

# Produktentwicklung zur Gärproduktaufbereitung



## “BioFlock - Einsatz biologischer und nachhaltiger Flockungsmittel zur Gärproduktaufbereitung

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

11. Dezember 2020

## Projekt „BioFLOCK“

### ▪ Konsortium:

- Projektleitung: KBVÖ
- Subauftragnehmer: BOKU, IFA-Tulln
- Agrana Research and Innovation Center
- Firmenpartner, Biogasanlagenbetreiber



kompost  
& biogas  
verband

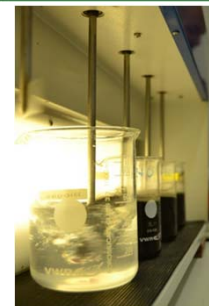


### ▪ Ziele des Projektes (Start Dezember 2019):

- Optimierung der Feinpartikelabrennung aus Gärresten durch Flockung
- Einsatz alternativer Flockungsmittel (Stärke, Chitosan) anstelle von Polyacrylamid
- Minimierung des Einsatzes von Haupt- und Hilfsflockungsmittel

### ▪ Durchführung – Feststoffabtrennung/Flockung:

- 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



Quelle: Gabauer IFA-Tulln, 2018

# Verfahrenstechniken Gärrestaufbereitung



Trocknung:	
+	-/?
<ul style="list-style-type: none"> <li>Nutzung vorhandener Abwärme</li> <li>Geringe Investitionskosten</li> <li>Marktfähiges/erprobtes Verfahren</li> <li>Keine Partikelentfernung nötig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sehr hoher thermischer Energieaufwand</li> <li>geringe Gesamt-Volumenreduktion</li> <li>Hoher Anteil unbehandelte Flüssigphase</li> <li>Staubentwicklung</li> </ul>
Verdampfung:	
+	-/?
<ul style="list-style-type: none"> <li>Nutzung vorhandener Abwärme</li> <li>Geringere Investitionskosten</li> <li>Unterdruck – Verdampfung unter 100°C</li> <li>Relative wartungsarme Technik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>höherer thermischer Energieaufwand</li> <li>Welche Volumenreduktion ist möglich?</li> <li><b>Verblockung Wärmetauscherflächen – effizient Feststoffentfernung</b></li> <li>Viskosität des eingedickten Gärprodukt</li> </ul>
Strippung:	
+	-/?
<ul style="list-style-type: none"> <li>Nutzung vorhandener Abwärme</li> <li>„reine Produktvarianten“: Ammoniakwasser, Ammoniumsulfat, Ammoniumnitrat</li> <li>Effizient bei hohen Ammoniakgehalten im Gärprodukt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Höhere Investitionskosten</li> <li>Bei Luftstrippung keine bzw. geringe Volumenreduktion</li> <li><b>Verblockung Füllkörper – effiziente Feststoffentfernung</b></li> <li>Hoher Mitteleinsatz (Kalk, Natronlauge)</li> </ul>
Membran-Verfahren:	
+	-/?
<ul style="list-style-type: none"> <li>Kleinstpartikel und gelöste Stoffe werden abgetrennt</li> <li>Großteil der gelösten Nährstoffe in Konzentrat der RO</li> <li>Wasser/Vorflutertauglichkeit – Volumen bis 50%</li> <li>Geschlossenes System, geringer Platzbedarf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>höhere Investitionskosten</li> <li>höherer elektrischer Energieaufwand-Hochdruckpumpen</li> <li>Fouling/Scaling – Rückgang Durchfluss/Flux</li> <li><b>Verblockung Membran – effiziente Feststoffentfernung</b></li> </ul>

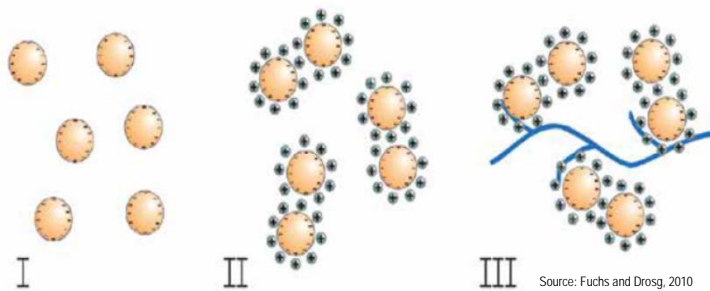


Quelle: NEW eco-loc Verfahrenstechnik GmbH, Symbolfoto



Source: Fuchs and Drosig, 2013

# Phasen der Flockenbildung



Source: Fuchs and Drosig, 2010

I.) Kolloide/Feinpartikel:	II.) Koagulation	III.) Flocculation
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Anionisch (negativ geladen)</li> <li>Suspension Partikeln &lt;50 µm</li> <li>- Partikel sedimentieren nicht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mit „Flockungsmittel“, Mikrofloccen</li> <li>- anorganische Flockungsmittel wie z.B. Metall-Salze (FeCl<sub>3</sub>, AlCl<sub>3</sub>,...)</li> <li>- Kationisch (positiv geladen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- mit „Flockungshilfsmittel“, Makrofloccen</li> <li>- organische Polymere wie z.B. Polyacrylamid, Stärke, Chitosan,...</li> <li>- Kationisch (positiv geladen)</li> </ul>

## Einflussfaktoren Flockung Gärreste



Eigenschaften Gärprodukt	Eigenschaften Polymer/Flockungsmittel	Technologie Flockung
TS-Gehalt	Polymerladung (Anion, Kation)	Rührenergie Polymer/Gärprodukt
Partikelverteilung	Polymerstruktur (linear, verzweigt, vernetzt)	Laminare oder turbulente Strömung
Salzkonzentration	Ladungsdichte	Reaktionszeit Polymer/Gärprodukt
Zeta-Potential	Viskosität	Mechanischer Abtrennprozess (Dekanterzentrifuge, Schneckenpresse, Siebband,...)
pH Wert	Konzentration Polymerlösung	Aggregation zu großen Flocken – langsam laufendes Rührwerk
Temperatur	Zeta-Potential	Verweilzeit Gärprodukt im System
Viskosität	Temperatur	Bildung von Schwimmschichten oder Sinkschichten
Extrazelluläre, polymere Substanzen (EPS, Proteine, Polysaccharide)	Härtegrad Wasser	Einstufige- oder zweistufige Flockung

Wolfgang Gabauer – IFA-Tulln, 11. Dezember 2020

## Unterschiedliche Schlämme, Gärprodukte unterschiedliche Verbräuche Flockungsmittel



Parameter	Einheit	Überschuss-schlamm	Faulschlamm	Gärprodukt A Abfallanlage	Gärprodukt B Abfallanlage	Gärprodukt C NAWARO
TS	[ % ]	0,43	1,65	2,33	3,06	4,32
Partikelverteilung	[ µm ]					
0 - 5		2 318	13 399	9 310	14 822	32 327
5 - 10		1 074	13 196	11 425	14 756	31 018
10 - 50		2 104	16 394	20 504	20 658	30 887
50 - 150		351	188	547	366	100
150 - 300		9	1	0	0	0
300 - 1.000		0	0	0	0	0
Partikelsumme		5 857	43 178	41 785	50 602	94 332
el. Leitfähigkeit	[ mS/cm ]	1,65	7,08	20,4	35,6	23,5

Wolfgang Gabauer – IFA-Tulln, 11. Dezember 2020

6

## Versuche Projekt „BioFlock“

- Screening Gärprodukte
  - Abfall-Anlagen
  - NAWARO-Anlagen
- Versuche mit konventionellen und alternativen Produkten
  - Flockungsmittel (Eisen(III)-chlorid, Polyaluminiumchlorid)
  - Flockungshilfsmittel (Polyacrylamid, Stärke, Chitosan)
- Optimierung alternativer Produkte/Flockungshilfsmittel
  - Stärke (Agrana, ARIC)
  - Chitosan
- Methoden/Analysen:
  - Flockung/„jar test“: (Arbeitsvolumen 300 ml)
  - Partikelverteilung (Mettler Toledo, G400)
  - Capillary suction time (Eigenbau)
  - Zeta-Potential (dilluted supernatant)
  - Volumen Flocke und Überstand (Filtration 1,00 mm Sieb)



Wolfgang Gabauer – IFA-Tulln, 11. Dezember 2020

## Flockungsversuche Gärprodukt

TS: 3,46%; Partikelsumme: 60.000; el. Leitfähigkeit: 38 mS/cm  
Zentrifugiert: 60 Sekunden bei 3.000 rcf



	Eisen(III)-chlorid [ Liter/m <sup>3</sup> ]	Ca(OH) <sub>2</sub> [ kg/m <sup>3</sup> ]	PAM [ Liter/m <sup>3</sup> ]	Partikelsumme Überstand	TS Festanteil [ % ]	Volumen Festanteil [ Liter/m <sup>3</sup> ]
unbehandelt	0	0	0	60 092	-	-
nur zentrifugiert	0	0	0	62 165	10,18%	117
nur Fe(Cl) <sub>3</sub>	14,25	0	0	49 638	9,92%	250
nur Ca(OH) <sub>2</sub>	0	11,07	0	59 745	20,27%	117
nur PAM	0	0	1,38	36 024	10,46%	183
nur Fe(Cl) <sub>3</sub>	7,13	0	0	67 558	9,27%	200
Fe(Cl) <sub>3</sub> + Ca(OH) <sub>2</sub>	7,13	11,07	0	48 442	18,39%	183
Fe(Cl) <sub>3</sub> + PAM	7,13	0	1,38	29 270	9,65%	233
Fe(Cl) <sub>3</sub> + PAM	14,25	0	1,38	4 979	9,79%	283

Wolfgang Gabauer – IFA-Tulln, 11. Dezember 2020

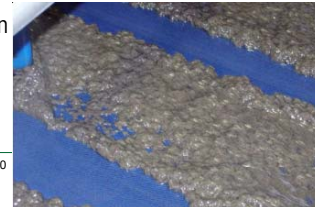
8

## Einsatz von Polyacrylamid (PAM)

(Quelle: B. Kopp, DWA Lehrertag 2011)



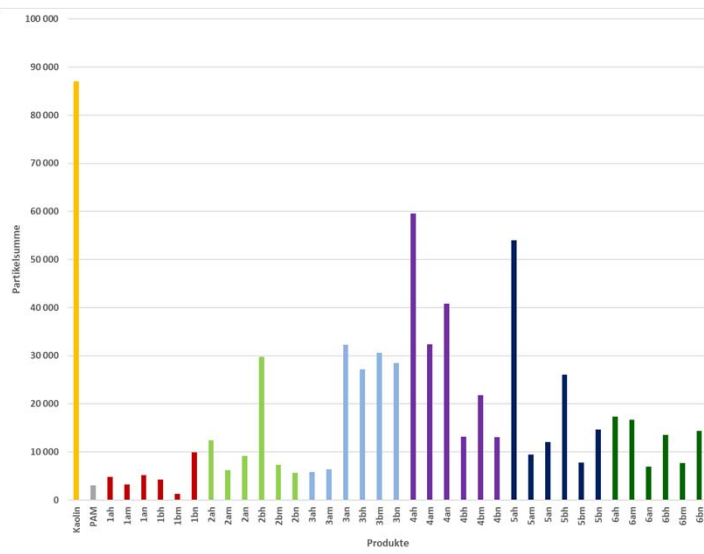
- Einsatz von PAM in Kläranlagen, Bergbau, Metallverarbeitung, Ölförderung, Bioethanol-Herstellung,...
- Vermehrt in Gülleaufbereitung und Gärproduktaufbereitung eingesetzt
- Acrylamid (Monomer) steht in Verdacht krebserregend zu sein
- Garantierter Restmonomergehalt in PAM Produkten: < 0,1%
- PAM „Estertyp“ unterliegt einer schnellen Hydrolyse: 50% des Ausgangsproduktes werden in Schlamm und Boden abgebaut
- Abbau des Grundgerüsts erfolgt wesentlich langsamer: Abbauraten von rund 10% pro Jahr
- Umwelrelevanz durch PAM konditionierten Klärschlamm in Landwirtschaft nicht gegeben
- Nur mit hochmolekulares PAM erreicht man scherstabile Flocken
- Naturprodukte erzielen diese hohe Wirkung bisher nicht



Wolfgang Gabauer – IFA-Tulln, 11. Dezember 2020

## Kaolin Flockung mit modifizierter Stärke

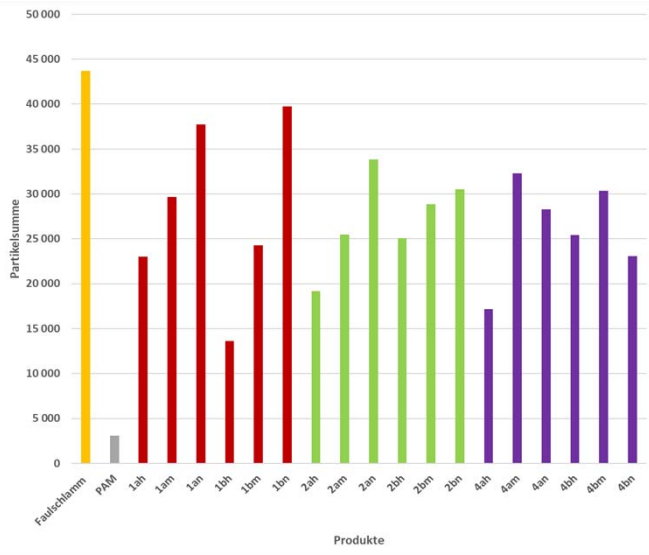
TS: 1,00%; Partikelsumme: 87.000; el. Leitfähigkeit: 0,019 mS/cm  
0,02 kg Polymer/kg TS (Obermaier et al., 2020)



10

## Faulschlamm Flockung mit modifizierter Stärke

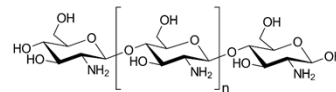
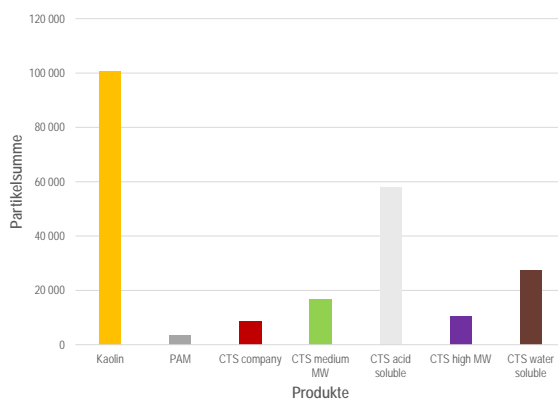
TS: 1,65%; Partikelsumme: 43.700; el. Leitfähigkeit: 7,08 mS/cm  
0,08 kg Polymer/kg TS (Obermaier et al., 2020)



11

## Kaolin Flockung mit Chitosan (CTS)

TS: 1,00%; Partikelsumme: 87.000; el. Leitfähigkeit: 0,019 mS/cm  
0,02 kg Polymer/kg TS (Obermaier et al., 2020)



12

## Ziele der Flockung/Feststoffabtrennung



- Ersatz von Polyacrylamid durch Bio Polymere wie Stärke oder Chitosan – Ziel hochwertiger Dünger
- Erzeugung der „optimalen Flocke“ für anschließenden mechanischen Abtrennprozess:
  - Möglichst vollständige Zusammenfügen/Flockung der Feinpartikel im Gärrest
  - „Scherstabile“ Flocken mit geringem Wassergehalt
  - Prozess mit regelbarer und reproduzierbarer Flockenstruktur
- Schwächen der „Flockenerzeugung“ werden oftmals durch Überdosierung Flockungsmittel kompensiert – hohe Kosten

Wolfgang Gabauer – IFA-Tulln, 11. Dezember 2020

## Produktentwicklung zur Gärproduktaufbereitung



### „BioFlock - Einsatz biologischer und nachhaltiger Flockungsmittel zur Gärrestaufbereitung

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

11. Dezember 2020