

Fest-Flüssig-Trennung von Faulprodukten aus Schweinegülle

Dr. sc. W. Reimann, KDT/Dipl.-Ing. M. Schön, Institut für Biotechnologie Potsdam der AdL der DDR

1. Einführung

Unter bestimmten Standortbedingungen sind Anlagen zur anaeroben Gülleaufbereitung und Biogasgewinnung durch eine nachfolgende Faulproduktaufbereitung zu ergänzen, die der optimalen Gestaltung der für eine düngerspezifische Anwendung der fermentierten Gülle notwendigen Lagerungs-, Transport- und Ausbringungsprozesse dient und verfahrenstechnisch durch eine Phasentrennung realisiert wird. Die Verfahren zur Fest-Flüssig-Trennung von Gülle und von ihren Aufbereitungsprodukten haben nicht nur den Anforderungen der Pflanzenproduktion und des Umweltschutzes Rechnung zu tragen, sondern müssen vor allem auch energiesparend sein.

2. Eigenschaften des Faulprodukts

Im Verlauf der anaeroben Güllebehandlung werden durch die Stoffwechsellätigkeit einer gÜllespezifischen Mikroorganismenpopulation organische Makromoleküle hydrolysiert und partiell zu Biogas konvertiert. Dadurch verändert sich die strukturelle Zusammensetzung des Substrats. Eine für das Sedimentations- und Entwässerungsverhalten des Mediums relevante Veränderung ist der Abbau von Trockensubstanz (TS), wobei eine Zunahme des Feinkornanteils bei der Korngrößenverteilung erfolgt. Durch Korngrößenanalysen kann die Zunahme des Feinkornanteils im Schlamm während der anaeroben Behandlung zahlenmäßig beschrieben werden. So liegt der prozentuale Anteil der Teilchen besonders im Korngrößenbereich kleiner 0,1 mm bis zu 14% höher als vor der Behandlung. Mit zunehmender Verweilzeit der Gülle im anaeroben Bereich erfolgt eine Verkleinerung der im Schlamm enthaltenen Feststoffteilchen.

Erste Untersuchungen zum Fließverhalten von Faulschlamm aus Schweinegülle lassen folgende Gruppeneinteilung zu [1]:

Gruppe 1: TS-Gehalt < 4%

idealviskoses Newtonsches Fließverhalten $\tau = \eta \dot{\gamma}$ mit der konstanten dynamischen Viskosität η , deren Berechnung wie für Gülle vorgenommen wird, $\dot{\gamma}$ Schergeschwindigkeit in 1/s, $\eta = 1,007 + 0,94 \text{ TS}$ in mPa · s.

Gruppe 2: TS-Gehalt 4 bis 8%

pseudoplastisches Fließverhalten, Fließgesetz von Ostwald/de Waele $\tau = k \dot{\gamma}^n$ mit den Fließkennwerten $k = 0,0156 \exp(0,506 \text{ TS})$ in Pa · sⁿ und $n = 0,77 \exp(-0,0701 \text{ TS})$, wobei zwischen Schweinegülle und Faulschlamm kein Unterschied besteht.

Gegenüber Gülle hat sich für den Faulschlamm der Übergang von idealviskosem Newtonschen Fließverhalten zum pseudoplastischen Fließverhalten von etwa 3% TS auf 4% TS verschoben.

Für die Dichte von Faulschlamm ist keine Veränderung gegenüber unbehandelter Gülle festzustellen. Die Dichte von Faulschlamm liegt im Bereich von $\rho = 1015 \dots 1055 \text{ kg/m}^3$ bei einem TS-Gehalt bis 9%.

3. Mechanische Fest-Flüssig-Trennung

Für eine mechanische Fest-Flüssig-Trennung von Faulprodukten aus Schweinegülle wurden die Trennverfahren Sedimentation im Schwere- und Zentrifugalfeld, Filtration durch Massen- und Druckkräfte sowie Siebung untersucht.

Allgemein kann festgestellt werden, daß das Sedimentationsverhalten anaerob behandelter Gülle im Erdschwerefeld dem unbehandelter Gülle entspricht. Die Sedimentationsgeschwindigkeit nimmt mit steigender TS-Konzentration ab, wobei eine besonders starke Abnahme bei anaerob behandelter Schweinegülle ab einer TS-Konzentration von 30 kg/t gegenüber unbehandelter Gülle von 40 kg/t zu verzeichnen ist. Im Vergleich zu unbehandelter Gülle ergibt sich bei gleichem TS-Gehalt eine geringfügige Verringerung der Sedimentationsgeschwindigkeit im Faulschlamm, die durch den höheren Feinkornanteil hervorgerufen wird.

Während des Fermentationsprozesses erfolgt eine Abnahme der TS- und oTS (organische Trockensubstanz)-Konzentration, wodurch eine Erhöhung der Sedimentationsgeschwindigkeit mit zunehmender Verweilzeit im Reaktor zu verzeichnen ist. Der Abbau an Trockensubstanz und organischer Trockensubstanz wirkt sich stärker auf die Veränderung der Sedimentationsgeschwindigkeit aus als die Zunahme des Feinkornanteils, so daß nach einer kontinuierlichen anaeroben Güllebehandlung stets mit einer höheren Sedimentationsgeschwindigkeit im Ablauf des Reaktors gegenüber dem Zulauf gerechnet werden muß.

Bei Schweinegülle mit einer Faulzeit von 20 Tagen beträgt die Steigerung der Sedimentationsgeschwindigkeit bei einem TS-Gehalt der Rohgülle von etwa 30 kg/t bis zu 50% mit einem Wert von 0,8 m/h.

Charakteristisch für die Lagerung von Faulprodukten ist das Auftreten von Schwamm-schlamm, der durch Flotation von Feststoff-

teilchen entsteht, die besonders durch frei werdendes Faulgas ausgelöst wird und bereits nach einer Lagerzeit von 2 Stunden erfolgen kann. Die Flotationsprozesse sind überwiegend bei Verweilzeiten im Reaktor von weniger als 20 Tagen zu verzeichnen.

Eine mechanische Abtrennung der im Faulschlamm enthaltenen Feststoffe ist durch den Einsatz von Vibrationsbogensieben oder Bürstensiabschnecken möglich, wobei berücksichtigt werden muß, daß der abgetrennte Feststoff mit einem TS-Gehalt von 110 bis 123 kg/t einer weiteren Aufbereitung bedarf. Dieser Feststoff stellt ein stark dränendes, aber schüttfähiges Medium dar, das auf einer Dränagefläche gelagert werden muß. Dabei ist festzustellen, daß innerhalb von 2 bis 3 Stunden nach der Trennung bereits mehr als 50% der gesamten Dränflüssigkeit aus dem aufgeschütteten Feststoff abfließen. Ein einmaliges Umsetzen des Feststoffs verbessert sein Dränverhalten. Je kg Feststoff dränieren bis zu 0,2 l Dränflüssigkeit ab. Dabei erhöht sich der TS-Gehalt des Feststoffs nach einer Lagerzeit von 5 Tagen bis auf etwa 220 kg/t.

Die abgetrennte flüssige Komponente enthält noch Feststoffteilchen, die durch die Siebmaschen mit den Abmessungen von 1,0 mm × 0,8 mm bzw. durch die Bohrungen der Bürstensiabschnecke mit einem Durchmesser von 1,25 mm hindurchgetreten sind und gemeinsam mit Feststoffteilchen der Dränflüssigkeit im Lagerbehälter sedimentieren und/oder flotieren. Die Möglichkeit des Homogenisierens ist deshalb für die Lagerung der flüssigen Trennkomponente vorzusehen. Angaben über Abscheidegrade und Konzentrationen von Inhaltsstoffen der Komponenten sind in den Tafeln 1 und 2 enthalten.

Beim Einsatz von Siebbandpressen (Maschenweite des Siebbandes 1,0 mm × 0,8 mm) erhöht sich der TS-Gehalt des abgetrennten Feststoffs auf etwa 186 kg/t (Tafel 3), wobei auch diese feste Komponente bei der Lagerung mit einer Flüssigkeitsmenge bis zu 0,1 l/kg abgetrennter Feststoff nachdräniert. Die flüssige Trennkomponente ist wie beim Einsatz von Bogensieben zu lagern.

Eine Filtration von Faulprodukten im Erdschwerefeld kann über Schlammmentwässerungsplätze erfolgen, wobei als Filtermittel normaler Kies in einer Schichtdicke von 10 cm geeignet ist. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß Schlammmentwässerungs-

Tafel 1. Fest-Flüssig-Trennung von anaerob behandelter Schweinegülle mit Vibrationsbogensieb (Maschenweite 1,0 mm × 0,8 mm)

Komponente	Menge Konzentration						
	%	TS kg/t	oTS kg/t	N kg/t	NH ₄ -N kg/t	P kg/t	K kg/t
Zulauf	100	49	34	4,4	3,60	1,1	1,8
Durchgang	82	35	21	4,3	3,66	1,1	1,8
Rückstand	18	111	94	4,8	3,30	1,2	1,8
Abscheidegrad mit dem Rückstand in %		41	50	20	17	20	18

Tafel 2. Fest-Flüssig-Trennung von anaerob behandelter Schweinegülle mit Bürstensiabschnecke (Sieblochdurchmesser 1,25 mm)

Komponente	Menge Konzentration						
	%	TS kg/t	oTS kg/t	N kg/t	NH ₄ -N kg/t	P kg/t	K kg/t
Zulauf	100	41	29	4,14	3,14	1,0	1,9
Durchgang	88	30	18	4,13	3,20	0,9	1,9
Rückstand	12	123	110	4,21	2,70	1,7	1,9
Abscheidegrad mit dem Rückstand in %		36	46	12	10	20	12

Tafel 3. Fest-Flüssig-Trennung von anaerob behandelter Schweinegülle mit Siebbandpresse (Maschenweite 1,0 mm x 0,8 mm)

Komponente	Menge %	Konzentration					
		TS kg/t	oTS kg/t	N kg/t	NH ₄ -N kg/t	P K kg/t	
Zulauf	100	46	33	4,4	3,4	1,4	1,9
Durchgang	90	31	19	4,3	3,5	1,3	1,9
Rückstand	10	186	158	4,5	2,8	1,6	1,9
Abscheidegrad mit dem Rückstand in %		40	48	10	8	11	10

Tafel 5. Fest-Flüssig-Trennung von anaerob behandelter Schweinegülle mit Schneckenkonuszentrifuge (Dekanter)

Komponente	Menge %	Konzentration					
		TS kg/t	oTS kg/t	N kg/t	NH ₄ -N kg/t	P K kg/t	
Zulauf	100	68	47	3,8	2,8	1,90	1,25
Fugat	83	24	16	3,0	2,4	0,47	1,23
Feststoff	17	283	196	7,6	4,6	8,90	1,35
Abscheidegrad mit dem Feststoff in %		71	71	34	28	80	18

plätze sehr empfindlich gegenüber Schwankungen in der Fahrweise des Reaktors sowie der Konzentration und der Zusammensetzung des Faulschlamm reagieren. Die erreichbaren Trennergebnisse sind in Tafel 4 zusammengestellt. Der anfallende Feststoff ist stichfest und dräniert nicht nach. Bei der Lagerung des Filtrats entfällt die Notwendigkeit des Homogenisierens.

Eine wesentliche Erhöhung des Abscheidegrades gegenüber den Trennaggregaten Vibrationsbogensieb, Bürstensiabschnecke und Siebbandpresse wird beim Einsatz einer Sedimentationszentrifuge (Dekanter) erzielt (Tafel 5). Dabei wird ein schüttfähiger, nicht nachdränender Feststoff erzeugt. Die flüssige Phase (Fugat) enthält zwar noch flockige Schlammpartikel, die sedimentieren und einen Rückstand bilden, der jedoch fließfähig bleibt. Ohne eine weitere aerobe Aufbereitung der Fugats, die eine gleichbleibende TS-Konzentration voraussetzen würde, ist für die Ausbringung des Mediums eine Homogenisierung im Lagerbehälter nicht erforderlich.

4. Wertung der Trennverfahren

Die Auswertung der durchgeführten Versuche ergab, daß eine Fest-Flüssig-Trennung

Tafel 6. Charakteristische Merkmale von Aggregaten zur Trennung von Faulschlamm aus Schweinegülle

Trennaggregat	Zulauf-TS-Gehalt kg/t	Abscheidegrad für TS %	Energieaufwand kWh/m ³	Feststoff-TS-Gehalt kg/t	Charakteristik Feststoff	Flüssigkeit
Eindicker	25	69	0,07	68	pumpfähig	lagerfähig, ohne Homogenisierung
Vibrationsbogensieb	49	41	0,06	111	schüttfähig, stark dränend	Homogenisierung erforderlich
Bürstensiabschnecke	41	36	0,11	123	schüttfähig, stark dränend	Homogenisierung erforderlich
Siebbandpresse	46	40	0,15	186	schüttfähig, dränend	Homogenisierung erforderlich
Trockenbeet	38	81	0	205	schüttfähig, stichfest	lagerfähig, ohne Homogenisierung
Schnecken-zentrifuge	68	71	1,60	283	schüttfähig, stichfest	lagerfähig, Homogenisierung in Sonderfällen

Tafel 4. Fest-Flüssig-Trennung von anaerob behandelter Schweinegülle mit Schlammwässerungsplatz (Filterfläche 1 m², Filtermittel Kies, Schichtdicke 10 cm)

Komponente	Menge %	Konzentration					
		TS kg/t	oTS kg/t	N kg/t	NH ₄ -N kg/t	P K kg/t	
Zulauf	100	38	25	4,2	3,0	0,48	2,4
Filtrat	85	9	4	3,4	3,0	0,07	2,4
Feststoff	15	205	144	8,8	2,9	2,88	2,4
Abscheidegrad mit dem Feststoff in %		81	86	31	14	90	15

Tafel 7. Eindickung anaerob fermentierter Schweinegülle mit Einkammereindicker

Komponente	Menge %	Konzentration					
		TS kg/t	oTS kg/t	N kg/t	NH ₄ -N kg/t	P K kg/t	
Zulauf	100	25	16	3,00	2,50	0,60	1,30
Überlauf	75	11	5	2,65	2,40	0,17	1,30
Faulschlamm	25	68	47	3,80	2,80	1,90	1,25
Abscheidegrad mit dem Faulschlamm in %		68	73	32	28	79	24

von Faulprodukten aus Schweinegülle möglich ist. Dabei wird der Abscheidegrad durch das eingesetzte Trennaggregat bestimmt. Der Abscheidegrad bewegt sich in einem Bereich zwischen etwa 30% und 80% und ist vom spezifischen Energieverbrauch je m³ entwässerter Faulschlamm abhängig. Weiterhin ist zu berücksichtigen, welche Eigenschaften die abgeschiedenen Trennkomponenten aufweisen. Das bezieht sich besonders auf die Lager- und Schüttfähigkeit des Feststoffs sowie auf die Notwendigkeit der Homogenisierung bei einer Lagerung der flüssigen Trennkomponente (Tafel 6). Der hohe Energieeinsatz des Dekanters ist deshalb nur in einigen ausgewählten, standortspezifischen Anlagen, wo die Notwendigkeit einer weiteren Aufbereitung der flüssigen Phase besteht, gerechtfertigt. Der Abscheidegrad des Trennverfahrens sollte immer nur so hoch gewählt werden, wie es das Erreichen des Aufbereitungsziels bei geringstem Energieverbrauch erfordert. Beim Einsatz von Schlammwässerungsplätzen ist zu berücksichtigen, daß die eingesparte Energie durch hohe Investitionen für die Entwässerungsplätze bei großem Flächenbedarf und sehr unstabiler Fahrweise der Anlage wieder kompensiert wird.

Die Eindickung von Faulschlamm kann nur eine Vorstufe zur hydraulischen Entlastung nachfolgender Trennaggregate darstellen (Tafel 7). Von den drei Aggregaten Vibrationsbogensieb, Bürstensiabschnecke und Siebbandpresse ist der Bürstensiabschnecke wegen der besseren Anpassung des Aggregats an die Zuführbedingungen des Faulschlamm in Abhängigkeit von Trockensubstanzgehalt und Anfallmenge, der hohen Funktionssicherheit und des weitestgehend geschlossenen, mediumführenden Systems sowie des geringen Energieverbrauchs für Heizung und Lüftung der Vorrang einzuräumen. Die Dränung des abgetrennten Feststoffs sollte durch ein Umsetzen des Mediums verbessert werden.

Insgesamt stellt jedoch die Schlammwässerung einen zusätzlichen technologischen Abschnitt dar, der das Gesamtverfahren ökonomisch belastet. Deshalb ist die Notwendigkeit des Einsatzes eines Verfahrens zur Trennung von Faulschlamm in Biogasanlagen standortabhängig gesondert zu prüfen. Dabei sind die mit der Trennung erzielbaren Vorteile bei der Förderung und Lagerung der flüssigen Komponente, beim Einsatz beider Komponenten in der Pflanzenproduktion sowie für die weitere biotechnologische Aufbereitung und Verwertung der Aufbereitungsprodukte, besonders bei standortlich limitierenden Verwertungsbedingungen und Anforderungen des Umweltschutzes, zu berücksichtigen.

5. Zusammenfassung

Ausgehend von der Einordnung der Biogas-technologie in die Güllewirtschaft werden Eigenschaften des Faulsubstrats und Möglichkeiten der mechanischen Fest-Flüssig-Trennung von Faulprodukten aus Schweinegülle mit den erreichbaren Abscheidegraden für Trockensubstanz sowie für Inhaltsstoffe der Komponenten bei gleichzeitiger Angabe ihrer prozentualen Anfallmenge aufgeführt. Die untersuchten Trennverfahren werden

Fortsetzung auf Seite 459

Nutzung von Güllewärme und Solarenergie als Wärmequelle für Wärmepumpen

Dipl.-Phys. K. Zlotowski, Institut für Energie- und Transportforschung Meißen/Rostock der AdL der DDR
 Ing. G. Steinbrück, LPG (T) „Clara Zetkin“ Herbsleben, Bezirk Erfurt

Ein Weg zur Erschließung bisher ungenutzter Energiequellen ist der Einsatz von Wärmepumpen. Eine wichtige Voraussetzung dafür ist aber die Erarbeitung von technischen Lösungen zur Wärmequellenerschließung und zur Wärmeanwendung, die für die jeweils einzusetzende Wärmepumpe paßfähig sind. Von der Industrie werden Wärmepumpen verschiedener Bauart, z. T. auch als Baureihe, angeboten. Unterlagen zur Einbindung der Wärmepumpen beim Anwender fehlen jedoch. Dies gilt besonders für die Wärmequellenerschließung. Deshalb wurden vom Institut für Energie- und Transportforschung Meißen/Rostock

Untersuchungen zum Wärmepumpeneinsatz aufgenommen. Bisher wurden 7 Wärmepumpenanlagen, die verschiedene Wärmequellen nutzen, für unterschiedliche Anwendungsfälle in Tierproduktionsanlagen untersucht. Zwei weitere Wärmepumpenanlagen werden derzeit erprobt, und eine weitere Erprobung wird vorbereitet. Im folgenden soll über die Ergebnisse der Untersuchungen an zwei Wärmepumpenanlagen mit Kleinwärmepumpen WW 12, die von der LPG (T) „Clara Zetkin“ Herbsleben, Bezirk Erfurt, errichtet wurden, informiert werden.

1. Beschreibung der Versuchsanlagen

1.1. Wärmepumpenanlage zur Güllewärmenutzung

Die Wärmepumpenanlage (Bild 1) nutzt die Wärme der Gülle in einem Rindervormastall mit 770 Tieren. Zur Erschließung der Güllewärme als Wärmequelle ist in den 6 Güllekanälen des Stalls je eine Schleife aus Polyäthylenrohr (Gölzathenrohr $40 \times 4,3$ mm, Gesamtlänge 890 m) verlegt, das von Wasser durchströmt wird und als Wärmeübertrager wirkt (Übertragerfläche rd. 87 m^2). Der Mindestabstand der PE-Rohre sollte $0,3 \text{ m}$ betragen. Drei Rohrschleifen

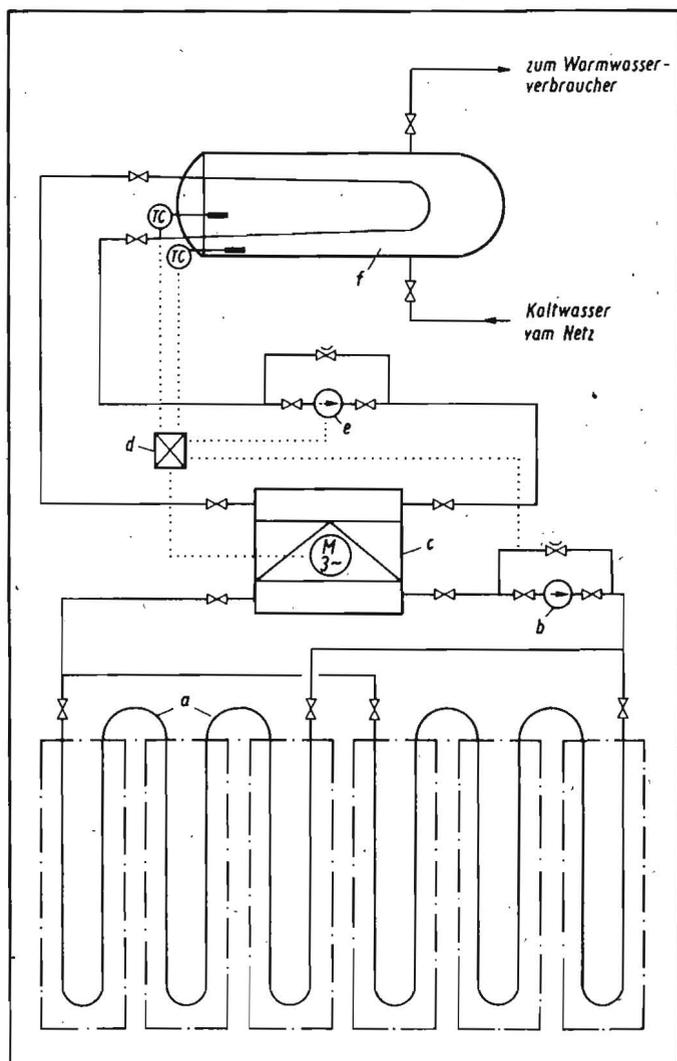
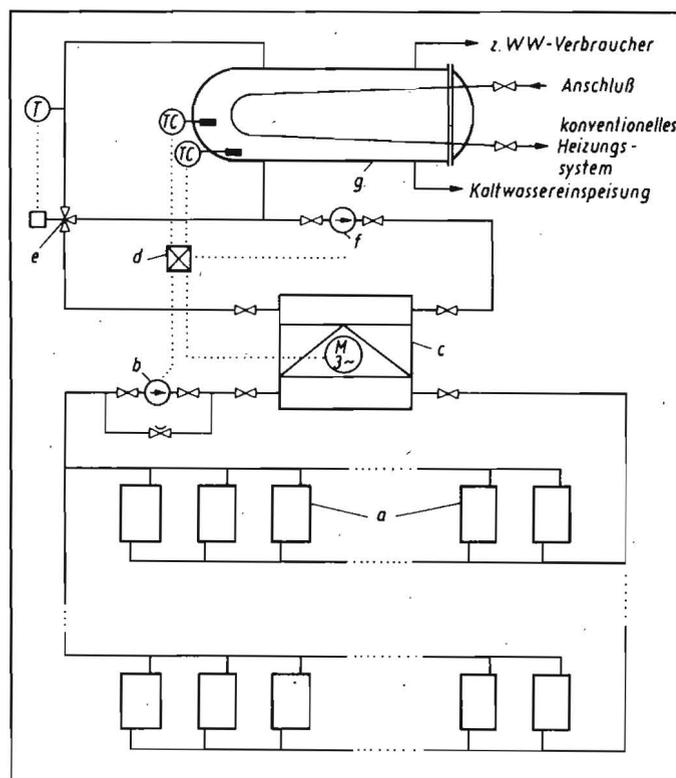


Bild 1. Schaltschema der Wärmepumpenanlage zur Güllewärmenutzung; a im Güllekanal verlegtes PE-Rohr, b Umwälzpumpe im Quellenkreislauf, c Kleinwärmepumpe WW 12, d Zweipunktregler, e Umwälzpumpe im Heizkreislauf, f Warmwasserbereiter

Bild 2. Schaltschema der Wärmepumpenanlage mit Energieabsorbern; a Energieabsorber (Absorberfläche 40 m^2), b Umwälzpumpe im Quellenkreislauf, c Kleinwärmepumpe WW 12, d Zweipunktregler, e Zweige-Stellventil, f Umwälzpumpe im Heizkreislauf, g Warmwasserbereiter



Fortsetzung von Seite 458

einer anschließenden Wertung besonders aus energiewirtschaftlicher Sicht bei gleichzeitiger Charakterisierung der Trennkomponententechnik, Berlin 37 (1987) 10

menten unterzogen. Als zusätzlicher technologischer Abschnitt innerhalb des Gesamtverfahrens der Güllebehandlung ist der Einsatz von Trennverfahren standortabhängig gesondert zu prüfen.

Literatur

- [1] Türk, M.; Eckstädt, H.: Bemessungskatalog für Gölle-Druckrohrleitungen – Berechnungsgrundlagen und Tabellen. Arbeiten zur Mechanisierung der Pflanzen- und Tierproduktion, Schlieben/Bornim 4 (1987) 19, S. 1–172. A 5050