



Gärproduktaufbereitung: aktuelle Techniken zur effizienten Nährstoffrückführung und -aufbereitung

Wolfgang Gabauer
Universität für Bodenkultur Wien
Interuniversitäres Department für Agrarbiotechnologie, IFA-Tulln
Konrad Lorenz Str. 20, 3430 Tulln
Tel.: +43 1 47654-97424
E-Mail: wolfgang.gabauer@boku.ac.at

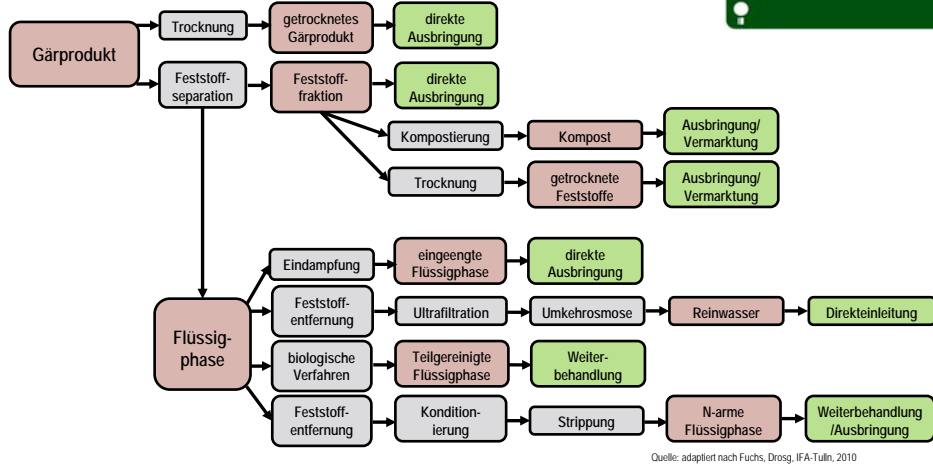
St. Pölten, 3. Dezember 2019

Warum Gärproduktaufbereitung?

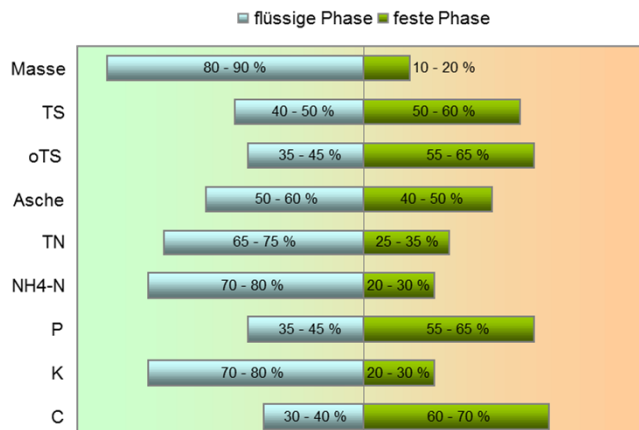


- keine ausreichenden regionalen Flächen zur Nährstoffversorgung
- Reduzierung der auszubringenden Gärproduktmenge
- Verminderung von Lagerungs- und Ausbringkosten
- Abtrennung von Nährstoffen und ihre Überführung in transport- und verkaufsfähige Verwertungsformen
- Reduzierung von Umweltbelastungen (NH₃-Emissionen, Geruchsreduktion, Energiebedarf für Mineraldüngerproduktion)

Technologien/Verfahrenskombinationen



Feststoffseparation Verteilung der wichtigsten Parameter



Fallbeispiele Gärproduktaufbereitung

Anlagen 1,3,4: Italien
Anlage 2: Deutschland



Anlage	Aufbereitungs-technologie	Substrate	Anlagengröße Biogas [MW _{el}]	Anteil behandeltes Gärprodukt	Produkte
1 ¹⁾	Trocknung: Bandrockner + Schwefelsäurewäscher	Schweinegülle, Hühnermist, Energiepflanzen	1 MW	fester + Teil flüssiges Gärprodukt	Ammoniumsulfat, trockener organisches Gärprodukt
2 ²⁾	Verdampfung Dosierung Säure mehrstufig	Maissilage, Grassilage	2 MW	flüssiges Gärprodukt	eingeeengte Flüssigphase, Brüdenkondensat
3 ¹⁾	Strippung Luftstrippung + Schwefelsäurewäscher	Rindergülle, Schweinegülle, Energiepflanzen	0,6 MW	flüssiges Gärprodukt	Ammoniumsulfat
4 ¹⁾	Membranaufbereitung: Flockung + Ultrafiltration + 2 stufige RO	Schweinegülle, Energiepflanzen	1 MW	flüssiges Gärprodukt	Konzentrat Umkehrosiose, Ammoniumsulfat, Wasser

¹⁾Quelle: Bozonella et al. 2017)
²⁾Quelle: Fuchs, Drosig, IFA-Tulln, 2013

Anlage 1: Trocknung

Feststoffseparation + Bandrockner + Schwefelsäurewäscher



Eckdaten:	<ul style="list-style-type: none"> Versuche/Monitoring rund 6 Monate Mischung aus getrocknetem Gärprodukt und Flüssiganteil (12% TS) Heißluft aus Abgaswärmetauscher durchströmt Gärrest mit 70-80°C NH₃ beladene Abluft durchströmt Schwefelsäurewäscher „Faustregel“: gesamte Abwärme reicht für Verdunstung von rund 25-50% des Wassers
Ergebnisse:	<ul style="list-style-type: none"> Wärmebedarf Verdampfen von 1,00 t Wasser rund 1,10 MWh Rund 26 m³/Tag Wasser konnten entfernt werden (rund 20-30% von Gesamtanfall) Ammoniumsulfat-Konzentration von 25% (rund 5,5% N) Nährstoffverteilung im Endprodukt: <ul style="list-style-type: none"> Gesamtstickstoff (N): 43% in Ammoniumsulfat, 47% in getrocknetem Gärprodukt Gesamtphosphor (P): gesamt in getrocknetes Gärprodukt
Kostenschätzung:	<ul style="list-style-type: none"> Investitionskosten Bandrockner: rund 300.000 € (Durchsatz – 30 m³ Gärprodukt/Tag) Abschreibungsdauer: 10 Jahre Kosten pro m³ behandeltes Gärprodukt: <ul style="list-style-type: none"> Abschreibung: 2,74 €/m³ Energiekosten: 1,00 €/m³ Chemikalienkosten: 1,00 €/m³ Personalkosten: 1,30 €/m³ Gesamtkosten: rund 6,04 €/m³



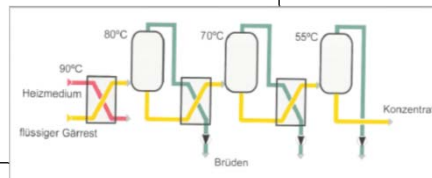
Quelle: NEW eco-tec Verfahrenstechnik GmbH, Symbolfoto

Anlage 2: Verdampfung

Feststoffseparation + Schwingsieb + Eindampfung



Eckdaten:	<ul style="list-style-type: none"> Dosierung von Schwefelsäure um pH zu senken ($\text{NH}_4\text{-N}$ verbleibt im Konzentrat, keine Strippung des Ammoniaks) Mehrstufiges System mit Nutzung des entstehenden Wasserdampfes zur Heizung der weiteren Stufen Da Unterdruck angelegt wird – „Verdampfung“ hier unter 100°C
Ergebnisse:	<ul style="list-style-type: none"> Volumenreduktion behandelter Gärrest um rund 50% - Produkt pumpfähig Brüdenkondensat anstelle von Ammoniumsulfat Nährstoffverteilung im Endprodukt: <ul style="list-style-type: none"> Gesamtstickstoff (N): 95% in eingedickten Gärprodukt, 4,00% in Festanteil nach Schwingsieb, 1,00% in Brüdenkondensat Gesamtphosphor (P): 83% in eingedickten Gärprodukt, 17% in Festanteil nach Schwingsieb, 0% in Brüdenkondensat
Kostenschätzung:	<ul style="list-style-type: none"> Investitionskosten: rund 445.000 € (Schneckenpresse, Schwingsieb, Eindampfung) Abschreibungsdauer: 10 Jahre Kosten pro m^3 behandelter Gärprodukt: <ul style="list-style-type: none"> Abschreibung: 2,30 €/m³ Energiekosten: 0,54 €/m³ Entsorgung Brüden: 0,56 €/m³ Chemikalienkosten: 0,71 €/m³ Personalkosten: 0,65 €/m³ Sonst. Kosten: 1,29 €/m³ Gesamtkosten: rund 6,05 €/m³



Wolfgang Gabauer – IFA-Tulln, St. Pölten, 3. Dezember 2019

Quelle: Fuchs Drosig 2010

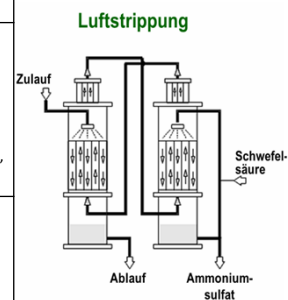
7

Anlage 3: Strippung

Schneckenpresse + Lamellenklärer + Luftstrippung



Eckdaten:	<ul style="list-style-type: none"> Versuche/Monitoring rund 6 Monate Luftstrippung mit 2 Kolonnen: Strippkolonne + Waschkolonne Erhöhung pH mit gelöschtem Kalk auf mind. 9,00 – Erhöhung NH_3 Anteil 1. Kolonne Warme Luft ($60\text{-}70^\circ\text{C}$) durchströmt Kolonne 2. Kolonne: NH_3 beladene Luft durchströmt Schwefelsäure-Wäscher
Ergebnisse:	<ul style="list-style-type: none"> Laufzeit Kolonne 24 Stunden/Tag – Leistungsaufnahme: $40 \text{ kW}_{\text{el.,therm.}}$ 17% des Ausgangstickstoffs finden sich im Ammoniumsulfat Flüssigphase wird nicht aufkonzentriert Nährstoffverteilung im Endprodukt: <ul style="list-style-type: none"> Gesamtstickstoff (N): 17% im Ammoniumsulfat, 60% in Flüssigphase, 23% in Festanteilen Gesamtphosphor (P): 0% im Ammoniumsulfat, 36% Flüssiganteil, 64% Festanteile
Kostenschätzung:	<ul style="list-style-type: none"> Investitionskosten Strippung: rund 750.000 € (Durchsatz – $100 \text{ m}^3/\text{Tag}$) Abschreibungsdauer: 10 Jahre Kosten pro m^3 behandelter Gärprodukt: <ul style="list-style-type: none"> Abschreibung: 1,58 €/m³ Energiekosten: 1,06 €/m³ Chemikalienkosten: 1,5 €/m³ Personalkosten: 1,30 €/m³ Gesamtkosten: rund 5,44 €/m³



Quelle: Fuchs, Drosig 2013

Wolfgang Gabauer – IFA-Tulln, St. Pölten, 3. Dezember 2019

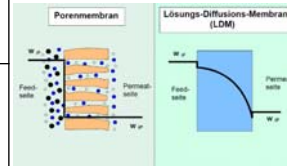
8

Anlage 4: Membranverfahren

Schneckenpresse + Polymer + Zentrifuge + Ultrafiltration + Umkehrosmose



Eckdaten:	<ul style="list-style-type: none"> Versuche/Monitoring rund 6 Monate Schneckenpresse + Flockung + Dekanterzentrifuge + Umkehrosmose Maximaler Durchsatz: 100 m³ Gärprodukt/Tag
Ergebnisse:	<ul style="list-style-type: none"> 46% des Gesamtvolumens nach Umkehrosmose (RO) als Reinwasser/Prozesswasser verfügbar Großteil der gelösten Nährstoffe in Konzentrat der RO Nährstoffverteilung im Endprodukt: <ul style="list-style-type: none"> Gesamtstickstoff (N): 16% RO Permeat, 40% RO Konzentrat, 44% Festanteile aus Feststoffseparation Gesamtphosphor (P): 0% RO Permeat, 5% RO Konzentrat, 95% Festanteile aus Feststoffseparation
Kostenschätzung:	<ul style="list-style-type: none"> Investitionskosten Membranverfahren: bis zu 1 Mio. € für Anlagen mit 100 m³ Durchsatz/Tag Abschreibungsdauer: 10 Jahre Kosten pro m³ behandelter Gärprodukt: <ul style="list-style-type: none"> Abschreibung: 2,74 €/m³ Energiekosten: 1,58 €/m³ Chemikalienkosten: 0,33 €/m³ Personalkosten: 2,05 €/m³ Gesamtkosten: 6,97 €/m³



Quelle: LW-Ministerium NRW, 2002



Quelle: Gabauer IFA-Tulln, 2019, Symbolfoto

Wolfgang Gabauer – IFA-Tulln, St. Pölten, 3. Dezember 2019

9

Vergleich Verfahrenstechniken



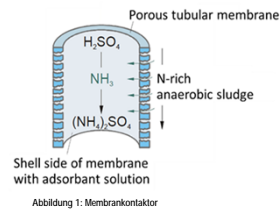
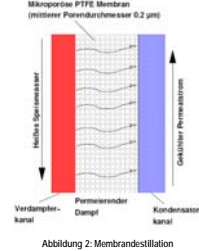
Trocknung	
+	-/?
<ul style="list-style-type: none"> Nutzung vorhandener Abwärme Geringe Investitionskosten Marktfähiges Verfahren thermischer Energiebedarf Keine Partikelentfernung nötig 	<ul style="list-style-type: none"> Sehr hoher thermischer Energieaufwand Sehr geringe Volumenreduktion Hoher Anteil unbehandelte Flüssigphase Staubentwicklung
Verdampfung	
+	-/?
<ul style="list-style-type: none"> Nutzung vorhandener Abwärme Geringere Investitionskosten Unterdruck – Verdampfung unter 100°C Relative wartungsarme Technik Falls Wäscher: Ammoniakwasser, Ammoniumsulfat 	<ul style="list-style-type: none"> höherer thermischer Energieaufwand Welche Volumenreduktion ist möglich? Verblockung der Wärmetauscherflächen – Feststoffentfernung Viskosität des eingedickten Gärprodukt
Strippung	
+	-/?
<ul style="list-style-type: none"> Nutzung vorhandener Abwärme „Produktvarianten“: Ammoniakwasser, Ammoniumsulfat Effizient bei hohen Ammoniakgehalten im Gärprodukt 	<ul style="list-style-type: none"> Höhere Investitionskosten Hohe Austauschflächen nötig – Füllkörper nötig Durch Füllkörper Gefahr der Verblockung – Feststoffentfernung Hoher Mitteleinsatz (Kalk, Natronlauge), um Ammoniak-Konzentration zu erhöhen
Membranverfahren	
+	-/?
<ul style="list-style-type: none"> Kleinstpartikel und gelöste Stoffe werden abgetrennt Großteil der gelösten Nährstoffe in Konzentrat der RO Endprodukt ist Reinwasser/Vorflutertauglichkeit Geschlossenes System (keine Emissionen in Luft) Geringer Platzbedarf 	<ul style="list-style-type: none"> Höhere Investitionskosten hoher elektrischer Energieaufwand – Druckaufbau/Pumpen Fouling/Scaling – Rückgang Durchfluss/Flux Gefahr der Verblockung – Partikelentfernung/Flockung

10

Weitere Aufbereitungstechnologien



- Membrankontaktoren
- MAP-Fällung (Magnesiumammoniumphosphat)
- „ANAStrip“-Prozess
- Ionenaustauschverfahren
- Hydrothermale Carbonisierung (HTC)
- Forward-Osmosis
- Biologische Verfahren
- Membrandestillation



Schlussfolgerungen/Fragestellungen



- Hohe Investitions- und Betriebskosten für Gärproduktaufbereitung
- Technologien kommen durchwegs aus Klärschlamm- und Güllebehandlung - noch zu wenig Erfahrung im Umgang mit Gärprodukten?
- Für Biogasgroßanlagen, die nicht lokal produzierte Substrate verwerten?
- Wie hoch sind meine derzeitigen Ausbringkosten?
- Welche Gärproduktmengen fallen an und hoch ist der Nährstoffgehalt?
- Welche Mengen können regional ausgebracht werden?
- Teilaufbereitung (Volumenreduktion) oder Vollaufbereitung (Behandlung Flüssiganteil)?
- Gibt es ausreichend Überschusswärme?
- Kann ich einen marktfähigen Dünger produzieren (Vermarktungsstrategien)?
- Angebotene Technologien werden optimiert – neue Technologien erforscht
- „Flaschenhals“ bei Großteil der Aufbereitungstechnologien – **effiziente Feststoffentfernung**

Neues Projekt „BioFLOCK“



kompost
& biogas
verband



- **Konsortium:**
 - Projektleitung: KBVÖ
 - Subauftragnehmer: BOKU, IFA-Tulln
 - Firmenpartner, Biogasanlagenbetreiber
- **Ziele des Projektes (Start Dezember 2019):**
 - Optimierung der Feststoffabtrennung/Feinpartikel aus Gärprodukten
 - Einsatz alternativer Flockungsmittel (Stärke, Chitosan) anstelle von PAM
 - Minimierung des Einsatzes von Haupt- und Hilfsflockungsmittel
- **Durchführung:**
 - Screening Gärprodukte (Partikelverteilung, Salzkonzentration, TS/OTS,...)
 - Labor-Versuche: Flockungsversuche („Jar-Tests“) mit unterschiedlichen konventionellen und alternativen Flockungsmitteln in Kombination mit Zentrifugation (unterschiedliche g-Kräfte)
 - Pilot-Versuche: sind Labor-Versuche vielversprechend → Pilotversuche bei Biogasanlagen
 - Methodenentwicklung um Flockung zu optimieren → Einflussfaktoren auf Flockung verstehen



Wolfgang Gabauer – IFA-Tulln, St. Pölten, 3. Dezember 2019

13

Vielen Dank!



Gärproduktaufbereitung: aktuelle Techniken zur effizienten Nährstoffrückführung und -aufbereitung

Wolfgang Gabauer
Universität für Bodenkultur Wien
Interuniversitäres Department für Agrarbiotechnologie, IFA-Tulln
Konrad Lorenz Str. 20, 3430 Tulln
Tel.: +43 1 47654-97424
E-Mail: wolfgang.gabauer@boku.ac.at

St. Pölten, 3. Dezember 2019