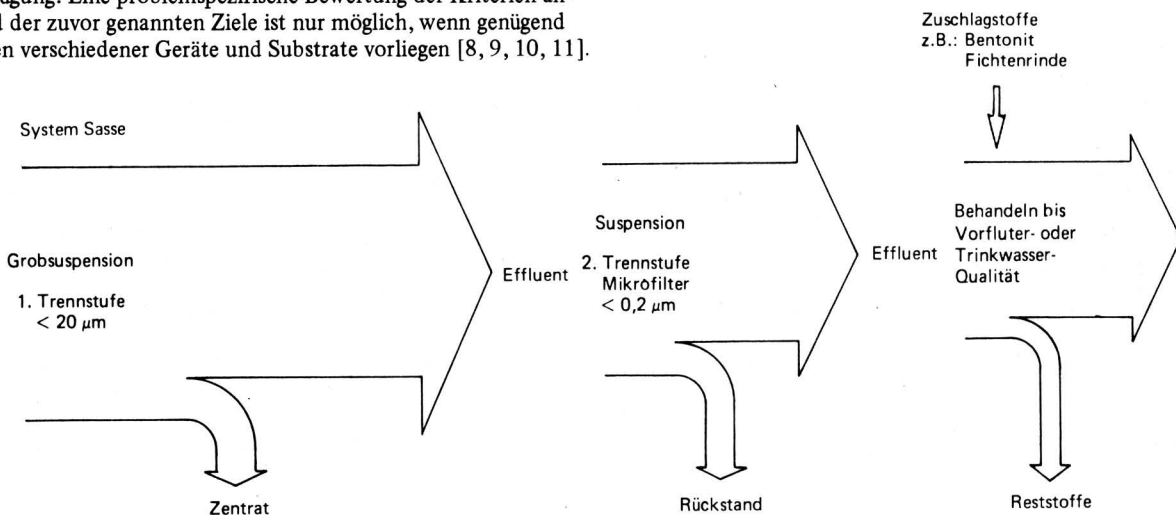


Bild 11. Schema einer zweistufigen Entwässerung mit Nachbehandlung des Effluents zur Vorfluterreife.

Herstellerangaben setzen häufig günstige Stoffwerte voraus. Daten aus dem Schrifttum sind wegen unvollständiger Angaben selten verwendbar. Für eine sachgerechte Auswahl und vergleichende Beurteilung sind die in **Tafel 4** zusammengefaßten Stoff-, Geräte- und Einstelldaten anzugeben. Darüber hinaus sind technische Ausstattung, Funktion (u.a. auch Frostsicherheit), Geruchsstoffemissionen, Baumaße, Gewichte und Kosten (Investition, Instandhaltung, Verschleiß, Korrosion) zu berücksichtigen.

Auf den Durchsatz wird im folgenden Kapitel näher eingegangen. Der Abscheidegrad sollte hoch liegen, wenn der Verkauf von Feststoffen auch zur Entlastung des mit Nährstoffen überversorgten Betriebes bei knapper Lagerkapazität oder bei günstigen Absatzchancen zum Betriebseinkommen beitragen soll. Er muß jedoch im Zusammenhang mit dem Trockensubstanzgehalt (s. auch **Bild 4**) und der Struktur des Zentrates gesehen werden. Eine schwache Struktur führt zu hoher Schüttdichte und läßt ebenso wie ein niedriger Trockensubstanzgehalt nur geringe Schütthöhe während des Kompostierens zu ($h < 1$ m), verbietet das Kompostieren ohne Zuschlagstoffe, z.B. Strohhäcksel, und macht einen hohen Arbeitsaufwand für das Umsetzen erforderlich, damit über hinreichend lange Zeit im gesamten Haufwerk aerobe Bedingungen herrschen (Umsetzmaschine) [12]. Zur Gewinnung eines lagerfähigen Handelsproduktes sollte das Kompostieren möglichst unter Dach erfolgen. Bei Trockensubstanzgehalten unter etwa 18 % wird die Zugabe strukturbildender Stoffe erforderlich. Sollten die Feststoffe wie Stallung innerbetrieblich verwertet werden, genügt das Lagern auf einer befestigten Platte im Freien.

Die Vor- und Nachteile verschiedener Lochgrößen des Trennsiebes im Zusammenhang mit Trockensubstanzgehalt und Struktur des Zentrates sind in **Tafel 5** aufgeführt. Während bei Schweineexkrementen Siebe mit etwa 1,5 mm Lochweite vorherrschen, werden bei Flüssigmist von Rindern wegen des höheren Grobstoffanteiles Siebe von ca. 3 mm Lochweite gewählt.

Größe und Stabilität der strukturbildenden Aggregate im Zentrat hängen jedoch nicht nur vom Lochdurchmesser des Trennsiebes ab, sondern von Druck-, Zug- und Scherbeanspruchungen während der verschiedenen Phasen des Trennvorganges sowie von der Ausbildung größerer Flocken beim Pressen, Abschälen und Transportieren des Filterkuchens.

Die Sieblinie, **Bild 12**, gibt Aufschluß über den Anteil der verschiedenen Fraktionen der aggregatbildenden Partikel in Suspension, Zentrat und Effluent. Die Sieblinie des Effluents ist im allgemeinen wenig gegenüber derjenigen der Grobsuspension verschoben, wohingegen das Zentrat eine deutliche Verlagerung zu größeren Partikeln hin aufweist. Da bereits einige wenige große Partikel – insbesondere langfaserige Bestandteile – im Effluent zu Verstopfungen führen können, müssen sie unbedingt abgeschieden werden, d.h. es ist ein Trenngrad $T = 1$ für Partikel $l > 20$ mm zu fordern.

Im Bereich üblicher Abscheidegrade bleibt der Nährstoffgehalt im Effluent weitgehend unverändert. Selbst pflanzenverfügbarer, d.h. gelöster Stickstoff ist im Effluent kaum angereichert. Erst bei hohem Abscheidegrad zeigt sich, daß Phosphor und Kalium sowie organisch gebundener Stickstoff bevorzugt im Zentrat angereichert werden.

Die Frage der Pflanzenverträglichkeit von Flüssigmist ist noch nicht vollständig geklärt. Verätzungen sind vorwiegend auf Ammonium zurückzuführen und sind um so stärker, je mehr Flüssigmist an der Pflanze haften bleibt. Während Verdünnungsreihen eine eindeutige Abnahme der Adhäsion – und damit auch der Verätzung – mit abnehmendem Trockensubstanzgehalt erkennen lassen, kann Separieren aufgrund komplexer physikalischer Zusammenhänge auch zu einem Ansteigen der Adhäsion führen, sofern der Trockensubstanzgehalt im Effluent nicht weit genug abgesenkt werden kann ($Z < 5$ % sollte angestrebt werden).

Separierter Flüssigmist zeigt durch seine geringere Viskosität und das Ausbleiben von Sperrschichten an der Bodenoberfläche deutlich größere Infiltrationsgeschwindigkeiten. Ablauf am Hang und Belastung von Oberflächenwasser werden dadurch vermindert.

Gerät	
– beaufschlagte Siebfläche	m ²
– Lochweite/Lochform	mm
– Offene Siebfläche	%
– Verweilzeit eines Zentrataggregates auf dem Sieb	s
– Geschwindigkeit eines Zentrataggregates zum Sieb	m/s
– Preßstufen	Anzahl
– Antriebsleistung	
– Beschickungspumpen	kW
– Antrieb Trennmaschine	kW
– Entsorgungspumpe	kW
– Energiebedarf	kWh/m ³
Einstellung	
– Durchsatz	m ³ /h
– eff. Siebelegung	%
– Preßdruck	kN
Zulauf (Flüssigmist)	
– Tierart	–
– Fütterungsart	–
– Lagerzeit	d
– Behandlung	–
– Sieblinie	–
– Trockensubstanz/organ. Substanz	%
– Fremdkörper (Material)	mm
– Nährstoffgehalt	kg/m ³
– Schadstoffgehalt	g/t
Zentrat	
Trockensubstanz/organ. Substanz	%
Abscheidegrad	–
Struktur	–
Sieblinie	–
Lagerungsdichte	kg/m ³
Nährstoffgehalt	kg/m ³
Schadstoffgehalt	g/t
Effluent	
Trockensubstanzgehalt/organ. Substanz	%
Sieblinie (Trenngrad)	–
Nährstoffgehalt	kg/m ³
Schadstoffgehalt	g/t

Tafel 4. Stoff-, Geräte- und Einstellparameter zur Beurteilung von Separatoren.

Substrat: Grobsuspension Effluent Zentrat
 TS-Gehalt %: 7,95 5,83 15,66

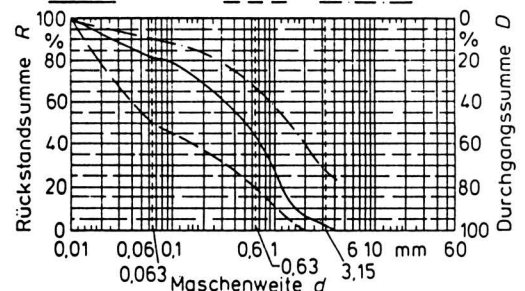


Bild 12. Sieblinien (Rückstandssumme bzw. Durchgangssumme) von Grobsuspension, Effluent und Zentrat.

klein	SIEBLOCHDURCHMESSER	groß
dicke Schicht	FILTERKUCHEN	dünne Schicht
<p>1. Allgemeine Auswirkungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Durchsatz gering - Abscheidegrad hoch d.h.: hohe Ausbeute an Feststoffen Zwei Verfahrensketten bei innerbetrieblicher Verwertung Entlastung an Volumen deutlich - Trennschärfe hoch 		
<p>2. Auswirkungen auf Zentrat:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Anteil an Feinpartikeln hoch d.h.: Drainfähigkeit gering Trockensubstanzgehalt niedrig Lagerungsdichte hoch Trocknungsaufwand groß Zum Kompostieren: <ul style="list-style-type: none"> ● Strukturbildende Zuschlagstoffe ● geringe Mietenhöhe ● Häufiges Umsetzen ● Lagern unter Dach - Nährstoffgehalt hoch Folge: deutliche Entlastung der Nährstoffbilanz bei Verkauf - Marktwert hoch Zentrat ist Hauptprodukt: Hoher Aufwand durch Preis für abgepackten, transport- u. lagerfähigen Kompost gerechtfertigt 		
<p>3. Auswirkungen auf Effluent</p> <ul style="list-style-type: none"> - geeignet für jede Art der Exaktverteilung - geeignet zum Verregnen - deutlicher Nährstoffentzug - Anteil organ. geb. Stickstoff sowie an P u. K niedrig - Viskosität niedrig, Fließfähigkeit ähnlich Wasser - Pflanzenverträglichkeit hoch - kaum Entmischung - zum Umspülen geeignet - BSB niedrig Falls Effluent Hauptprodukt: Aufwand hoch für Reinigung bis zur Vorfluterreife 		
<ul style="list-style-type: none"> - Durchsatz hoch - Abscheidegrad niedrig d.h.: Anfallende Mengen gering - Anteil an Grobstoffen hoch d.h.: Wasserhaltevermögen niedrig Trockensubstanzgehalt hoch Lagerungsdichte gering Austrocknen möglich Folge: ● Aufbereiten zum Verfüttern oder Verteilen ohne großen Aufwand möglich ● Strukturverbesserung in Böden möglich ● Nicht geeignet zum gezielten Düngen - Marktwert niedrig Zentrat ist Beiprodukt: betriebsinterne Verwertung mit minimalem Behandlungsaufwand durch Recycling, evtl. Vermarktung fuderweise (Losekette), evtl. Verheizen, Verfüttern - Sieblinie kaum verändert - als Schutzsiebung ausreichend - kaum Verstopfungsgefahr in hydraulischen Systemen - Nährstoffgehalt kaum verändert - evtl. starke Entmischung Erreicht wird vor allem Verbesserung der hydraulischen Eigenschaften, Vermeiden schwer auflösbarer Schwimmschichten 		

Tafel 5. Einfluß von Siebfläche und Lochdurchmesser auf Verfahrensablauf und Ergebnis beim Trennen von Flüssigmist.

Der Energiebedarf hängt von der Einordnung in das Flüssigmistssystem, d.h. von Rohrlängen und -durchmessern sowie von Saug- und Druckhöhen bei der Ver- und Entsorgung des Separators ab. Der Energiebedarf zum Antrieb des Separators ist im allgemeinen gering ($P < 0,5 \text{ kWh/m}^3$). Einschließlich Ver- und Entsorgungspumpe sollte der Energiebedarf $1,0 \text{ kWh/m}^3$ nicht wesentlich überschreiten.

6. Einordnung in das Betriebssystem

Die Einordnung des Separators in das vorhandene Flüssigmistssystem wird insbesondere durch vier Kriterien bestimmt:

1. Ist eine Vorgrube vorhanden?
2. Sind zwei oder mehr Lagerbehälter vorhanden?
3. Können vorhandene Pumpen zum Ver- und Entsorgen benutzt werden?
- 4? Soll ein Gerät gekauft oder gemietet werden?

Bild 13 zeigt drei Lösungsalternativen. Anzustreben ist das Trennen möglichst frischen Flüssigmistes, vorzugsweise also beim Verlassen des Stalles oder beim Befüllen eines Lagerbehälters aus einer Vorgrube (Alternative S 1). Soll die vorhandene Pumpe genutzt werden, so muß der Durchsatz der beiden Maschinen aufeinander abgestimmt werden. Mit einer leistungsstarken Pumpe können das Homogenisieren in der Grube und das Beschicken des Separators gleichzeitig erfolgen, Bild 14. Beim Separieren mit Entnahme aus einem und Abgabe in einen zweiten Lagerbehälter (Alternative S 2) kann mit geringem Durchsatz über lange Zeit gearbeitet werden, wohingegen der überbetriebliche Maschineneinsatz mobiler Einheiten beim "On-Line-Befüllen" des Tankwagens einen sehr hohen Durchsatz erfordert (Alternative S 3). Im letzten Fall werden jedoch auch sämtliche Fremdkörper (bis hin zum Laub) mit erfaßt, so daß selbst beim direkten Einspeisen in die Leitung eines Flüssigmistregners keine Verstopfungsprobleme zu erwarten sind.

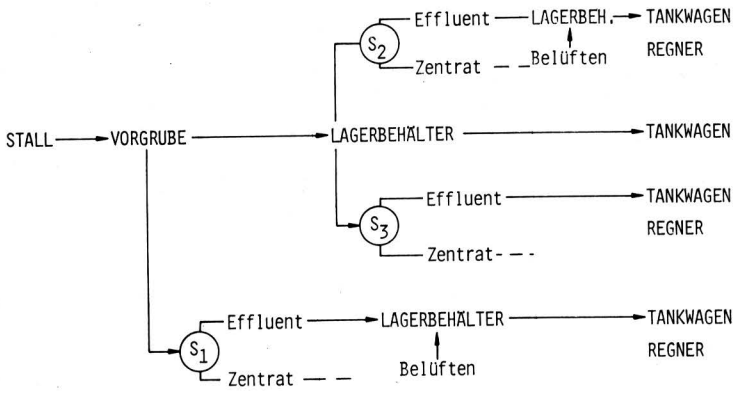


Bild 13. Drei verschiedene Möglichkeiten ($S_1 \dots S_3$) der Einordnung eines Separators in das Entsorgungssystem.

- S_1 Innerbetriebliche Lösung: frisches Material optimal zu trennen, geringer Durchsatz, Abstimmung der Kapazitäten
- S_2 Überbetriebliche Lösung: zwei Behälter erforderlich
- S_3 Überbetriebliche "on-line"-Lösung: sehr hoher Durchsatz

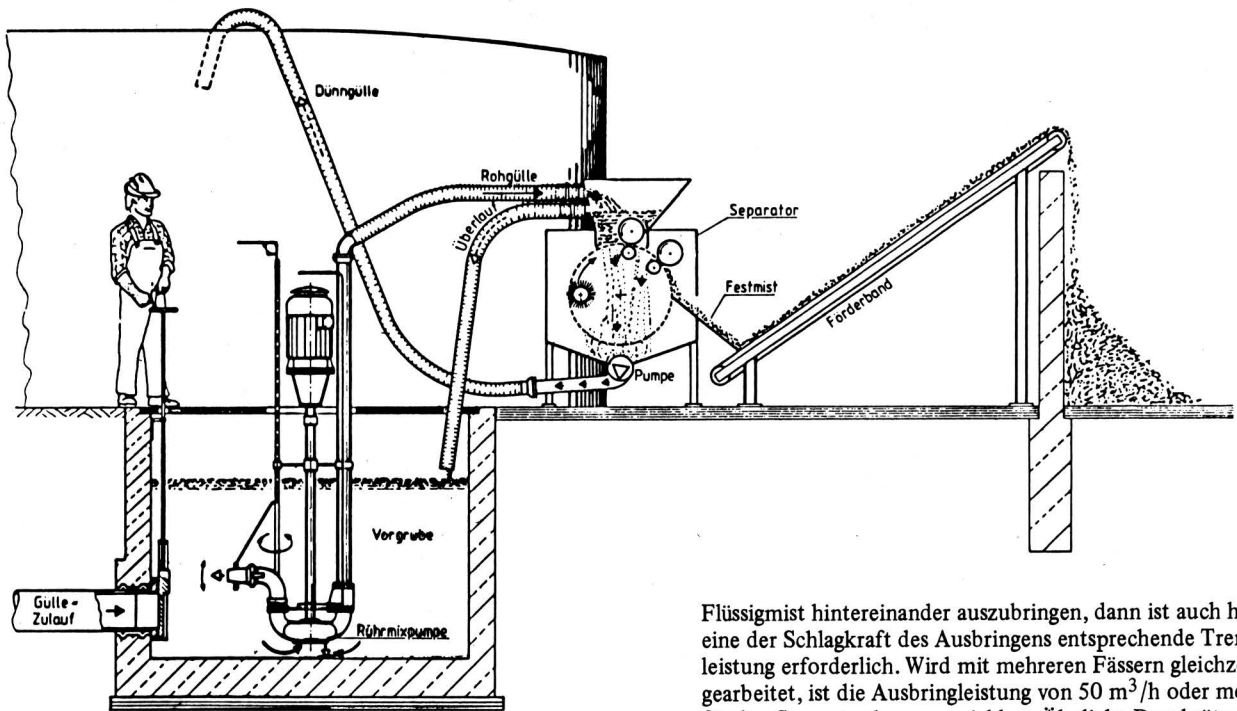


Bild 14. Homogenisieren und Beschicken des Separators mit einer Pumpe; nach Südstall.

Besonders wichtig ist das Separieren für die Lagerung in Erdbecken. Liegen diese Erdbecken in der Feldmark, sollte das Separieren allein zur besseren Überwachung, aber auch wegen des erforderlichen Stromanschlusses möglichst auf dem Hof erfolgen. Nur in Einzelfällen wird man das Effluent vom Separator direkt in den Tankwagen leiten. Um ein schlagkräftiges Abfahren zu ermöglichen, ist ein Zwischenspeicher auf dem Hof erforderlich, der – wie vorne beschrieben – mit separiertem Flüssigmist befüllt werden kann. Bei größeren Entfernungen vom Hof zum Erdbecken könnte hier ein entsprechend großer Tankwagen ($\geq 10 \text{ m}^3$) zum Einsatz kommen. Für größere Gemeinschaftsspeicheranlagen in der Feldmark dagegen wäre ein fester Standort des Separators am Erdbecken dem mobilen, mit entsprechenden hygienischen Risiken verbundenen Einsatz auf den einzelnen Mitgliedsbetrieben vorzuziehen.

7. Auslegung und Einstellung

Zwei Fälle seien unterschieden:

1. Hofeigenes Gerät (stationärer Einsatz):

Wird aus einer Vorgrube in einen Hauptspeicher gearbeitet, so ist die erforderliche Lagerkapazität durch das Volumen der Vorgrube und die Spülintervalle gegeben. Im allgemeinen kann in diesem Falle mit kleinem Durchsatz gearbeitet werden. Dann ist jedoch eine eigene Versorgungspumpe ($V \approx 5 \text{ m}^3/\text{h}$) erforderlich. Stehen zwei größere Behälter zur Verfügung, kann ebenfalls mit kleinem Durchsatz gearbeitet werden, es sei denn, es sollen beide Behälter nacheinander separiert und ausgefahren werden. Dann müsste die Trennleistung der Ausbringleistung entsprechen, also ca. $15\text{--}20 \text{ m}^3/\text{h}$ beim Einsatz eines mittleren Tankwagens erreichen.

2. Mietgerät:

Das Gerät kann auf Zeit gemietet werden. Dies erscheint sinnvoll, wenn zwei größere Behälter vorhanden sind. Wird von dem mit separiertem Flüssigmist gefüllten Behälter ausgefahren und gleichzeitig aus dem zweiten Behälter für Nachschub separierten Flüssigmistes gesorgt, um den gesamten

Flüssigmist hintereinander auszubringen, dann ist auch hier eine der Schlagkraft des Ausbringens entsprechende Trennleistung erforderlich. Wird mit mehreren Fässern gleichzeitig gearbeitet, ist die Ausbringleistung von $50 \text{ m}^3/\text{h}$ oder mehr für den Separator kaum erreichbar. Ähnliche Durchsätze wären zum direkten Einspeisen in das Regnernetz erforderlich. Separieren mit dem Befüllen des Tankwagens zu verbinden, erscheint angesichts einer Förderleistung bis $200 \text{ m}^3/\text{h}$ bei Befüllstationen nicht sinnvoll.

Je nach Art und Herkunft des Flüssigmistes sowie nach Prinzip und Größe der Trenneinrichtung werden Trennleistungen von einigen wenigen bis ca. $25 \text{ m}^3/\text{h}$ erreicht. Bei besonders trocken-substanzreichem, zum Separieren prädestinierten Flüssigmist liegen die Trennleistungen eher an der unteren Grenze. In Bild 15 ist die erforderliche Trenndauer für den über sechs Monate gespeicherten Flüssigmist von Betrieben mit verschiedenem Tierbesatz für Separatoren verschiedener Trennleistung dargestellt. Dabei wurde ein Flüssigmistanfall von $1,5 \text{ m}^3/\text{GV} \cdot \text{Monat}$ angenommen.

Daraus wird ersichtlich, daß ein 10 GV -Betrieb mit einem kleinen Separator ($1 \text{ m}^3/\text{h}$) seinen Flüssigmist von sechs Monaten in 90 Stunden oder 10 Tagen (9 h/d) separieren kann, während er mit einem größeren Separator ($10 \text{ m}^3/\text{h}$) an einem Tag fertig wäre. Da entsprechend kleine Separatoren zur Zeit nicht verfügbar sind, käme für diesen Betrieb bei entsprechender Speicherkapazität nur ein Mietgerät in Frage.

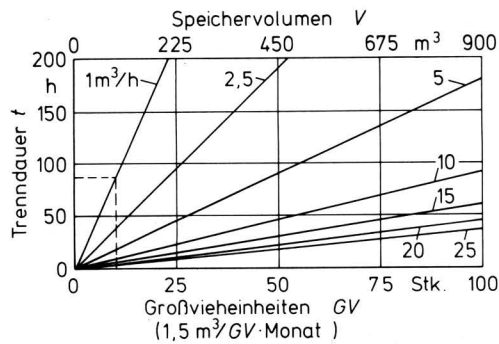


Bild 15. Trenndauer als Funktion des Tierbestandes mit Durchsatz der Trenneinrichtung als Parameter; Flüssigmistanfall $1,5 \text{ m}^3 \text{ pro GV} \cdot \text{Monat}$.

Eine Trennleistung von $5 \text{ m}^3/\text{h}$ wird von den angebotenen Separatoren im allgemeinen auch bei Flüssigmist höheren Trockensubstanzgehaltes erreicht. Bei einem Anfall von $50 \text{ l Flüssigmist/GV} \cdot \text{d}$ wird damit eine Trenndauer von $36 \text{ s/GV} \cdot \text{d}$ benötigt. In einem 100 GV -Betrieb müßte der Separator täglich 1 h laufen (z.B. bei Treibmist aus der Vorgube) oder für den Flüssigmist von sechs Monaten, sofern mindestens zwei Lagerbehälter vorhanden sind, insgesamt 180 h , d.h. ca. drei Wochen lang täglich 9 h . Ein Mietgerät käme nur bei deutlich höherer Trennleistung in Frage. Auch ist im Winterbetrieb an lange Frostperioden zu denken, in denen die meisten Separatoren nicht im Freien betrieben werden können. Entsprechende Reserve sollte bei der Trennleistung berücksichtigt werden.

Der Trennerfolg hängt bei gegebenem Flüssigmist wesentlich von den Einstelldaten der Maschine und von dem gewählten Sieb ab. **Bild 16** zeigt die Abhängigkeit zwischen den Maschinenparametern Lochweite, Preßdruck, Stärke des Filterkuchens sowie Trenndauer. Die Kombination von kleiner Lochweite, niedrigem Preßdruck, hoher Trenndauer (kleiner Durchsatz) und starkem Filterkuchen ergibt einen maximalen Abscheidegrad, einen hohen Nährstoffzug, jedoch einen geringen Trockensubstanzgehalt und eine hohe Lagerungsdichte im Zentrat (geeignet für Kompostierung unter Dach mit Zuschlagstoffen und Einsatz von Mietenumsatzgeräten). Große Lochweite dagegen, hoher Preßdruck und geringe Trenndauer führen zu einer geringen Masse grob strukturierter Zentrates mit hohem Trockensubstanzgehalt, das kaum Umsetzen beim Kompostieren erfordert.

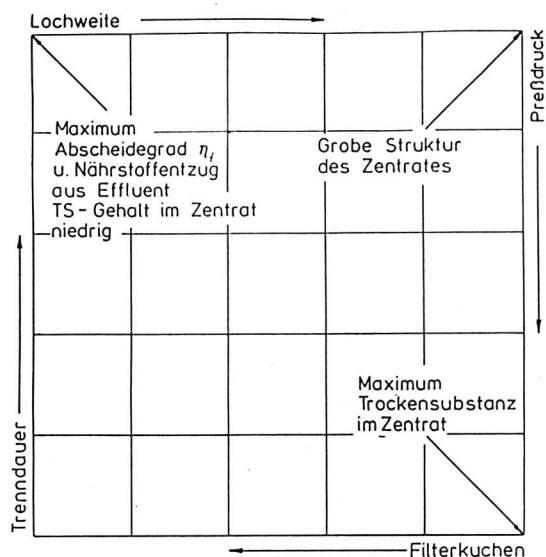


Bild 16. Einfluß konstruktiver und betrieblicher Parameter auf das Trennergebnis.

8. Zusammenfassung

Flüssigmist ist Festmist gegenüber bezüglich seiner Handhabung überlegen, kann jedoch hinsichtlich der gezielten Düngung nicht mit Mineräldünger konkurrieren. Das Separieren kann zahlreiche verfahrenstechnische Vorteile bringen, wobei vielfach mehrere Ziele gleichzeitig verfolgt werden. Jeder Überlegung zum Bau oder zur Anschaffung eines Separators muß eine klare Zieldefinition vorausgehen. Für eine einsetzgerechte Konstruktion oder Auswahl von Trennmaschinen ist nicht nur die Kenntnis einiger Grundlagen des Trennens und der wichtigsten technischen Lösungsalternativen erforderlich, sondern es müssen die einzelnen Phasen des Trennvorganges gesondert betrachtet werden. Die wichtigsten Beurteilungskriterien sind zusammengetragen und soweit möglich quantifiziert, so daß eine Auslegung und Auswahl unter Berücksichtigung der Einordnung in ein gegebenes Betriebssystem sowie eine Optimierung der Einstellung möglich wird. Die Ergebnisse umfangreicher Stoffanalysen sollen in einem weiteren Beitrag dargestellt werden.

Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [1] Baader, W. u. R. Krause: Treatment and handling of liquid manure. Proc. 4th internat. Symp. of CIEC "Agric. Waste Management and Environmental Protection", 11.-14. Mai 1987, Braunschweig.
- [2] ● Leschonski, K.: Kennzeichnung einer Trennung. In: Ullmanns Enzyklopädie der techn. Chemie. 4. Aufl. Bd. 2. Weinheim: Verlag Chemie 1972.
- [3] ● Müller, E.: Mechan. Trennverfahren, Bd. I u. II. In: Grundzüge der Verfahrenstechnik. Aarau: Verlag Sauerländer 1980.
- [4] ● Vauck, R.A. u. H.A. Müller: Grundoperationen chemischer Verfahrenstechnik. Leipzig: VEB Verlag für Grundstoffindustrie 1962.
- [5] Hegg, R.O., R.E. Larson u. J.A. Moore: Mechanical liquid-solid separation in beef, dairy and swine waste slurries. Trans. ASAE Bd. 24 (1981) Nr. 1, S. 159/63.
- [6] Balssen, E.: Separierung und Belüftung von Schweineflüssigung. Forschungsbericht Agrartechnik Nr. 61 der Max-Eyth-Gesellschaft. Diss. Univ. Kiel 1981.
- [7] Sneath, R.W.: The performance of a decanting centrifuge with piggery slurry and how its running costs can be offset? Proc. 4th internat. Symp. of CIEC "Agric. Waste Management and Environmental Protection", 11.-14. Mai 1987, Braunschweig.
- [8] Kroodsmä, W. u. H.R. Poelma: Mestscheiding. Veröffentl. Nr. 209, IMAG Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen, Wageningen 1985.
- [9] ● Overcash, M.R., F.J. Humenik u. J.R. Miner: Livestock waste management, Vol. II. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press 1983.
- [10] Pain, B.F., R.Q. Hephherd u. R.J. Pittmann: Factors affecting the performance of four slurry separating machines. Journ. Agric. Eng. Res. Bd. 23 (1978) S. 231/42.
- [11] Piccinini, S. u. L. Cortellini: Solid-liquid separation of animal slurries. Proc. 4th internat. Symp. of CIEC "Agric. Waste Management and Environmental Protection", 11.-14. Mai 1987, Braunschweig.
- [12] Schuchardt, F.: Composting of liquid manure and straw. Proc. 4th internat. Symp. of CIEC "Agric. Waste Management and Environmental Protection", 11.-14. Mai 1987, Braunschweig.