

# Hintergrundpapier H-010 Entpackung von Lebensmittel- abfällen und Abtrennung von Fremdstoffen

Stand Juli 2023

Der Fachverband Biogas e.V. hat sich seit seiner Gründung im Jahr 1992 zu Deutschlands und Europas größter und führender Interessensvertretung der Biogas-Branche entwickelt. Er vertritt Hersteller, Anlagenbauer, landwirtschaftliche wie auch industrielle Biogasanlagenbetreiber und Institutionen mit dem Ziel der Förderung des Umweltschutzes und der Sicherung einer nachhaltigen Energieversorgung. Satzungsgemäß verfolgt der Fachverband Biogas folgende Primärziele:

- Förderung von technischen Entwicklungen im Biogasbereich,
- Förderung, Auswertung und Vermittlung von wissenschaftlichen Erkenntnissen und praktischen Erfahrungen aus dem Bereich der Biogastechnik zum Wohle der Allgemeinheit und der Umwelt,
- Durchführung von Schulungen für Praxis und Beratung,
- Herausgabe von Publikationen in Schrift, Bild und Ton,
- Förderung des Erfahrungsaustausches durch Beteiligungen und Durchführung von Ausstellungen, Tagungen und anderen Veranstaltungen,
- Förderung des internationalen Erfahrungsaustausches durch Herstellung und Pflege von Kontakten im In- und Ausland,
- Förderung eines Beratungsnetzes durch Mitglieder in den verschiedenen Regionen,
- Erarbeitung von Qualitätsstandards für Planung und Errichtung von Biogasanlagen und Anlagenkomponenten.
- Erarbeitung von Qualitätsstandards für Gärprodukte
- Erarbeitung von Qualitätsstandards zum Betrieb von Biogasanlagen

Auf europäischer Ebene wird der Fachverband Biogas von dem Europäischen Biogasverband (EBA) vertreten, der sich im Jahr 2009 gründete und nunmehr Mitglieder aus 25 EU-Mitgliedsstaaten umfasst.

**Herausgeber:**

Fachverband Biogas e.V.  
Angerbrunnenstr. 12  
85356 Freising

Telefon: 08161-984660

Telefax: 08161-984670

E-Mail: [info@biogas.org](mailto:info@biogas.org)

Internet: [www.biogas.org](http://www.biogas.org)

**Haftungsausschluss:**

Das Hintergrundpapier Entpackung von Lebensmittelabfällen und Abtrennung von Fremdstoffen soll darüber informieren, was unter verpackten Lebensmittelabfällen zu verstehen ist und unter welchen technischen Bedingungen diese in Biogasanlagen eingesetzt werden können. Das Papier wurde mit großer Sorgfalt erstellt, der Herausgeber kann aber für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung übernehmen.

# Inhaltsverzeichnis

|  |        |
|--|--------|
| Inhaltsverzeichnis .....                                   | III    |
| Begriffsabgrenzung .....                                   | - 1 -  |
| Vorwort .....  | - 2 -  |
| 1. Hintergrund .....                                       | - 3 -  |
| 2. Einstufung der Fremdstoffe .....                        | - 4 -  |
| 3. Einstufung der Einsatzstoffe .....                      | - 5 -  |
| 4. Prozessablauf .....                                     | - 6 -  |
| 5. Aufführung von eingesetzten Aggregaten .....            | - 8 -  |
| A. Zerkleinerer .....                                      | - 8 -  |
| Rotorschere .....  | - 8 -  |
| Sackaufreißer (A. Zerkleinerer) .....                      | - 10 - |
| Ceron (Sackaufreißer) (A. Zerkleinerer) .....              | - 11 - |
| B. Separationszerkleinerer .....                           | - 13 - |
| Trennmühle™ .....  | - 13 - |
| Separationsmühle (B. Separationszerkleinerer) .....        | - 15 - |
| Paddle Depacker (B. Separationszerkleinerer) .....         | - 17 - |
| Turboseparator (B. Separationszerkleinerer) .....          | - 18 - |
| Smimo (Siebtrommel) (B. Separationszerkleinerer) .....     | - 20 - |
| C. Separationsauflöser .....                               | - 21 - |
| Pulper .....   | - 21 - |
| D. Separation .....  | - 23 - |
| Splitter (Spiralwellenseparator / Schneckensiebdeck) ..... | - 23 - |
| Schneckenpresse (D. Separation) .....                      | - 25 - |
| Schneckenpresse (D. Separation) .....                      | - 27 - |
| Kolbenpresse (D. Separation) .....                         | - 28 - |
| Extruderpresse (OREX Presse) (D. Separation) .....         | - 30 - |
| Trennschnecke (D. Separation) .....                        | - 32 - |
| Händisches Entpacken (D. Separation) .....                 | - 34 - |
| E. Sekundäre Separation .....                              | - 35 - |
| Grit-Abscheider .....                                      | - 35 - |
| Hydrozyklon (E. Sekundäre Separation) .....                | - 37 - |
| Sandfang (Sedimentation) (E. Sekundäre Separation) .....   | - 39 - |
| Zyklon (CleanRex) (E. Sekundäre Separation) .....          | - 41 - |

|    |  |        |
|----|--|--------|
| F. | Separation während der Vergärung .....                               | - 42 - |
|    | Skimmer und Bodenräumer .....  | - 42 - |
|    | Ausbaggern der Fermenter (F. Separation während der Vergärung) ..... | - 44 - |
| G. | Separation nach der Vergärung .....                                  | - 45 - |
|    | Pressschneckenseparator (STRAINPRESS®) .....                         | - 45 - |
|    | Filter-Separator (G. Separation nach der Vergärung) .....            | - 47 - |

# Begriffsabgrenzung

Bei der Ausarbeitung des Hintergrundpapiers wurden von den Beteiligten im Vorfeld unterschiedliche Begrifflichkeiten für die eingesetzten Substrate und Fremdstoffe im Prozessverlauf verwendet. Um Missverständnisse zu verhindern, wurden für die einheitliche Beschreibung und Darstellung der eingesetzten Techniken die Begriffe zusammengeführt und wie folgt definiert:

|                |  |
|----------------|--|
| LMA            | Lebensmittelabfälle  |
| Einsatzstoff   | Abfälle, vor allem LMA, die auf Grund von Fremd- oder Störstoffanteilen vor der Vergärung einer Aufbereitung evtl. mit vorhergehender Entpackung zugeführt werden müssen   |
| Biogassubstrat | Saubere evtl. aufbereitete Abfälle wie u.a. entpackte Lebensmittelabfälle, die direkt – ohne weitere Aufbereitung - in den Fermenter der Biogasanlagen eingebracht werden können.  |
| Gärprodukt     | Ausgegorenes Biogassubstrat - stoffliches Produkt: z.B. Düngemittel, Bodenhilfsstoff   |
| Aufbereitung   | Konditionierung der Einsatzstoffe z.B. durch Zerkleinerung, Separation, Fremdstoffabscheidung, Anmischung oder Eindickung  |
| Aufschluss     | Öffnen der Verpackung, um den biologischen Abbauprozess der Organik und eine Abtrennung der Fremdstoffe zu ermöglichen   |
| Fremdstoff     | Materialien, die die Qualität des Gärprodukts negativ beeinflussen oder bei der Verarbeitung den Betrieb stören (Störstoff). Einteilung der Fremdstoffe in der Einleitung (Verpackungsmaterialien, Fehlwürfe, Grobes, Steine, etc.)  |
| Effizienz      | Prozentuales Verhältnis der abgetrennten Fremdstoffe bezogen auf die im Einsatzstoff enthaltenen Fremdstoffe   |
| Rejekt         | Abgetrennter Fremdstoff zur externen Verwertung (oder Verbrennung), meistens mit Anteilen vergärbare Organik (Verlusten)   |
| Rezyklat       | Prozesswasser oder Zentrifugat zur Rückführung in die Aufbereitung oder Vergärung  |
| Schwerstoff    | Fremdstoffe, die schwerer als Wasser sind und absinken   |
| Schwimmstoff   | Fremdstoffe, die leichter als Wasser sind und aufschwimmen   |
| FM-Gehalt      | Die Feucht- oder auch Frischmasse (FM) bezeichnet die Gesamtmasse des Materials (z.B. Einsatzstoff, Substrat, Gärprodukt)  |
| TM-Gehalt      | Die Trockenmasse (TM) oder Trockensubstanz (TS) ist der Anteil der Feuchtmasse, der nach Abzug der Masse des enthaltenen Wassers übrig bleibt (FM=TM+Wasser). Bestimmt wird dieser Wert durch Erhitzung der Frischmasse auf 105°C bis Erreichen der Gewichtskonstanz.  |
| oTM-Gehalt     | Die organische Trockenmasse (oTM) oder Glühverlust ist der Anteil der organischen Bestandteile eines Stoffes im trockenen Zustand (TM=oTM+Mineralik). Errechnet wird dieser Wert aus der Gewichts Differenz zwischen der Trockenmasse und dem Gewicht nach Veraschung der Trockenmasse (Glührückstand) bei etwa 550 °C bis 650 °C. |

# Vorwort

Dieses Papier wurde auf Initiative des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) in Zusammenarbeit mit Betreibern von Biogasanlagen und Herstellern von Aufbereitungstechnologien durch den Fachverband Biogas e.V. (FvB) erstellt und zusammengeführt. Es leistet einen wichtigen Beitrag zur Aufklärung, was unter verpackten Lebensmittelabfällen zu verstehen ist und unter welchen technischen Bedingungen diese in Biogasanlagen eingesetzt werden können.

Bei der folgenden Zusammenstellung der einzelnen Verfahrensbeschreibungen wurde darauf geachtet, einen möglichst umfassenden Überblick der in der Praxis bestehenden Techniken und angewandten Verfahren abzubilden.

**Sollten weitere Techniken oder Verfahren nicht berücksichtigt sein, so teilen Sie uns dies für eine zukünftige Abbildung bitte mit.**

Die konkreten Beschreibungen der eingesetzten Aggregate basieren auf schriftlichen Angaben von Herstellern und Betreibern, von denen die meisten im FvB organisiert sind. Allen Beteiligten und Mitwirkenden sei an dieser Stelle für die Mitarbeit und Unterstützung gedankt.

# 1. Hintergrund

Verpackte Lebensmittelabfälle (LMA) als Einsatzstoffe für Biogasanlagen werden vor der Vergärung grundsätzlich entpackt, aufbereitet und von Fremdstoffen befreit. Unsachgemäß eingebrachte Fremd- und Störstoffe können die Anlagentechnik beeinträchtigen oder sogar beschädigen und damit zu hohen Kosten sowie Mehraufwand führen. Fremdstoffe, welche keine Störungen verursachen und möglicherweise nach dem biologischen Umsetzungsprozess in geringen Mengen im Substrat enthalten sind, können aufgrund des niedrigeren TM-Gehaltes und der höheren Fließfähigkeit nach dem biologischen Abbauprozess viel einfacher und effektiver abgetrennt werden als im ursprünglichen Einsatzstoff. Hierdurch reduziert sich der Verlust an biologisch abbaubarer Organik über den gesamten Aufbereitungsprozess. So können Gärprodukte nahezu vollständig von Fremdstoffen befreit werden, wie umfangreiche Analysen aus gütegesicherten Anlagen (Tab. 1) belegen (s. Information der Bundesgütegemeinschaft Kompost e.V. (BGK) „Kunststoffe in Kompost und Gärprodukten“ auf der Seite: [www.kompost.de](http://www.kompost.de)).

**Tab. 1: Gehalte an Fremdstoffen > 2mm in Gärprodukten (BGK, 2019 verändert)**

|                       | Analysen | Trockenmasse | Fremdstoffe<br>gesamt | Folien-<br>kunststoffe | Hart-<br>kunststoffe <sup>1)</sup> | Kunststoffe<br>gesamt |
|-----------------------|----------|--------------|-----------------------|------------------------|------------------------------------|-----------------------|
|                       |          | (% FM)       | Gew.-% TM             | Gew.-% TM              | Gew.-% TM                          | Gew.-% TM             |
| Median                | 417      | 4,94         | 0,000                 | 0,000                  | 0,000                              | 0,000                 |
| Arithmetisches Mittel | 417      | 6,71         | 0,023                 | 0,010                  | 0,013                              | 0,023                 |

1) Gehalt an Hartkunststoffen rechnerisch geschätzt (Hartkunststoffe = Fremdstoffe gesamt abzgl. Glas abzgl. Folienkunststoffe)

2) Gärprodukt aus der Behandlung von Bioabfällen (hier nicht enthalten: reine NawaRo-Gärprodukte)

Oftmals ergeben sich allerdings Unstimmigkeiten in der öffentlichen Wahrnehmung, wie die verschiedenen Abfälle definiert sind, unter welchen Bedingungen diese in Biogasanlagen als Einsatzstoff genutzt und welche Qualitäten der daraus resultierenden Gärprodukte erreicht werden können.

Auslöser der Debatte um den Einsatz von verpackten LMA ist eine nach Abwasserrecht genehmigte Kläranlage gewesen, welche 2018 aufbereitetes Substrat von einer Anlage zur Aufbereitung von LMA angenommen hatte. Nach der Vergärung im Faulturm und anschließender Separation konnten schließlich Fremdstoffe über die flüssige Phase in die Abwasserklärung gelangen. Vor der Einleitung in den Vorfluter wurden diese nicht ausreichend entfernt und verursachten über Monate eine Verschmutzung des in weiten Teilen ausgewiesenen Landschaftsschutzgebietes. Durch diesen Vorfall rückten auch Biogasanlagen, welche verpackte LMA sowohl aufbereiten als auch vergären, in den Verdacht Grenzwerte bei Abgabe von Gärprodukten nicht erfüllt zu haben.

Eine Entschließung des Bundesrates zur Vermeidung von Kunststoff-Verunreinigungen in der Umwelt bei der Entsorgung verpackter Lebensmittel führte bereits zu einer Anpassung der Vorgaben an Fremdstoffgehalten in der Düngeverordnung (DüMV). Zudem wurde die Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) dazu angehalten, ein Konzept zur ordnungsgemäßen und schadlosen Verwertung von verpackten LMA zu erarbeiten. Dieses kann unter [https://www.laga-online.de/documents/laga\\_konzept\\_verpackte-lebensmittelabfaelle\\_20190618\\_umk-uml35-2019\\_vollzugshilfe-bioabfall\\_1574075804.pdf](https://www.laga-online.de/documents/laga_konzept_verpackte-lebensmittelabfaelle_20190618_umk-uml35-2019_vollzugshilfe-bioabfall_1574075804.pdf) (letzter Zugriff 18.03.2020) abgerufen werden. Die Umweltministerkonferenz (UMK) stimmte dem Konzept im November 2019 zu. Inhalte des Konzeptes werden erst durch die Aufnahme in Rechtsverordnungen – vor allem durch eine Novellierung der Bioabfallverordnung (BioAbfV) - oder länderspezifischen Erlassen rechtskräftig.

Ein Gütezeichen für die freiwillige Qualitätssicherung für Substrate aus der Verwertung von verpackten und unverpackten Lebensmittelabfällen wurde bereits von der BGK entwickelt und steht Betreibern von Aufbereitungsanlagen seit Januar 2020 zur Verfügung. Weitere Informationen zu Qualitätssicherung von Lebensmittelabfällen, Gärprodukten und Komposten sind unter <https://www.gaerprodukte.de/> und <https://www.kompost.de/quetesicherung/quetesicherung-lebensmittelrecycling> abrufbar.

## 2. Einstufung der Fremdstoffe

Die eingesetzten Verpackungsmaterialien für Lebensmittel müssen im Verlauf von der Produktion bis zum Endverbraucher unterschiedlichsten Anforderungen genügen. Die Materialien und deren Anforderungen können nach §3 (1) Verpackungsgesetz (VerpackG) grob in die Kategorien Verkaufsverpackung, Umverpackung und Transportverpackung unterteilt werden. Somit sind seitens der Verpackungsindustrie neben hygienischen Aspekten, lebensmitteltauglichen Eigenschaften sowie Stapel- bzw. Transportfähigkeit der Materialien auch Herausforderungen zur Haltbarkeit und Konsistenz der Lebensmittel zu erfüllen und zu beachten. Diese vielschichtigen Anforderungen an materielle Eigenschaften der Verpackung spiegeln sich in der Folge auch in der Verfahrenstechnik wieder, welche diese in einer möglichst hohen Qualität von den Lebensmitteln trennen soll. Die verwendeten Materialien sind vor allem Plastik, Glas, Holz, Metall, Pappe und Papier. Durch den Verbund oder Mischungen unterschiedlicher Verpackungsmaterialien können mehrstufige Aufbereitungsverfahren erforderlich werden, um ein Durchreichen einzelner Fremdstoffe zu verhindern. Verfahrenstechnisch zu unterscheiden sind hierbei Fremdstoffe, die schwerer sind als Wasser und sedimentieren, sogenannte Schwerstoffe (z.B. Hartplastik, Glas, Metall, Grit) und aufschwimmende Fremdstoffe, sogenannte Schwimmstoffe (z.B. LVP, ggfs. PPK).

Zur Einstufung, ob die vorgestellten Technologien zur Entpackung bzw. Abscheidung bestimmter Fremdstoffe geeignet sind, wird folgende Kategorisierung für verschiedenen Materialien vorgenommen:

|              |   |
|--------------|---|
| LVP:         | Leichtverpackungen, verformbare Kunststoffe, Plastikfolien, Tüten, Styropor, Filmplastik  |
| Verbund:     | Verbund verschiedener Werkstoffe (z.B. Getränkekartons, TetraPak)   |
| Hartplastik: | Nicht oder schwer verformbare (spröde) Kunststoffe (z.B. Joghurtbecher, Obstschalen, Pflanzentöpfe, Plastikflaschen, Fässer)  |
| Metall:      | Dosen, Konserven, Alufolien, Kronkorken, Besteck, Aludeckel (z.B. von Joghurt)  |
| PPK:         | Papier, Pappe, Kartonage (z.B. Zeitungen, Papierverpackungen und Tüten, Handlingsverpackung aus Karton)   |
| Glas:        | Einweggläser, Flaschen, Porzellan   |
| Grobes:      | Überdimensionierte Störstoffe (z.B. Paletten, Körbe, Wurzeln, Fleischerhaken)   |
| Spinnend:    | Lange, evtl. dehbare oder auch zopfende Störstoffe, die sich um bewegliche oder drehende Teile wickeln können (Netze, Bänder, abgerollte Kunststoffe, Seile, Tierfelle) |
| Sand:        | Feinste mineralische Komponenten  |
| Grit:        | Steine, Kies, Glassplitter, Knochen, Eierschalen, kleine Metallteile, Muscheln  |
| Mischung:    | Mischverpackungen aus o.g. Kategorien (z.B. Glas + Holzdeckel + Metall), Saisonartikel (z.B. Weihnachtskalender)  |
| Fehlwürfe    | Kleidung, Dekorationsartikel, Wasch- und Kosmetikprodukte   |



### 3. Einstufung der Einsatzstoffe

Um eine effektive Aufbereitung gewährleisten zu können sind auch die Eigenschaften der Lebensmittel selbst beim Einsatz der Techniken zu berücksichtigen. LMA können in flüssiger, weicher (pastöser) und fester (trockener, gefrorener) Form anfallen. Dementsprechend können die Lebensmittel unmittelbare Auswirkungen auf die Abtrenntechnik hervorrufen, wie z. B. Verstopfungen durch Verschmieren von drehenden Teilen durch pastöse LMA oder Hitzeentwicklung durch trockene oder gefrorene LMA. Für die Kategorisierung möglicher Einsatzstoffe für die beschriebenen Verfahren wird folgende Einteilung vorgenommen:

|                 |  |
|-----------------|--|
| Flüssige LMA:   | Getränke, industrielle Schlämme, Fette, Öle, Trester, Schlempen  |
| Weiche LMA:     | Obst, Gemüse, Käse, Wurst, Milchprodukte (z.B. Joghurt), Backware, Teig, Babynahrung, Süßwaren, Eiscreme   |
| Harte LMA:      | Speck, Fleisch- und Schlachtabfälle, gefrorene Fertigprodukte (z.B. Tiefkühlpizza, Fleisch, Fisch, Gemüse), Altbrot, nicht gekochte Ware (z.B. Kartoffeln, Karotten) |
| KuS-Abfälle     | Küchen- und Speiseabfälle, getrennt erfasste Speisereste aus der Gastronomie (Restaurants, Kantinen, Küchen, Hotels, etc.)   |
| Quellende LMA   | Trockenfutter, nicht gekochte Ware (z.B. Nudeln)   |
| Ldw. Reststoffe | Festmist, Futterreste, Gülle, Stroh  |
| Biogut:         | Getrennt erfasste Bioabfälle über die Biotonne aus privaten Haushalten   |
| Grüngut:        | Garten- und Parkabfälle, Rasenschnitt  |
| Restabfall:     | Gemischte Siedlungsabfälle aus privaten Haushalten   |

Der Fremdstoffanteil der mit den Abfällen angeliefert wird, kann bis zu 25% bezogen auf die Frischmasse (FM) betragen. Bezogen auf die Trockenmasse (TM) sind es oft bis zu 40% TM. Abhängig von der Fremdstoffkonzentration im Einsatzstoff und verwendeter Aufbereitungsverfahren/-schritte können weiterhin Fremdstoffe im Gärprodukt nach der Vergärung enthalten sein. Prinzipiell gilt, je weniger Fremdstoff im Einsatzstoff, desto weniger auch im Biogassubstrat und Gärprodukt.

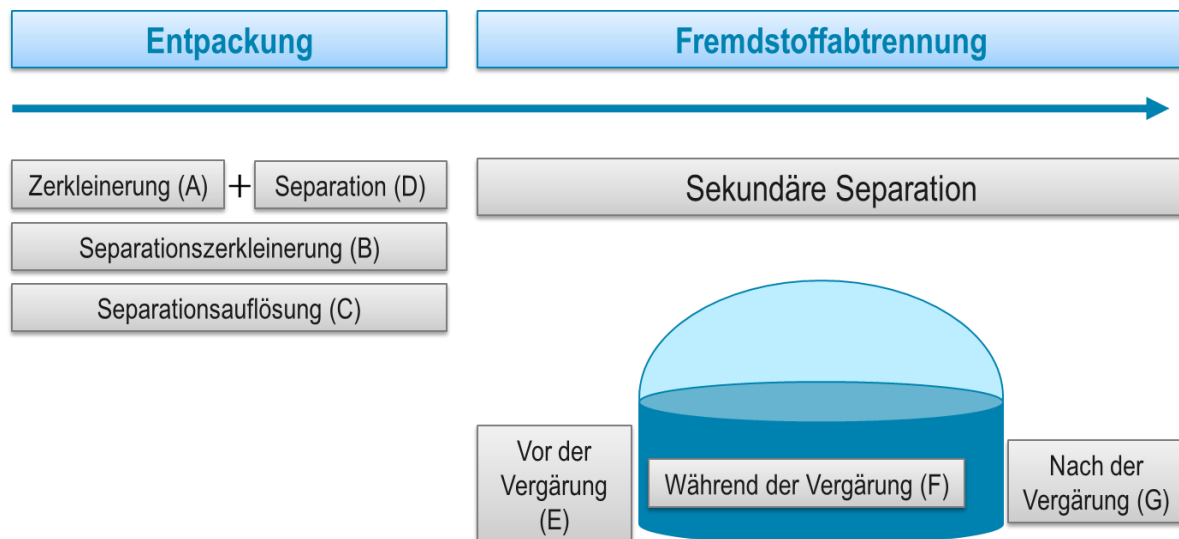
Aus diesem Grund wird seitens der Branche eine zwingende „Endkontrolle“ nach der biologischen Behandlung durch eine Vollstromabsiebung gefordert. So können Restverunreinigungen aus flüssigen Gärprodukten vor der Ausbringung erfolgreich entfernt werden. Das Einhalten rechtlicher Vorgaben und freiwilliger Produktvorgaben werden garantiert und darüber hinausgehende Qualitäten erreicht, um Gärprodukte als hochwertige Düngemittel einzusetzen.

## 4. Prozessablauf

Um eine gewisse Übersichtlichkeit der verfügbaren Techniken zu erlangen, wurden die beiden Prozesse Entpackung und Abtrennung von Fremdstoffen in diesem Papier separat betrachtet. Die Entkopplung der Techniken soll lediglich der Eignung für die festgelegten Einsatzstoffe und Fremdstoffe dienen und nicht zu einer Bewertung der Gesamteffizienz des Abtrenngrades im Verlauf des Verfahrens führen. Tatsächlich kann in der Praxis nicht immer eine eindeutige Trennung der einzelnen Prozessabläufe festgelegt werden, da je nach eingesetzter Technik, Einsatzstoff und Fremdstoff Prozessabläufe ineinander greifen, sich überlagern und ergänzen.

Unter Entpackung ist der Aufschluss für die Weiterverarbeitung zu verstehen. D.h. je nach technischer Einheit die reine Öffnung bzw. Zerkleinerung der Verpackung ohne weitere Aufbereitung oder eine mit einer Abtrennung von Fremdstoffen integrierten Verfahrensweise. Der Einsatz einer Technik zur reinen Entpackung wird dabei allerdings immer in Kombination mit einer nachfolgenden Abtrennungstechnik für Fremdstoffe eingesetzt. Somit verfügen die Aufbereitungsanlagen über mehrere technische Einheiten mit einem der Verpackung angepassten Aufschluss. Die Abtrennung der aus der Entpackung resultierenden Fremdstoffe erfolgt dann mit einer auf die entsprechende Fraktion optimierten Technik. Durch die Aufbereitung kann schließlich der biogene Anteil (Biogassubstrat) optimal energetisch und stofflich (Biogas- und Gärproduktzerzeugung) verwertet werden. Auch der abgetrennte Fremdstoff (Rejekt) kann je nach Reinheit einer Verwertung zugeführt werden. Insgesamt gilt, je besser die Trennung zu Beginn eines Prozesses gelingt, desto ökonomischer und stabiler sind alle nachfolgenden Schritte.

Die folgende Grafik (Abb. 1) stellt einen schematischen Ablauf der einzelnen verfahrenstechnischen Schritte, bezogen auf den eingesetzten Zeitpunkt im Verlauf der gesamten Gärstrecke dar. Zur Entpackung von Lebensmittelabfällen ist eine schonende Zerkleinerung notwendig (A). Diese kann für sich alleine mit nachfolgender Separation (D) oder in einem gemeinsamen Verfahrensschritt als Separationszerkleinerung (B) oder Separationsauflösung (C) geschehen. Die weitergehende Abtrennung von Fremdstoffen, insbesondere von Mineralik (Sand, Steine, Glas) aber auch LVP kann vor der Vergärung als sekundäre Separation (E), als zusätzlicher Schritt nach der (primären) Separation oder auch während (F) und nach der Vergärung (G) in Biogasanlagen geschehen.



**Abb. 1: Schematischer Prozessablauf und Einsatzzeitpunkt der Aufbereitungstechniken**

In Abb. 2 werden die Aggregate den eingesetzten Einsatzstoffen und Fremdstoffen gegenübergestellt. Die gewählte Einstufung stellt dabei keine Bewertung der Aggregate an sich dar, sondern basiert auf die technische Eignung für eine bestimmte Art der Einsatz- und Fremdstoffe sowie deren Menge. In den meisten Fällen findet in der Praxis eine mehrstufige Abtrennung statt, wodurch nicht relevante Anwendungsbereiche bei der Einstufung herausfallen. Ferner wurde berücksichtigt, dass die in diesem Papier vorgestellten Verfahren anlagenspezifisch und zielorientiert kombiniert und aufeinander abgestimmt werden können. **Über das Beste Ergebnis entscheidet somit die Kombination und nicht eine einzelne Technik.**

|               |                 | Entpackung    |               |       |            |                  |                 |                |       |        |          |                 |              | Fremdstoffabtrennung |                |                      |                 |                      |          |        |                                  |                         |                               |                  |    |
|---------------|-----------------|---------------|---------------|-------|------------|------------------|-----------------|----------------|-------|--------|----------|-----------------|--------------|----------------------|----------------|----------------------|-----------------|----------------------|----------|--------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------|----|
|               |                 | A             |               |       | B          |                  |                 |                |       | C      | D        |                 |              |                      | E              |                      |                 |                      | F        |        | G                                |                         |                               |                  |    |
|               |                 | Zerkleinerung |               |       |            |                  |                 |                |       |        |          |                 |              | Separation           |                |                      |                 | Sekundäre Separation |          |        | Separation während der Vergärung |                         | Separation nach der Vergärung |                  |    |
|               |                 | Rotorschere   | Sackaufreißer | Ceron | Trennmühle | Separationsmühle | Paddel-Depacker | Turboseparator | Smimo | Pulver | Splitter | Schneckenpresse | Kolbenpresse | Extruderpresse       | Trennschnecken | Händisches Entpacken | Grit-Abscheider | Hydrozyklon          | Sandfang | Zyklon | Skimmer und Bodenräume           | Ausbagern der Fermenter | Pressschneckenseparator       | Filter-Separator |    |
| Einsatzstoffe | Flüssige LMA    | ++            | +             | ++    | ++         | ++               | ++              | ++             | ++    | ++     | 0        | ++              | ++           | ++                   | ++             | ++                   | ++              | ++                   | ++       | ++     | ++                               | ++                      | ++                            | 0                | ++ |
|               | Weiche LMA      | ++            | +             | ++    | ++         | ++               | ++              | ++             | ++    | ++     | ++       | ++              | ++           | ++                   | ++             | ++                   | +               | +                    | ++       | ++     | ++                               | ++                      | ++                            | 0                | +  |
|               | Harte LMA:      | ++            | +             | ++    | ++         | ++               | ++              | ++             | ++    | ++     | ++       | -               | ++           | +                    | ++             | ++                   | +               | +                    | ++       | ++     | ++                               | ++                      | ++                            | 0                | +  |
|               | KuS-Abfälle     | ++            | +             | 0     | ++         | 0                | ++              | ++             | ++    | ++     | ++       | ++              | ++           | ++                   | ++             | -                    | +               | +                    | ++       | +      | ++                               | ++                      | ++                            | ++               | +  |
|               | Quellende LMA   | 0             | 0             | 0     | -          | 0                | 0               | 0              | 0     | +      | +        | +               | 0            | 0                    | 0              | +                    | 0               | 0                    | ++       | +      | 0                                | ++                      | 0                             | 0                | 0  |
|               | Ldw. Reststoffe | 0             | 0             | 0     | -          | 0                | 0               | 0              | 0     | 0      | +        | 0               | 0            | 0                    | 0              | -                    | 0               | 0                    | 0        | 0      | 0                                | ++                      | -                             | -                | -  |
|               | Biogut          | ++            | +             | +     | ++         | ++               | ++              | ++             | 0     | ++     | ++       | ++              | ++           | ++                   | 0              | -                    | +               | +                    | ++       | 0      | 0                                | ++                      | ++                            | -                | -  |
|               | Grüngut         | ++            | ++            | +     | ++         | ++               | 0               | 0              | 0     | +      | +        | ++              | 0            | 0                    | 0              | -                    | 0               | 0                    | 0        | 0      | 0                                | +                       | 0                             | -                | -  |
| Restabfall    | 0               | ++            | +             | 0     | ++         | 0                | 0               | 0              | ++    | ++     | 0        | 0               | ++           | 0                    | -              | 0                    | 0               | 0                    | 0        | 0      | +                                | 0                       | 0                             | 0                |    |
| Fremdstoffe   | LVP             | ++            | ++            | ++    | ++         | ++               | ++              | ++             | ++    | ++     | ++       | ++              | ++           | ++                   | -              | -                    | -               | -                    | ++       | ++     | ++                               | ++                      | ++                            | ++               | ++ |
|               | Verbund         | ++            | ++            | ++    | ++         | ++               | ++              | ++             | ++    | 0      | ++       | ++              | ++           | 0                    | ++             | -                    | -               | -                    | ++       | ++     | ++                               | ++                      | ++                            | ++               | ++ |
|               | Hartplastik     | ++            | ++            | ++    | ++         | ++               | ++              | ++             | ++    | 0      | ++       | ++              | ++           | 0                    | +              | 0                    | 0               | -                    | ++       | ++     | ++                               | ++                      | ++                            | ++               | ++ |
|               | Metall          | ++            | ++            | ++    | ++         | ++               | ++              | ++             | ++    | 0      | ++       | ++              | ++           | -                    | -              | ++                   | ++              | +                    | 0        | ++     | ++                               | 0                       | ++                            | ++               | ++ |
|               | PPK             | 0             | 0             | 0     | 0          | -                | 0               | 0              | ++    | ++     | 0        | +               | 0            | +                    | ++             | -                    | -               | -                    | 0        | 0      | 0                                | ++                      | 0                             | 0                | 0  |
|               | Glas            | ++            | ++            | ++    | -          | -                | -               | -              | -     | ++     | 0        | -               | -            | ++                   | -              | -                    | ++              | ++                   | ++       | -      | ++                               | ++                      | -                             | -                | 0  |
|               | Grobes          | -             | -             | ++    | -          | -                | 0               | 0              | 0     | ++     | -        | ++              | 0            | -                    | 0              | ++                   | -               | -                    | -        | 0      | 0                                | +                       | -                             | -                | 0  |
|               | Spinnend        | 0             | -             | 0     | 0          | 0                | -               | -              | 0     | 0      | 0        | 0               | 0            | 0                    | 0              | ++                   | 0               | 0                    | 0        | 0      | 0                                | 0                       | 0                             | 0                | 0  |
|               | Sand            | 0             | 0             | 0     | 0          | 0                | -               | -              | 0     | 0      | 0        | 0               | 0            | 0                    | 0              | -                    | ++              | ++                   | ++       | 0      | ++                               | ++                      | -                             | -                | 0  |
|               | Grit            | ++            | ++            | 0     | 0          | 0                | -               | -              | -     | -      | 0        | 0               | 0            | +                    | 0              | -                    | ++              | ++                   | ++       | +      | ++                               | +                       | -                             | -                | 0  |
|               | Mischung        | ++            | ++            | ++    | 0          | 0                | +               | +              | 0     | ++     | 0        | 0               | 0            | 0                    | ++             | 0                    | ++              | 0                    | 0        | 0      | 0                                | +                       | 0                             | 0                | ++ |
| Monocharge    | 0               | 0             | 0             | +     | 0          | 0                | 0               | +              | 0     | 0      | -        | -               | +            | -                    | ++             | 0                    | 0               | 0                    | 0        | 0      | 0                                | 0                       | 0                             | 0                |    |

| Einstufung             | Bedeutung   |
|------------------------|---|
| Sehr gut geeignet      | ++ technisch kein Problem   |
| Überwiegend geeignet   | + Abhängig von (z.B. Einsatzstoff TM Gehalt / Fließfähigkeit / Prozesswasser) |
| eingeschränkt geeignet | - Abhängig von (z.B. Fremdstoff max. Korngröße)                               |
| Nicht geeignet         | -- technische Störungen zu erwarten   |
| Keine Angabe           | 0 technisch nicht relevant, möglicherweise über Vor-/Nachbehandlung abgedeckt |

Abb. 2: Eignung der eingesetzten Techniken in Bezug auf Einsatzstoff und Fremdstoff

## 5. Aufführung von eingesetzten Aggregaten

### A. Zerkleinerer

#### **Rotorschere**

Hersteller: Untha Deutschland GmbH

#### Ziel des Verfahrensschrittes

Reine Zerkleinerung, bei der die Entpackung über ein schneidendes Verfahren erreicht wird

#### Verfahrensbeschreibung

Es wird unterschieden zwischen 2 oder 4 Wellen Zi als „Stand-alone-Lösung“ betrieben, oder in komplex

Das 4-Wellen-Zerkleinerungssystem ist für ein breites Anwendungsspektrum einsetzbar. Das robuste Schneidwerk ist in einer massiven Gussrahmenkonstruktion integriert. Die langsam laufenden 4-Wellenzerkleinerer sind somit störstoffunempfindlich und sehr wartungsarm. Die Maschinen verfügen über ein hohes Drehmoment bei niedrigen Motorisierungen mittels 5,5 kW, 7,5 kW bzw. 11 kW Motoren. Im Falle eines Störstoffeintrags stoppt die Zerkleinerungsmaschine automatisch – dies regelt die elektrische Steuerung über die Stromaufnahme und es folgt daraufhin ein Reversieren des Schneidwerkes. Dies ist speziell bei der Zerkleinerung von problematischen Materialien von Vorteil. Diese Zerkleinerer sind besonders störstoffresistent. Durch den Selbsteinzug kommen die Zerkleinerungsmaschinen ohne hydraulisches Schiebersystem aus, was den Wartungsbedarf weiter reduziert. Außerdem werden die Maschinen auch im Schichtbetrieb eingesetzt. Die Schneidwerke bestehen aus einzelnen Schneidscheiben, die man individuell auffädeln und ersetzen kann.

Durch ein modulares Baukastensystem des Maschinenaufbaues und durch verschiedene Schneidwerkskonfigurationen sind diese 4-Wellenzerkleinerer besonders flexibel einsetzbar. Zusätzlich können Drehzahlen, Drehmomente, Abdichtungen, Schneidwerksöffnungen und Lochsiebe an die gestellten Anforderungen angepasst werden. Das gewährleistet höchste Flexibilität bei maximaler Zuverlässigkeit. Die Maschinen können zusätzlich mit Separier- und Fördertechnik, maßgeschneiderten Trichtern und Untergestellen sowie elektrischen Steuerungen und Steuerungserweiterungen ausgestattet werden.

Für Lebensmittelabfälle und Biomasse werden auch die Untha-2-Wellen-Zerkleinerungssystem in der Vorzerkleinerung und/oder auch Nachzerkleinerung eingesetzt. Die Zerkleinerungsmaschinen sind so aufgebaut, dass ein einfaches und effizientes Wechseln der Schneidscheiben möglich ist. Ein Abstreifsystem verhindert, dass sich der Einsatzstoff nicht um die Schneidwellen wickelt. Außerdem ermöglicht dieses Abstreifsystem bei ausreichend kleiner Korngröße ein schnelles Austragen aus dem Maschineninneren bei großer Durchsatzleistung. Die modulare Bauweise erlaubt eine hohe Durchsatzleistung in Anwendungen in der biologischen Abfallbehandlung. Verschiedenen Schneidwerksbreiten, Motoren und weiteren technischen Optionen bieten variable Anpassungsmöglichkeiten.

#### Eignung für folgende Einsatzstoffe

Flüssige, weiche und feste LMA, Speisereste, Bio- und Grüngut

#### Eignung für folgende Fremdstoffe:

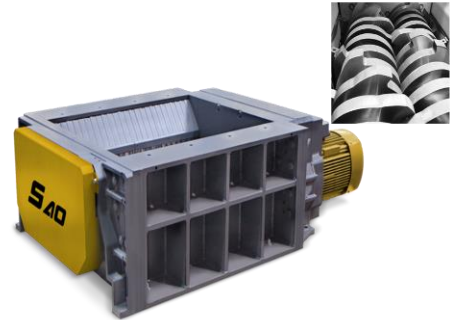
LVP, Verbund, Hartplastik, Metall, Glas, Knochen, Mischungen etc.

#### Nicht geeignet für folgende Materialien

Massive Metallteile (hierfür haben die Maschinen ihre Reversierautomatik)

#### Effizienz

Nur Aufschluss, noch keine Abtrennung



Anteile Fremdstoff in der Organik (nach Abtrennung)

Nur Aufschluss, noch keine Abtrennung

Anteil Organik im ausgeschleusten Material (Rejekt)

Nur Aufschluss, noch keine Abtrennung

Energieverbrauch

Niedrige Motorisierung mittels 5,5 kW, 7,5 kW, 11 kW u.a.

Verbreitung des Verfahrens

In Deutschland mehr als 80 Maschinen

Gesamte Durchsatzmenge

0-20 t/h pro Aggregat möglich

## **Sackaufreißer (A. Zerkleinerer)**

Hersteller: DB Technologies BV, An Anaergia Company

### Ziel des Verfahrensschrittes

Öffnen von Behältnissen und Verpackungen ohne übermäßige Zerkleinerung

### Empfohlene Vor- und Nachbereitungsschritte

Extruderpresse, Cleanrex, Filter-separator

### Verfahrensbeschreibung

Die Maschine kann als „Einwellen Shredder“ eingestuft werden, ist aber ein langsam drehendes Aggregat und dient zur erhöhten Trenneffizienz in nachgeschalteten Trennschritten. Dabei wird der Einsatzstoff per Fördertechnik oder Radlader von oben zugeführt und einer rotierenden Welle mit Zähnen und stationären Gegenschneiden ausgesetzt. Die Verpackung wird somit aufgerissen, fällt nach unten durch und wird abtransportiert.

### Eignung für folgende Einsatzstoffe

Das Verfahren wird vornehmlich für das Öffnen von Müllsäcken (Restabfall) und Bio- und Grüngut sowie flüssige, weiche und feste LMA eingesetzt, z.B. wenn diese in Säcken angeliefert werden.

### Eignung für folgende Fremdstoffe

Verarbeitung von LVP, Verbund, Hartplastik, Metall, Glas, Knochen, Mischungen etc. Nicht zerkleinerbare Fremdstoffe werden abgeschieden.

### Nicht geeignet für folgende Materialien

BigBags und Kleinverpackungen müssen in vorgeschalteten Aggregaten aufgeschlossen werden.

### Effizienz

Die Effizienz vom Sackaufreißer bezieht sich auf Säcke mit einem Fassungsvermögen von 3 Liter oder mehr. Dabei können über 95% geöffnet werden.

### Anteile Fremdstoff in der Organik (nach Abtrennung)

Nur Aufschluss, noch keine Abtrennung

### Anteil Organik im ausgeschleusten Material (Rejekt)

Nur Aufschluss, noch keine Abtrennung

### Energieverbrauch

0,5 – 0,75 kWh/t Einsatzstoff

### Verbreitung des Verfahrens

Der Sackaufreißer wird vor allem in der Verwertung von Restabfall eingesetzt, mit Anlagen in Europa, Nordamerika, Asien und Afrika.

Mindestens eine Anlage im Bereich der Entpackung von LMA

### Gesamte Durchsatzmenge

Je nach Modell schwankt der Durchsatz zwischen 15-65 t/a

## **Ceron (Sackaufreißer) (A. Zerkleinerer)**

Hersteller: Doppstadt Umwelttechnik GmbH

### Ziel des Verfahrensschrittes

Öffnen von Säcken, Kanistern etc. durch Reißen zwischen zwei Werkzeugen mit großem Schnittpalt. Kunststoffolie wird gerissen nicht geschnitten, bleibt lang und lässt sich im Folgenden besser abtrennen.

### Empfohlene Vor- und Nachbereitungsschritte

Splitter, Schneckenpresse. Erster Verfahrensschritt vor einer Separation (Handsortierung, Presse etc.).

### Verfahrensbeschreibung

Doppstadt war mit der DW-Baureihe (Doppstadt Walzenzerkleinerer) Pionier des Prinzips der Einwalzenzerkleinerung. Wird die heute Ceron genannte Maschine ohne Limiter ausgestattet, wird das Aufgabematerial lediglich angerissen/aufgerissen und nicht weiter zerkleinert. Durch hydraulisch verstellbaren Gegenkamm kann die Walze in festgelegten Intervallen automatisch von wickelnden Materialien abgereinigt werden. Die langsam laufende Zerkleinerung sorgt für große Stückgröße im aufgeschlossenen Einsatzstoff und einen besseren Trenngrad im in folgenden Separationsschritt.



Bild: Umwicklungen an der Walze



Bild: Walze nach der Entfernung durch die automatische Kammpositionierung

### Eignung für folgende Einsatzstoffe

Der Ceron ist als Vorzerkleinerer meist die erste Maschine einer Prozesskette. Mit Limiter-Kammverlängerung würde er ein Produkt mit sehr enger Korngrößenverteilung je nach gewählter Zahngröße produzieren. Als Sackaufreißer dient er der Aufschlusszerkleinerung, um im Folgeschritt zu trennende Bestandteile zu vereinzeln.

### Eignung für folgende Fremdstoffe

Verarbeitung von LVP, Verbund, Hartplastik, Metall, Glas, Grobes, Mischungen etc. Nicht zerkleinerbare Feststoffe werden voll-automatisch abgeschieden indem der Kamm öffnet und das Sammelband reversiert. Der Austrag geschieht also in einen Container anstatt zur Übergabe zur folgenden Fördereinrichtung.

### Nicht geeignet für folgende Materialien

Der Ceron hat keine Probleme mit Ballenware, Paletten oder massiven groben Störstoffen. Bei welchem Arbeitsdruck der Kamm öffnet ist einstellbar.

### Effizienz

Je nach Ausstattung mit kleineren Zähnen oder Limitern kann auch feiner zerkleinert werden, was bedeutet, dass auch kleinere Beutel geöffnet werden. Die entstehenden Kunststoffetzen werden aber entsprechend auch kleiner.

### Anteil Fremdstoffe in Organik (nach Abtrennung)

Nur Aufschluss, noch keine Abtrennung

Anteil Organik im ausgeschleusten Material (Rejekt)

Nur Aufschluss, noch keine Abtrennung

Energieverbrauch

Der Energieverbrauch der Maschine liegt bei ca. 190 kWh, bei 30 t/h ergeben sich 6,3 kW/t.

Verbreitung des Verfahrens

ca. 115 stationäre Maschinen der Ceron Baureihe

Durchsatzmenge

Je nach Arbeitsbreite, Korngrößenreduktion und Leistung zwischen 10 und 50 t/h



## B. Separationszerkleinerer

### **Trennmühle™**

Hersteller: Wackerbauer Maschinenbau GmbH

#### Ziel des Verfahrensschrittes

Zerkleinern und Homogenisierung mit gleichzeitiger Abtrennung von Fremdstoffen

#### Verfahrensbeschreibung

Die Trennmühle arbeitet nach einem eigens entwickelten, gebrauchsmustergeschütztem Prinzip, das verschiedene Verfahren (mechanische Entpackung, Mahlen des Einsatzstoff zu Substrat, Abtrennen und Auswaschen der Störstoffe, mechanischer Transport der schweren Störstoffe zum Auswurf und Windsichtung der Leichtfraktionen) in einer Maschine vereinigt.

Durch die spezielle Konstruktion des Rotors wird der Transport der schweren Störstoffe sichergestellt und die für die Windsichtung benötigte Luft selbständig angesaugt. Die entpackte und von den Störstoffen befreiten Substrate mit einer max. zweidimensionalen Korngröße von 10 mm werden durch die Schläger und das umschließende Sieb zerkleinert und fließt in den Pumpenvorlagebehälter, von wo sie entweder direkt in einen Lagerbehälter abfließen oder direkt abgepumpt werden können. Die Fremdstoffe (Plastik, Tetra Pak, Metalle, Glasteile, Holzstückchen etc.) werden über den Auswurfschacht ausgeworfen. In den Auswurfschacht ist eine Schneckenpresse integriert, die die noch in den Störstoffen befindlichen Flüssigkeiten auspresst. Ein spezieller Wasseranschluss in dieser Presse ermöglicht bei stark verschmutztem Einsatzstoff (z.B. Biogut) ein weiteres Auswaschen der Fremdstoffe. Die Flüssigkeiten aus der Auswurfpresse werden direkt in die Trennmühle zurückgeleitet.

Für die optimale Funktion der Trennmühle (Trenn- und Mahlvorgang sowie das Auswaschen der Fremdstoffe) ist eine Flüssigkeitszufuhr zwingend notwendig. Je nach Material und Verschmutzungsgrad sowie der Sieblochung werden erfahrungsgemäß zwischen 100 – 400 Liter / t Einsatzstoff benötigt. (Frischwasser, Brauchwasser, Fettabscheider, Gülle, Recyklat etc.).

#### Eignung für folgende Einsatzstoffe

Flüssige, weiche und feste LMA, Speisereste, Biogut und Restabfall, Monochargen lassen sich schlechter verarbeiten und benötigen Anpassung in der Flüssigkeitszufuhr.

#### Eignung für folgende Fremdstoffe

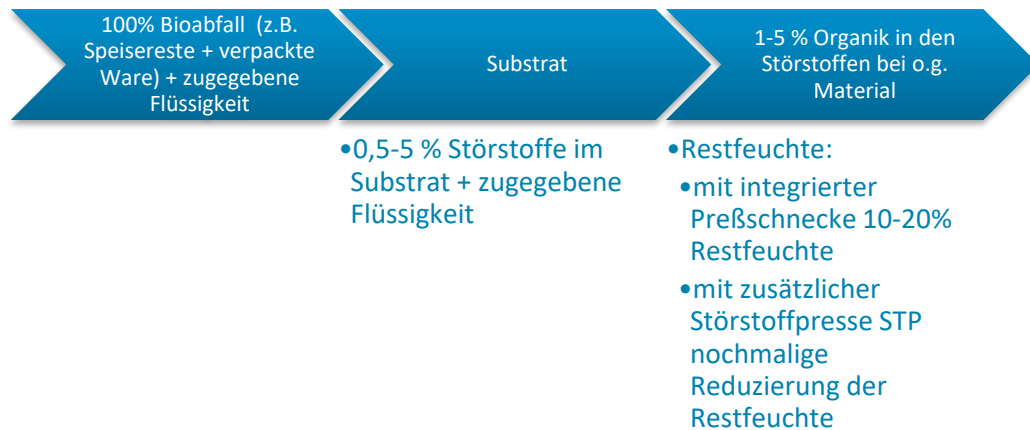
LVP, Verbund, Hartplastik, Metall, Holz etc.

Glas- und Metallverpackungen führen zu erhöhtem Verschleiß an Schlägern und Sieben. Die Trennmühle ist so zu betreiben, dass die Verweildauer des organischen Abfalls möglichst kurz ist, damit die Fremdstoffe nicht unnötig zerkleinert werden. Dies wird im Regelkreis der Steuerung überwacht. Außerdem sind eine regelmäßige Kontrolle der Siebe und der rechtzeitige Austausch der Schläger für den optimalen Betrieb notwendig.

#### Nicht geeignet für folgende Materialien

Schlecht abgetrennt werden können: aufgetaute Teige, Trockenfutter, in Gläsern verpackte LMA, faserreiches Material.

## Effizienz



### Anteil Fremdstoffe in Organik (nach Abtrennung)

Bei Restabfall oder Biogut kann sich der Fremdstoffgehalt in der Organik erhöhen. Eine Nachbehandlung des Gärprodukts ist in der Regel notwendig

### Energieverbrauch

45 kWh/t bei einer Einschaltdauer von 100%

Die Zusammensetzung des Abfalls hat Auswirkungen auf die Einschaltdauer und damit indirekt Auswirkung auf die Qualität des Biogassubstrates.

### Verbreitung des Verfahrens

65 Anlagen weltweit. 17 Anlagen in Deutschland, 20 Anlagen in Großbritannien, 6 in Österreich und 5 in Italien, davon ca. 70% Biogasanlagen, 15% Kläranlage und 10% Substratlieferanten, die verschiedene Biogasanlagen beliefern

### Gesamte Durchsatzmenge

Weltweit seit 2009 bei einer angenommenen Jahresmenge von durchschnittlich 25.000 t/a ergeben insgesamt 9 Mio. t, in Deutschland 2,7 Mio. t.

## **Separationsmühle (B. Separationszerkleinerer)**

Hersteller: Tietjen Verfahrenstechnik GmbH

Ziel des Verfahrensschrittes:

Zerkleinern und Durchmischung von Einsatzstoffen mit gleichzeitiger Abtrennung von Fremdstoffen

Verfahrensbeschreibung

Die Separationsmühle beinhaltet eine nasse Stoffaufbereitung, die Fest-/Fremdstoffe und zu gewinnende Substrate synchron in einem Arbeitsgang aufschließt und separiert. Die Abtrennung von Fremdstoffen erfolgt mittels Doppelrotormühlen-System (DRM), in deren Zentrum die DRM Separationsmühle steht. Die DRM-Separationsmühle ist für eine zuverlässige Trennung des biogenen Anteils von Fremd- bzw. Störstoffen aus unterschiedlichen Abfallströmen z.B. verpackte und unverpackte Lebensmittelabfälle, Speisereste, gewerblicher und kommunaler Bioabfall konzipiert. Die besondere Konstruktion ermöglicht dabei eine hohe Separationsleistung und eine präzise Trennung der organischen Stoffe von allen Fremdstoffen, wie z.B. Plastikverpackungen und ähnliches, bei einem minimalen Energieaufwand. Gleichzeitig werden die biogenen Anteile auf eine definierte Feinheit, in der Regel <12 mm zerkleinert.

Die unterschiedlichen Einsatzstoffe werden bereits in einem großen Annahmebehälter homogenisiert und der DRM dosiert zugeführt. Die Homogenisierung der Einsatzstoffe im Sammelbehälter ermöglicht meist eine Aufbereitung ohne Zugabe von zusätzlichen Flüssigkeiten. Das DRM-System basiert auf dem abgewandelten Prinzip einer Hammermühle. Es sind an zwei Rotoren frei hängende, breite Schläger angeordnet, die sich im Betrieb radial nach außen aufstellen, bei groben Fremdstoffen jedoch ausweichen und so zuverlässig Schäden verhindern. Verpackungen werden aufgerissen, und die zu gewinnende Fraktion auf dem Siebkreis unter dem Rotor ausgepresst/zerkleinert und von den Fremdstoffen zuverlässig getrennt, die den Mahlraum durch eine Abwurfhaube verlassen können. Der biogene Anteil passiert die Sieblochung, die gleichzeitig die Partikelgröße des Materials garantiert. Der Aufschluss erfolgt dabei durch Scher- und besonders Presswirkung und weniger durch Prall- und Schneidwirkung. Der Effekt einer herkömmlichen Hammermühle mit schmalen Schlägern, die viel Feingut erzeugt, wird dadurch minimiert. Der zweite Rotor der DRM-Mühle übernimmt die Rohware, presst diese nochmal aus und wirft Fremdstoffe über eine Abwurfhaube aus. Die so abgeschiedenen Fremdstoffe werden auf einer Pressschnecke zusätzlich von flüssigen organischen Anhaftungen befreit, die mit in den Organiktank geleitet werden. Die Differenzgeschwindigkeit der Rotoren und Einstellmöglichkeit der Flugparabel im Auswurf optimieren den Prozess. Siebsegmente mit einer definierten Sieblochung garantieren eine vorgegebene Partikelgröße des Substrates.

Eignung für folgende Einsatzstoffe

Flüssige, weiche, harte LMA, Bio- und Grüngut, Restabfall. Bei extrem trockenen oder extrem flüssigen Monochargen verbessert eine Homogenisierung der Einsatzstoffe in einem Annahmebunker die Separationsleistung.

Eignung für folgende Fremdstoffe

LVP, Verbund, Hartplastik, Metall

Nicht geeignet für folgende Materialien

Große Anteile spröder Fremdstoffe wie z.B. Glas, Styropor u.Ä. können die Trennleistung beeinträchtigen.

Effizienz

Die Effizienz einer Aufbereitungsanlage ist stark abhängig von der Qualität der Einsatzstoffe, die in der Praxis unterschiedlich stark mit verschiedensten Fremdstoffen belastet sein können.

#### Anteil Fremdstoffe in der Organik (nach Abtrennung)

Bei bestimmten Zusammensetzungen wird eine sekundäre Separation benötigt, um einen Kontrollwert von 0,5% TM im Substrat einhalten zu können. Nach der Pressschnecke, die integraler Bestandteil des DRM-Systems ist, ist nur noch ein sehr geringer Anteil an Organik an den Fremdstoffen anhaftend.

#### Anteil Organik im ausgeschleusten Material (Rejekt)

Strukturreiche Materialien werden mit den Fremdstoffen abgeschieden

#### Energieverbrauch

Gewerblicher Bioabfall: ~ 2,5 – 4,5 kWh/t je nach Zusammensetzung

Kommunaler Bioabfall: ~ 8 – 15 kWh/t, je nach Zusammensetzung

#### Verbreitung des Verfahrens

6 Verarbeitungsstandorte im Refood Konzern, 1 Anlage bei Zeus in Reinsfeld, 1 Anlage bei der ARA Bern (Inbetriebnahme Januar 2020)

#### Gesamte Durchsatzmenge

Die aufbereiteten LMA sind an den unterschiedlichen Standorten schwankend. Je nach Standort werden zwischen 80 – 250 t/d aufbereitet, d.h. mit einer DRM Separationsmühle ist rohwarenabhängig die Verarbeitung von bis zu 55.000 t/a möglich,

Gesamte Durchsatzmenge an 7 Standorten: 225.000 – 250.000 t/a

## **Paddle Depacker (B. Separationszerkleinerer)**

Hersteller: Mavitec Green Energy

Ziel des Verfahrensschrittes

Zerkleinerung und Fremdstoffabtrennung durch Zentrifugalkraft

Verfahrensbeschreibung

Der Einsatzstoff wird über den Einfülltrichter der Maschine und per Förderband in den Paddle Depacker (Schaufel Entpacker) überführt. Hier erfolgt die Trennung. In der Maschine dreht sich eine Achse mit speziellen Paddeln mit hoher Geschwindigkeit. Die verstellbaren Paddel zertrümmern die Einsatzstoffe und zwingen die organische Fraktion durch die austauschbaren Siebe. Aufgrund der vielen Anpassungsmöglichkeiten (Schaufelwinkel, Rotationsgeschwindigkeit, Siebgröße und Hinzufügen von Flüssigkeit an verschiedenen Orten) ist der Paddle Depacker so konzipiert, dass er nahezu jeden LMA aufbereiten kann.



Eignung für folgende Einsatzstoffe

Flüssige, weiche und harte (trocken verpackte) LMA (z.B. Chips, Kornflakes, Hundefutter), Speisereste und Biogut.

Eignung für folgende Fremdstoffe

LVP, Verbund, Hartplastik, Dosen

Nicht geeignet für folgende Materialien

Als ungeeignetes Material ist Glas einzustufen, da Glas bei der Aufbereitung in der Maschine zerbrochen und mit der organischen Fraktion ausgetragen wird. Ähnlich ist Sand und Grit einzustufen. Mit dem Mavitec Degritting Cyclone kann dies jedoch später getrennt werden. Des Weiteren sind biologisch abbaubare Beutel auf Maisstärkebasis in großen Mengen ungeeignet, da diese die Siebe verstopfen können. Werden diese mit anderem Abfall gemischt, ist es kein Problem.

Effizienz

Verpackungen mit weniger als 0,5% oTM Anorganik kann sauber getrennt werden mit Organikverlusten von 5% im Rejekt.

Anteil Fremdstoffe in Organik (nach Abtrennung)

In Abhängigkeit der Effizienz und zusätzlicher Einsatz sekundärer Separation (Waschtrommeln, Zyklo-nen) kann ein Kontrollwert von 0,5% TM erreicht werden.

Energieverbrauch

Die installierte Leistung beträgt 45 kW. Abhängig vom Einsatzstoff unterscheidet sich die Stromaufnahme zwischen 60 und 90%, da einige Materialien schwerer sind als andere (z.B. Joghurtbecher im Vergleich zu Schlachtabfällen). Der Gesamtenergieverbrauch liegt zwischen 1,35 kWh/t und 3 kWh/t

Verbreitung des Verfahrens

In Deutschland wird eine Anlage, weltweit mehr als 10 Anlagen betrieben.

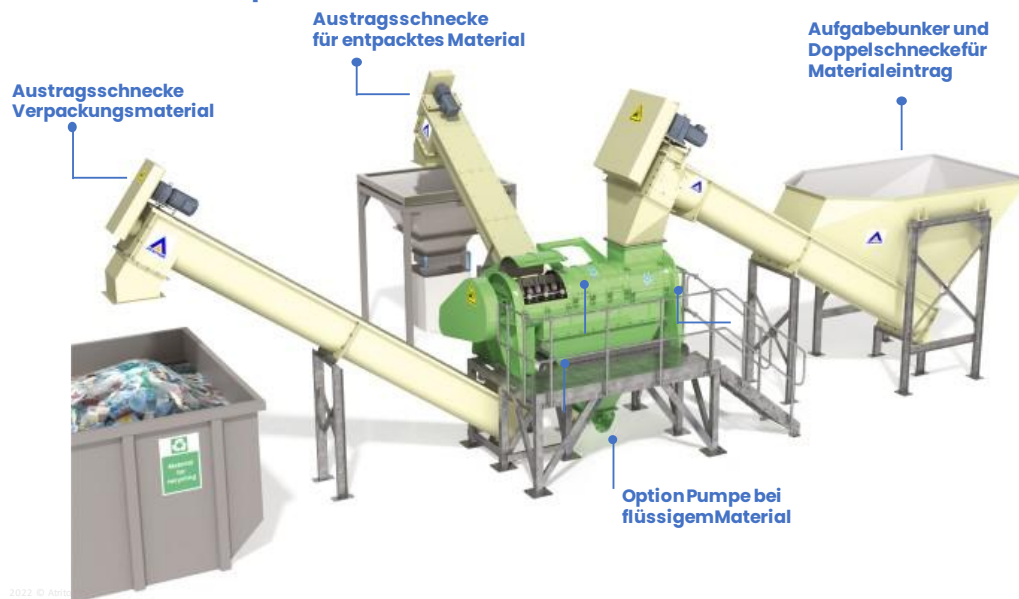
Gesamte Durchsatzmenge

Je nach Einsatzstoff verändert sich der Durchsatz (15-20 t/h), um den organischen Anteil von der Verpackung zu trennen. Deutschlandweit beläuft sich der Durchsatz auf ca. 12.000 Tonnen.

## Turboseparator (B. Separationszerkleinerer)

Hersteller: ATRITOR (GB) Vertrieb in D: Umwelt-Elektronik, Geislingen/Steige

### Ansicht Turbo Separator



### Ziel des Verfahrensschrittes

Entpackung von Lebensmittelabfällen und Produktionsresten, Abtrennung der Fremdstoffe

### Empfohlene Vor- und Nachbereitungsschritte

Eingangskontrolle auf grobe Störstoffe, Bänder, Fehlwürfe. Ergänzung mit Magnetabscheider möglich.

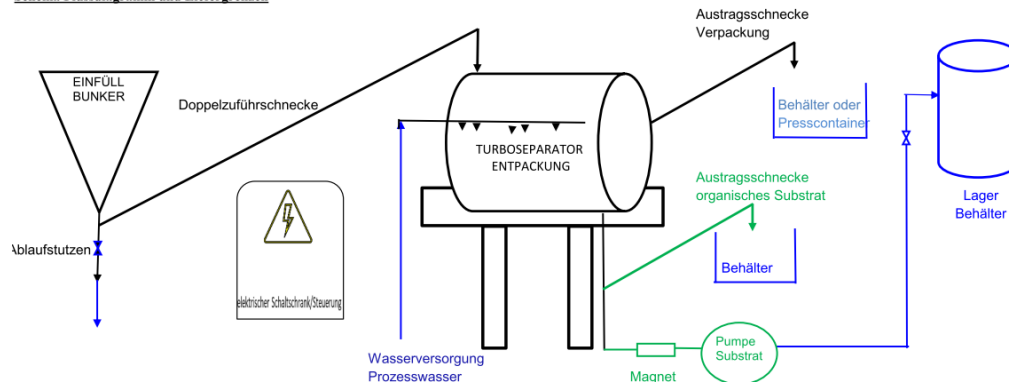
### Verfahrensbeschreibung

Das Material wird in den Aufgabetrichter gekippt (Radlader/Bagger o.ä.) und über eine Doppelschnecke in den Einwurfbereich gefördert. Der TURBO-SEPARATOR ist auf einem Podest in etwa 2m Höhe montiert. In einer horizontalen Röhre dreht sich eine massive Welle mit Paddeln. Verpackte Lebensmittelabfälle werden durch den Kontakt mit dem Paddel geöffnet. Die Paddel bewegen sich dabei in etwa 15mm Abstand zu den Siebflächen/Gegenleisten, so dass die Verpackung nicht zerkleinert wird. Durch definierbare Siebflächen fällt der Inhalt (egal ob trocken oder nass) nach unten, wo er in einem Auffangbecken landet. Entweder über Schnecken (trockenes/pastöses Material) oder über Pumpen (nasses/flüssiges Material) geht es dann in die weitere Bearbeitung. Durch die Paddelstellung auf der Welle wird das Verpackungsmaterial (Karton/PET/Konserven oder Folien/Kunststoffe) nach hinten zum Auswurf gefördert und dann über eine Schnecke in einen Container oder Abwurfmulde.

Sofern das biogene Material sehr klebrig (Mayonnaise/Honig/Creme etc.) ist, oder verflüssigt werden soll, kann Flüssigkeit dosiert zugeführt werden. Die Maschine sollte täglich auf Fremdstoffe (Bänder/Anhaftungen) oder Verschleiß geprüft und gereinigt werden.



Schema Flussdiagramm und Liefergrenzen



Schwarz: TURBOSEPARATOR  
BLAU : Bauseits zu beschaffen/erstellen  
GRÜN : OPTIONEN zu klären

### Eignung für folgende Einsatzstoffe

Trockene, pastöse, flüssige und angetaute LMA, KUS, Fehlchargen oder Produktionsreste zur Wiederverwendung

Die diversen Einsatzstoffe können durch Anpassungen der Paddelstellung, der Siebkonfiguration oder Flüssigkeitszufuhr zur Verwertung in Biogas Anlagen aufbereitet werden.

### Eignung für folgende Fremdstoffe

Pappe/Karton, Folien, PET, Konserven, Dosen, TETRA PAK, LVP, Verbund

### Nicht geeignet für folgende Materialien

Glas oder Hartplastik, Metalle, Beton...

### Effizienz

über 98% - je nach Auslegung und Inputmaterial

### Anteil Fremdstoffe in Organik (nach Abtrennung)

Eine Abscheidungsrate über 98% ist möglich, da keine Zerkleinerung stattfindet und das Verpackungsmaterial als Grobfraktion am Ende der Maschine ausgeschieden wird. Die Konfiguration der Siebflächen kann rasch angepasst werden, um eine optimale Trennquote zu erreichen.

Die aktuellen Vorgaben für entpackte LMA zur Einhaltung des Kontrollwert von 0,5% TM gemäß Bio-AbfV werden eingehalten; durch Zusatz von Flüssigkeiten wird das Verpackungsmaterial (Folien/Kunststoffe usw.) gereinigt und zur weiteren Verwertung relativ sauber ausgeschieden.

### Energieverbrauch

Abhängig von der Anlagenkapazität, von 22-75 kW

### Verbreitung des Verfahrens

Weltweit über 250 Anlagen, in Frankreich ca. 15 Anlagen

### Gesamte Durchsatzmenge

600kg bis 20.000kg/h abhängig von Anlagengröße und Schüttgewicht

FS 2

## **Smimo (Siebtrommel) (B. Separationszerkleinerer)**

Hersteller: Smicon

Ziel des Verfahrensschrittes

Entpackung von Lebensmittelabfällen, Zerkleinern und Abtrennung der Fremdstoffe

Empfohlene Vor- und Nachbereitungsschritte

Vor- und Nachbehandlung kann als Ergänzung eingesetzt werden. Durch eine optionale, zusätzliche Nachbehandlung mit Windsichter, Bandpresse und/oder Schneckenpresse lassen sich die Durchsatzmengen erhöhen und/oder die Qualität verbessern.

Verfahrensbeschreibung

Die verpackten Lebensmittelabfälle und abgelaufene LMA werden in eine rotierende Siebtrommel eingebracht. Die flexibel angebrachten Paddel sind an einer Welle befestigt und öffnen durch die Schwenkbewegung die Verpackung. Die Verpackung wird nur in großflächige Stücke zerschlagen, wodurch ein geringer Anteil an kleinen Kunststoffteilen in der Organik generiert wird. Durch die Zentrifugalkraft fließt die Organik schließlich durch die Siebe ab. Die Einstellung des Abtrennungsgrades erfolgt durch Konfiguration der einzelnen Siebe und flexiblen Flüssigkeitsdosierung. Die Fremdstoffe verlassen die Trommel und können separat abgeführt werden.

Eignung für folgende Einsatzstoffe

Flüssige, weiche und feste LMA, Speisereste

Monochargen stellen im Arbeitsablauf einen Mehraufwand dar, können aber durch Anpassungen der Siebkonfiguration oder Flüssigkeitszufuhr eingesetzt werden.

Eignung für folgende Fremdstoffe

LVP, Verbund, Hartplastik, Metall, PPK

Eine Homogenisierung der Einsatzstoffe in einem Annahmehunker verbessert die Separationsleistung

Nicht geeignet für folgende Materialien

Monochargen in Glas, Knochen

Effizienz

Die Effizienz der Anlage ist stark abhängig von der Qualität der Einsatzstoffe. Faserreiche und strukturreiche Materialien werden als Fremdstoff abgeschieden.

Anteil Fremdstoffe in Organik (nach Abtrennung)

Bei mittlerer Auslastung der Maschinen ca. 0,1% bis 1%. Durch eine optionale, zusätzliche Smicon Nachbehandlung (Windsichter, Bandpresse, Schneckenpresse) lassen sich die Durchsatzmengen deutlich erhöhen und/oder die Qualität weiter verbessern.

Energieverbrauch

Ca. 2 kW bis 4 kW

Verbreitung des Verfahrens

5 Anlagen in Deutschland

Gesamte Durchsatzmenge

100.000 bis 150.000 t/a



## C. Separationsauflöser

### **Pulper**

Hersteller: BTA International GmbH

Ziel des Verfahrensschrittes

Herstellung einer organischen Suspension bei gleichzeitigem Abtrennen von Stör- und Fremdstoffen

Empfohlene Vor- und Nachbereitungsschritte

LMA können direkt eingebracht werden und benötigen keine Vorbehandlung. Durch eine Nachbehandlung der aufbereiteten Suspension im Grit-Abscheider können verbleibende Fremdstoffe entfernt werden.

Verfahrensbeschreibung

Durch die Extraktion von organischer Substanz von Abfällen, die anaerob biologisch abbaubar sind, bei gleichzeitigem Abtrennen von Stör- und Fremdstoffen wird eine fremd- und störstofffreie Suspension zur anschließenden Vergärung hergestellt. Dabei werden die zugeführten Abfälle mit Rezyklat vermischt, lösliche Bestandteile aufgelöst und feste Abfallbestandteile hydrodynamisch durch Scherkräfte aufgefaser. Ziel ist eine sanfte Auflösung, um eine Zerkleinerung der nicht vergärbaren Stoffe möglichst zu vermeiden. Zeitgleich sinken Schwerstoffe (z.B. Steine, Knochen) ab und werden über eine Schwerstoffschleuse ausgetragen. Die durch das Pulpen erzeugte Suspension wird über ein Lochsieb (bevorzugte Lochung 10 mm) abgezogen und die nicht aufgefaseren Abfallbestandteile größer 10 mm werden zurückgehalten. Nach dem Abzug der Suspension kann der Pulp-Vorgang unter Zugabe von Rezyklat falls erforderlich wiederholt werden. Abschließend wird der Siebüberstand (Leichtfraktion) mit Rezyklat aus dem Pulper gespült und entwässert.

Eignung für folgende Einsatzstoffe

Flüssige, weiche und harte LMA, KUS; Biogut und Restabfall

Gefrorene Lebensmittel können verarbeitet werden, da im Pulper der Abfall intensiv mit Rezyklat vermischt wird, dass eine Temperatur  $>30^{\circ}\text{C}$  hat.

Eignung für folgende Fremdstoffe

LVP, Verbund, Hartplastik, Metall, PPK, Glas, Grobes, Knochen, Mischung

Mit dem Abfall-Pulper werden Verpackungsmaterialien und Knochen gut abgetrennt. Das Auffasern mittels hydrodynamischen Scherkräften führt zu einer geringen Zerkleinerung von zähen oder harten Materialien wie z.B. Plastikfolien, Knochen oder Metall Dosen. Bei Verbundwerkstoffen wird der Pappenteil aufgefaser. Folglich wird Pappe von den Kunststoff- oder Metallfolien gelöst und in die Vergärung überführt. Die Kunststoff- und Metallfolien werden als Rejekt ausgetragen.

In Glas verpackte Lebensmittel können ebenfalls aufbereitet werden. Glas erhöht den Verschleiß und wird teilweise zerkleinert. Bruchstücke kleiner der Sieblochung gelangen in das Aufbereitungsprodukt (Suspension). Diese werden dann im nachgeschalteten BTA-Grit-Abscheider abgetrennt.

Holzige Bestandteile werden mit den Fremdstoffen abgetrennt. Je nach Beschaffenheit dürften auch erhebliche Anteile von harten LMA (z.B. Speck, rohe Karotten, rohe Kartoffeln) mit den Fremdstoffen abgetrennt werden. Alle anderen oben genannten Materialien werden weitgehend in das Aufbereitungsprodukt überführt.

Nicht geeignet für folgende Materialien

Garten- oder Parkabfälle, Separation von Grit  $< 10\text{mm}$ , hydrophobe harte LMA (z.B. rohe Karotten, rohe Kartoffeln im Mono-Chargen-Betrieb)



### Effizienz

Der Pulper überführt je nach Einsatzstoff von dessen vergärbare Organik 90 % oder deutlich mehr in die Vergärung.

### Anteil Fremdstoffe in Organik (nach Abtrennung)

Ein Kontrollwert von 0,5% TM im Biogassubstrat wird für die meisten Einsatzstoffe eingehalten werden. Je nach Einsatzstoff kann durch Nachschalten eines BTA-Grit-Abscheiders die Einhaltung des Kontrollwertes sichergestellt werden.

### Anteil Organik im ausgeschleusten Material (Rejekt)

Beschaffenheit und Struktur des eingesetzten Einsatzstoffes können den organischen Anteil beeinflussen.

### Energieverbrauch

6-8 kWh/t Einsatzstoff. Auf den Energiebedarf hat vor allem die Rate der Überführung von vergärbare Organik in das Biogassubstrat Einfluss.

### Verbreitung des Verfahrens

Weltweit wurden bis heute 75 BTA Abfall Pulper in mehr als 40 Vergärungsanlagen mit Anlagendurchsatzleistungen von bis zu 90.000 t/a zur Aufbereitung von Speiseabfall und Biogut oder der organischen Fraktion aus Restabfall installiert. In Deutschland werden u.a. in drei Vergärungsanlagen LMA mit BTA Abfall Pulper aufbereitet.

### Gesamte Durchsatzmenge an LMA

Ca. 15.000 t/a in Deutschland

## D. Separation

### **Splitter (Spiralwellenseparator / Schneckensiebdeck)**

Hersteller: Doppstadt Umwelttechnik GmbH

#### Ziel des Verfahrensschrittes

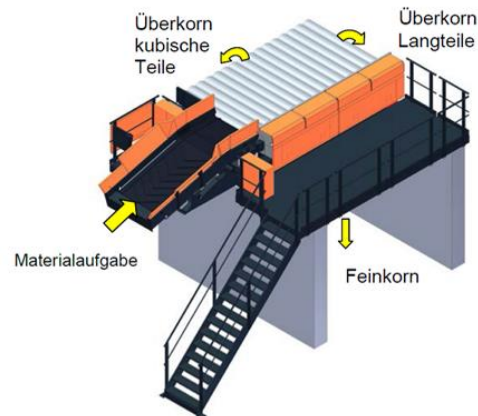
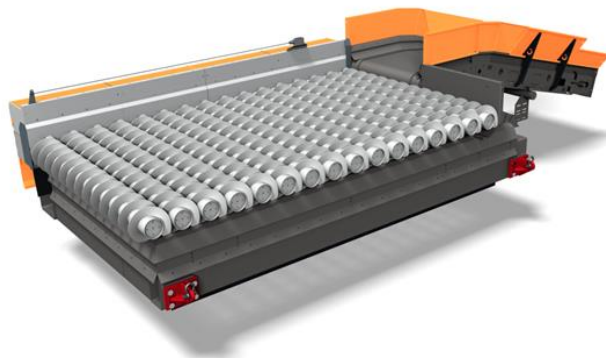
Störstoffresistente Klassierung anspruchsvoller, klebriger oder wickelnder Stoffe

#### Empfohlene Vor- und Nachbereitungsschritte

Ein Spiralwellenseparator kann nach einer Aufschlusszerkleinerung vor einem Separationsschritt eingesetzt werden, wenn zur Gewährleistung der Prozessstabilität ein bestimmtes Größtkorn nicht überschritten werden darf. Der Splitter ist ein Vorseparator und somit zu Beginn der Prozesskette einsetzbar. Er eignet sich dann, wenn eine Trommel sich zusetzt oder ein Sternsieb wickelt. Die Siebfläche kann durch Baukastenbauweise auf gewünschte Durchsätze und Anwendungsmaterialien angepasst werden.

#### Verfahrensbeschreibung

Über ein vorgeschaltetes Zuführband wird das zu trennende Material flach und parallel zum Siebdeck aufgegeben. Das Deck besteht aus mehreren mit gleicher Drehrichtung angetriebene Spiralwellen. Der Einsatzstoff wird durch den Rollenbahneffekt in Längsrichtung und gleichzeitig durch die Spiralwendel seitwärts gefördert und fällt je nach Geometrie in Längsrichtung oder seitlich vom Deck. Partikel mit kleinerem Korndurchmesser als die Sieblücke zwischen den Spiralwellen, fallen hindurch in einem Bunker unter dem Deck. Das Siebdeck besteht aus einseitig gelagerten Schnecken, die sich auch bei sehr anspruchsvollem Einsatzstoff über das frei hängende Schneckenende immer wieder selbst freiarbeiten. Optional können Sammel- und Austragsbänder geliefert werden, die die Siebfraktionen unterschiedlichen nachgeschalteten Prozessschritten zuführen.



#### Eignung für folgende Einsatzstoffe

Weiche und harte LMA, Speisereste, Biogut und Restabfall

#### Eignung für folgende Fremdstoffe

Lange Fasern und Folien, klebrige und teilweise pastöse Stoffe

#### Nicht geeignet für folgende Materialien

Siebdeck-spezifisches maximales Partikelgewicht aufgrund von Biegemoment auf einseitig gelagerte Welle (Stückgewicht ca. <50 kg)

#### Effizienz

Das horizontal aufgebende Beschickungsband verhindert Steckkorn langer Körper durch das Siebdeck. Grenzkorn und Wickler werden einfach mit dem Überkorn seitlich ausgetragen. Somit besteht der Vorteil

gegenüber anderer Siebtechnik darin, dass die Maschine länger am Stück läuft, ohne dass die Siebfläche gereinigt werden muss. Mehr Betriebsstunden pro Tag ergeben somit einen höheren Anlagennutzungsgrad und damit eine höhere Effizienz.

#### Anteil Fremdstoff in der Organik (nach Abtrennung)

Hoher Anteil

#### Anteil Organik im ausgeschleusten Material (Rejekt)

Hoher Anteil

#### Energieverbrauch

Pro 2 Meter Siebdecklänge wird ein weiterer 4 kW Getriebemotor benötigt. Für eine 4 Meter lange Maschine wären also bereits zwei 4 kW-Antriebe nötig. Ein weiterer 4 kW-Motor treibt das Zuführband an.

#### Verbreitung des Verfahrens

Innerhalb Deutschlands gibt es 6 Maschinen.

#### Gesamte Durchsatzmenge

Abhängig von: Einsatzstoff, angestrebtem Siebschnitt und Siebfläche. Beratung empfohlen

## Schneckenpresse (D. Separation)

Hersteller: Doppstadt Umwelttechnik GmbH

Ziel des Verfahrensschrittes

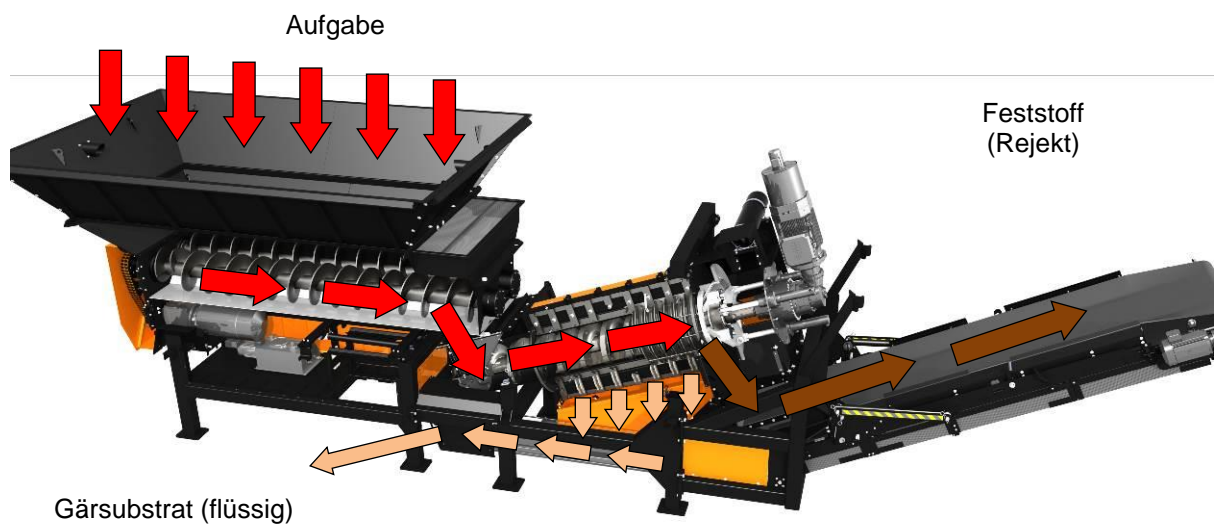
Fest/flüssig-Trennung mittels Pressverfahren mit Anreicherung der Verpackung in der festen Phase

Empfohlene Vor- und Nachbereitungsschritte

Verpackte Lebensmittel sollten vorzerkleinert werden. Küchenabfälle benötigen keine Vorzerkleinerung.

Verfahrensbeschreibung

Die Beschickung und der schonende Aufschluss erfolgen im Dosierrichter. Das Material wird anschließend an die Schneckenpresse übergeben, in der die Fest-Flüssigtrennung stattfindet. Der Produktausgang kann durch optionale Pumpe und optionales Klappband erfolgen.



Eignung für folgende Einsatzstoffe

Weiche LMA, Speisereste und Biogut

Eignung für folgende Fremdstoffe

LVP, Verbund, Hartplastik, Metall. Grobes wie Besteck, Fleischerhaken etc. sind unproblematisch

Nicht geeignet für folgende Fremdstoffe

Da es sich in erster Linie um eine Fest-Flüssig-Trennung handelt, können harte LMA wie frisches, ungekochtes, unzerkleinertes Fleisch bzw. trockenes Brot nicht in der Flüssigphase angereichert werden. Auch die Entwässerung von Karotten, Kartoffeln oder Äpfeln im frischen Zustand ist mit dem Arbeitsdruck der Maschine nicht möglich. Würde man den Arbeitsdruck erhöhen, sodass auch diese entwässert würden, wäre der Anteil an Kunststoff, der ebenfalls durch den Presskorb extrudiert wird, zu hoch. Massive Festkörper über 80 mm können zur Störung führen. Monochargen mit duktilem, elastischem Verpackungsmaterial wie PET sind zu vermeiden oder in diesem Fall weiteres Strukturmaterial beizumengen.

Effizienz

Die Trennschärfe ist sehr stark von Korngrößenverteilung und Strukturanteil des Einsatzstoffes abhängig, sowie von der Viskosität der flüssigen Phase. Das Freigabeverhalten des Verpackungsmaterials hat ebenfalls Einfluss auf den Anteil bioverfügbarer Stoffe im Feststoff. Je nach Einsatzstoff ist ein maximaler bioverfügbarer Anteil von bis zu 50% TM im Rejekt möglich.

#### Anteil Fremdstoff in Organik (nach Abtrennung)

Ein Kontrollwert von 0,5% TM kann abhängig von Einsatzstoff und Ablauffolge eingehalten werden. Hartkunststoffe können wesentlich selektiver abgeschieden werden als Folien. Je höher der Anteil an Folien und je dünner die Filmdicke der Folien, desto höher die Verunreinigung in der Flüssigphase. Sind die Folien bereits vorzerkleinert, ist die Verunreinigung am höchsten.

#### Anteil Organik im ausgeschleusten Material (Rejekt)

Durch Zugabe von Wasser kann mehr bioverfügbare Organik aus dem Feststoff ausgewaschen werden. Wasser verringert die Viskosität der Flüssigkeit, die während des Pressvorganges durch die Struktur abfließen muss. Bei geringer Viskosität geht dies schneller und vollständiger. Die Zugabe von Wasser sorgt somit für ein besseres Trennergebnis und ein trockeneres Rejekt. Je nach Einsatzstoff ist ein maximaler bioverfügbarer Anteil bis zu 50% TM im Rejekt möglich, durchschnittlich etwa 30%.

#### Energieverbrauch

Der Energieverbrauch liegt bei ca. 60 kW. Bei 10 t/h entsprechend 4-6 kWh/t. Wird der Anpressdruck in der Presskammer reduziert, steigt der Durchsatz, es wird weniger Flüssigkeit ausgepresst und es gelangt auch weniger Kunststoff in die Flüssigphase.

#### Verbreitung des Verfahrens

Innerhalb Deutschlands gibt es drei Maschinen, insgesamt ca. 60, hauptsächlich in Italien, Schweden, England und Belgien, zwei außerhalb von Europa.

#### Gesamte Durchsatzmenge

8 – 12 t/h, bei gut strukturiertem Material sind auch schon 20 t/h erreicht worden.

## **Schneckenpresse (D. Separation)**

Hersteller: Bellmer Kufferath Machinery GmbH

Ziel des Verfahrensschrittes

Fest/flüssig-Trennung mittels Pressverfahren mit Anreicherung der Verpackung in der festen Phase

Empfohlene Vor- und Nachbereitungsschritte

Material sollte vorher vorzerkleinert werden.

Verfahrensbeschreibung

Der Einsatzstoff wird über den Einfüllschacht in die Schneckenpresse gegeben und von der Schneckenwelle in Richtung Pressgutausgang gefördert. Der Pressenausgang wird durch einen wendellosen Bereich gebildet, die so genannte Presszone. Der Pressdruck wird durch die Schneckenwelle im Einsatzstoff aufgebaut. Durch den Druck wird die flüssige Organik durch die Löcher des Siebkorb, der die Schneckenwelle umgibt, nach außen gepresst. Der Fremdstoff wird zurückgehalten und von der Schneckenwelle durch den Pressgutausgang herausgefördert.

Eignung für folgende Einsatzstoffe

Flüssige, weiche und feste LMA, Biogut, Grüngut

Eignung für folgende Fremdstoffe

LVP; Verbund, Hartplastik, Metall, PPK

Nicht geeignet für folgende Materialien

Monochargen in Glas

Effizienz

Es werden ca. 5% der Organik mit den Fremdstoffen abgeschieden. Um die steigenden Anforderungen an hohen Trenngrad und geringe Restorganik in der Störstoff Fraktion zu erfüllen, werden die Schneckenengeometrien und das Siebkorbdesign ständig weiterentwickelt. Einige Entpackungsanlagen verdünnen bzw. waschen die gepressten Materialien und pressen diese erneut um die Restorganik auf ein Minimum zu reduzieren.

Anteil Fremdstoff in der Organik (nach Abtrennung)

Ca. 0,5% auf Trockensubstanz

Anteil Organik im ausgeschleusten Material (Rejekt)

5-20%

Energieverbrauch

Der Energiebedarf für die Aufbereitung der verpackten Lebensmittel liegt bei ca. 1KWh/t.

Verbreitung des Verfahrens

Seit 1999 sind 48 Pressen dieses Typs im Einsatz, davon 18 in Deutschland

Gesamte Durchsatzmenge

Fünf Baugrößen mit Schneckendurchmessern von 250-800 mm  
Durchsatz bis 20 t/h

## Kolbenpresse (D. Separation)

Hersteller: Finsterwalder Umwelttechnik GmbH & Co. KG

Ziel des Verfahrensschrittes

Fest/flüssig-Trennung mittels Pressverfahren

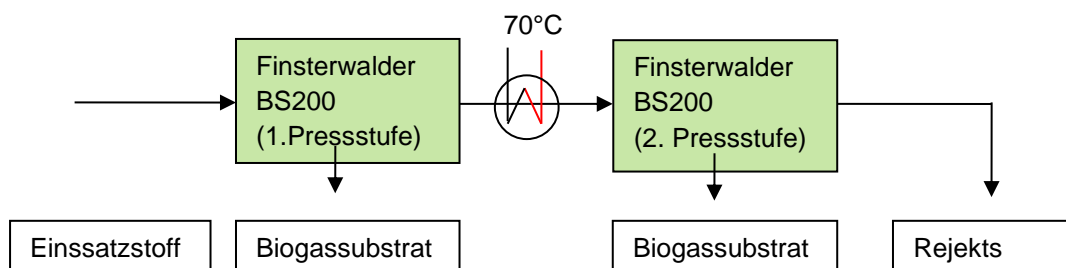
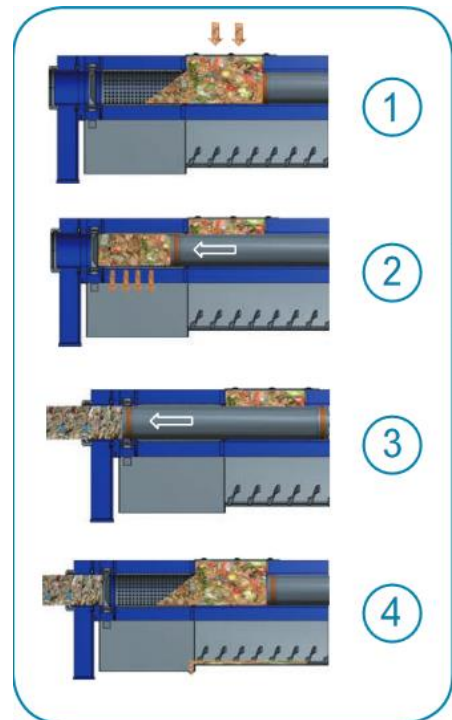
Empfohlene Nachbereitungsschritte

Skimmer und Bodenräumer

Verfahrensbeschreibung

Das Finsterwalder Verfahren beinhaltet ein mehrstufiges Aufbereitungsverfahren, das mit minimaler Wasser- bzw. Flüssigkeitszugabe arbeitet. Dabei erfolgt die Abtrennung von Fremd- und Störstoffen aus dem Prozess, um abrasive und hochviskose Materialien zu pumpen. Im ersten Schritt werden die Abfälle mit einem langsam laufenden Zerkleinerer auf eine Stückgröße von ca. 25 mm zerkleinert. Die Zerkleinerung erfolgt schneidend um die (unkontrollierte) Entstehung feiner Partikel zu vermeiden. Bei der Zerkleinerung wird, falls notwendig, etwas Flüssigkeit bzw. Rezyklat zugegeben, um einen pumpfähigen Einsatzstoff mit ca. 25% TM zu erzeugen. Dieser Einsatzstoff wird dann mittels Kolbenpumpe zur Kolbenpresse gefördert. Diese Maschine presst die Einsatzstoffe über einen Sieb mit 12 mm Durchgangslöchern aus. Der Arbeitsablauf des Auspressen der Abfälle mit Separationspresse ist in der Abbildung zu sehen (1: Befüllen, 2 Pressen, 3: Ausschieben). Die flüssige Phase beinhaltet das Substrat, der Feststoff wird als Rejekt oder Auswurf angesehen.

Das Rejekt wird nach dem Ausschieben in einem Doppelrohr erhitzt und dann ein zweites Mal (2. Pressstufe) gepresst. Im Bild ist der Verfahrensablauf der Fremdstoffabtrennung vor der Vergärung im Blockdiagramm zu sehen:



Eignung für folgende Einsatzstoffe

Flüssige, weiche, harte LMA, Speisereste und Biogut. Im Finsterwalder Verfahren können alle Arten von organischen Abfällen behandelt werden, solange der Abfall zu einer pressbaren Masse angemischt werden kann.

Eignung für folgende Fremdstoffe

LVP, Verbund, Hartplastik, Metall

Nicht geeignet für folgende Fremdstoffe



Monochargen Glas, Dosen

#### Effizienz

Nach der Aufbereitung konzentrieren sich die Fremdstoffe im Rejekt, aber es verbleiben Fremdstoffe im Substrat der ersten Pressstufe und der zweiten Pressstufe. Im Rejekt sind fast 50% FM Fremdstoffe. Der Rest ist Wasser und ein geringer organischer Anteil.

#### Anteil Fremdstoff in Organik (nach Abtrennung)

Im Substrat verbleibt ein Fremdstoffgehalt von 2,1% FM.

#### Energieverbrauch

Der Energiebedarf für die Vorbehandlung (Zerkleinerung und Pressung) bei etwa 10 kWh/t.

#### Verbreitung des Verfahrens

Mindestens 2 Anlagen im Bereich der Aufbereitung von LMA.

#### Gesamte Durchsatzmenge

Ca. 4 t/h je Maschine. In Deutschland werden etwa 40.000 t/a mit dieser Technologie verarbeitet. Weltweit sind es aktuell ca. 225.000 t/a.

## **Extruderpresse (OREX Presse) (D. Separation)**

Hersteller: Anaergia Europe GmbH (DB Technologies)

### Ziel des Verfahrensschrittes

Druckbasierte Fest/flüssig-Trennung in eine organische Fraktion (Pressdurchgang) und eine zurückgehaltene Ausschuss Fraktion (Rejekt).

### Empfohlene Vor- und Nachbereitungsschritte

Sackaufreißer, Cleanrex, Filter-Separator

### Verfahrensbeschreibung

Die fundamentale Funktionsweise der OREX Presse („Organics Extrusion Press“) ist, dass der Einsatzstoff einem hohen Druck (160 bar) in einer Extrusionskammer ausgesetzt wird. In dieser Kammer komprimiert ein Kolben das Material. Durch den hohen Druck verflüssigt sich die Organik und dringt durch die Lochungen hindurch, während die mechanisch stabileren Stoffe, wie Verpackungen und Fremdstoffe, zurückgehalten und getrennt ausgeworfen werden. Der Kolben, der die Kraft zur Abpressung aufbringt, bewegt sich linear vor und zurück und wird hydraulisch angetrieben. Das Verfahren beruht nicht auf der Zugabe von Flüssigkeiten.

### Eignung für folgende Einsatzstoffe

Flüssige, weiche, harte LMA, Speisereste, Biogut und Restabfall. Die OREX Presse ist für jegliche Einsatzstoffe geeignet, dessen organischer Anteil sich unter Druck verflüssigt und Partikelgrößen <100 µm aufweisen. Gefrorene Lebensmittel wie Gemüse oder Eiscreme/Nachtische/Kuchen sind in gefrorenem Zustand gut zu verarbeiten. Andere tiefgekühlte Produkte, wie z.B. Fleisch oder Teigwaren, sind nur in einem aufgetauten Zustand gut geeignet.

### Eignung für folgende Fremdstoffe

LVP, Verbund, Hartplastik, Glas, Metall, Knochen, Mischung, etc. Jegliche Verpackungen, die bei hohem Druck stabil bleiben, werden gut zurückgehalten. Glas wird zerbrochen, aber durch die lineare Bewegung nicht zermahlen. Wenn andere Verpackungen vorhanden sind (Kunststoffe), wird das Glas im Pfropfen der zurückbleibenden Fremdstoffe vermehrt aufgefangen. Ein erhöhter Glasanteil führt zu höherem Verschleiß. Papier und Karton wird je nach Feuchtigkeitsgehalt unterschiedlich abgeschieden. Je nasser das Material, desto mehr gelangt in den Pressdurchgang. Der Verpackungs-Fremdstoffanteil kann bis zu 50% liegen.

### Nicht geeignet für folgende Fremdstoffe

Bestimmte tiefgefrorene Produkte, wie z.B. Fleisch oder Teigwaren. Monochargen von trockenen Lebensmitteln (ungekochte Nudeln, Kekse, Brot) sind nicht geeignet, da sich diese unter Druck nicht verflüssigen. Alternativ kann diesen Lebensmitteln Wasser zugesetzt werden, was den Einsatz vereinfacht.

### Effizienz

Die Effizienz ist vom Einsatzstoff abhängig. Bei gemischten Abfällen (Restabfall, Biogut) können ca. 85% der Organik gewonnen werden (d.h. 15% Verlust an Organik mit den Verpackungen). Bei reinen LMA wird ein höherer Anteil gewonnen. Zur Einhaltung eines Kontrollwertes von 0,5% TM müssten weitere Komponenten nachgeschaltet werden.

### Anteil Fremdstoff in Organik (nach Abtrennung)

Typischerweise liegt der Fremdstoffanteil bei 2% TM bei Restabfall und Biogut.

### Energieverbrauch

12-17 kWh/t Einsatzstoff. Der Energieverbrauch steht eher im Zusammenhang mit der Gewinnung von Organik und nicht mit dem Fremdstoffanteil in der gewonnen organischen Fraktion. Der Energieverbrauch kann um 20% reduziert werden, wenn weniger Organik gewonnen werden soll.

### Verbreitung des Verfahrens

Die OREX Pressen Technik wird vor allem in der Verwertung von Restabfall eingesetzt, mit Anlagen in Europa, Nordamerika, Asien und Afrika. In Deutschland setzt die Zentrale Abfallwirtschaft Kaiserslautern (ZAK) die Pressentechnik für die Aufbereitung von Biogut ein.

### Gesamte Durchsatzmenge

Je nach Modell schwankt der Durchsatz zwischen 5 und 30 t/h.

## Trennschnecke (D. Separation)

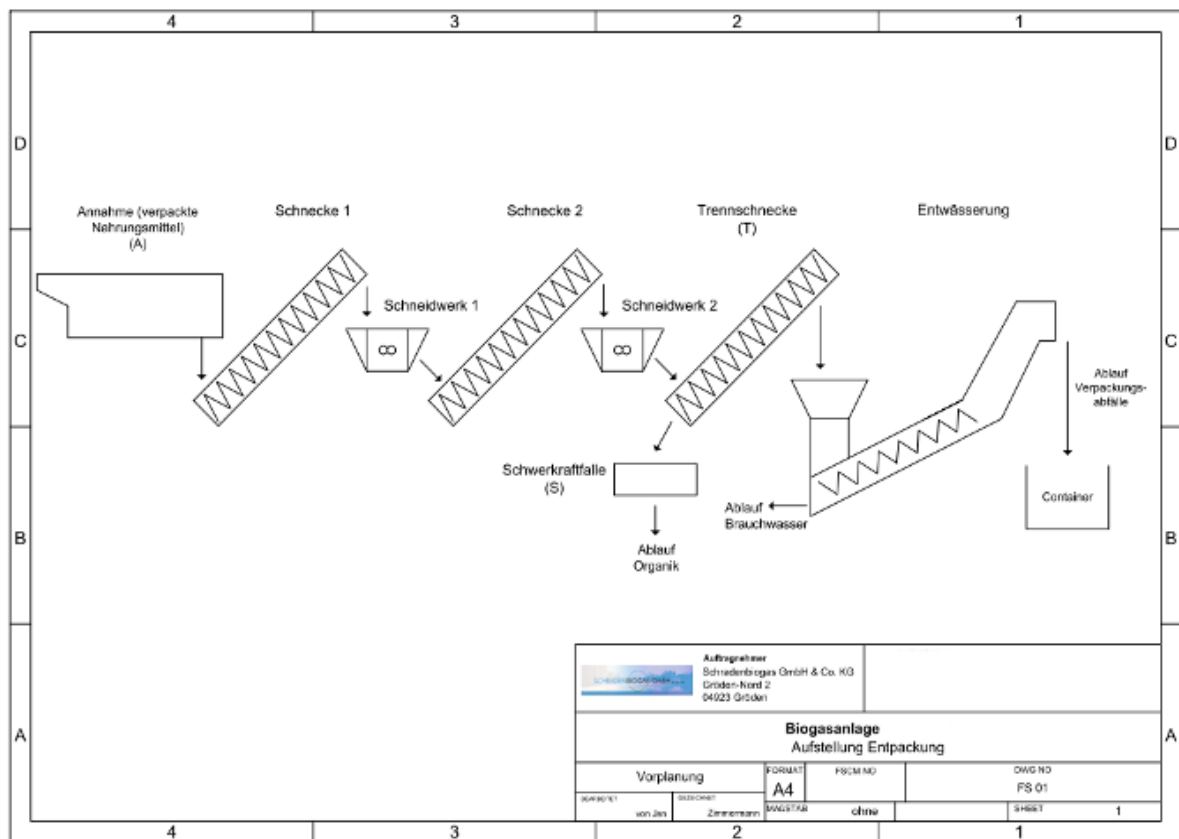
Hersteller: Schradenbiogas GmbH & Co. KG

Ziel des Verfahrensschrittes

Fest/flüssig Abtrennung nach Zerkleinerung in Biogassubstrat und Rejekt

Verfahrensbeschreibung

Das Verfahren ist in einzelne Verfahrensschritte unterteilt (siehe Abbildung). Dabei erfolgt die Trennung der zerkleinerten Ware in ihre biologisch verwertbaren Bestandteile (Biogassubstrat) und nicht biologisch verwertbaren Verpackungsbestandteile (Rejekt). Die Trennschnecke wird durch das Schneidwerk 2 befüllt. Aus diesem Grund befindet sich der Einlauf am unteren Ende der Schnecke mittig im Deckel. Der Traginnenraum der Schnecke ist entlang ihrer Drehachse in zwei Bereiche unterteilt - in einen inneren und einen äußeren Bereich. Voneinander getrennt sind diese beiden Bereiche durch einen aus Lochblechen (5 und 10 mm) ausgeführten Korb. In diesem Korb transportiert der Schneckenbaum das Material vom Einlauf in Richtung Auslauf.



Durch die Besprühleinrichtung und durch die vorherrschenden hohen Fliehkräfte werden während des Transportes die Verpackungen von der flüssigen Biomasse getrennt. Die Verpackungen werden durch den im Trog eingebauten Korb aus Lochblechen zurückgehalten und durch ihn hindurch zum Auslauf und in eine optionale Entwässerungspresse gefördert. Die durch die Besprühleinrichtung verflüssigte Biomasse hingegen wird aus den Verpackungsresten und aus dem Lochblechkorb ausgeschleudert. Die organische Masse gelangt innerhalb des Troges zum tiefsten Punkt der Schnecke, wo ein Auslauf angebracht ist. Außerhalb der Trennschnecke wird die Biomasse nochmals durch eine Schwerkraftfalle (S) von Stoffen mit einer größeren Dichte getrennt.

Für Wartungs- und Instandsetzungszwecke kann, bei ausgeschalteter Maschine, der Traginnenraum durch die zu öffnenden Deckel erreicht werden. Der Antrieb der Schneckenwelle erfolgt über einen

Drehstrommotor in Fußausführung mittels drehelastischer Kupplung. Die Drehzahl kann über einen Frequenzumformer stufenlos eingestellt werden.

Eignung für folgende Einsatzstoffe

Flüssige, weiche und harte LMA, Speisereste

Eignung für folgende Fremdstoffe

LVP

Nicht geeignet für folgende Fremdstoffe

Ausgenommen Nahrungsmittel in Glasverpackung als Monochargen und Dosen größer 2 kg/Stück. Glasverpackte Nahrungsmittel bis 5% im Abfall-Gemisch aus dem Einzelhandel kein Problem.

Gesamte Durchsatzmenge

Durchsatz bis 6-8 t/h (z.B. Joghurt: 8 t/a, Dosen oder Marktabfälle mit 5% Glasanteil: 6 t/h)

Verfügbarkeit mind. 85%

Korngröße im Ausgang der Trennschnecke max. 15 mm

## **Händisches Entpacken (D. Separation)**

Hersteller: Keine Angabe

Ziel des Verfahrensschrittes

Effizienzsteigerung der technischen Entpackung und Fremdstoffabtrennung

Empfohlene Vor- und Nachbereitungsschritte

Separate Erfassung und qualitative Sichtung

Verfahrensbeschreibung

Das manuelle Verfahren beinhaltet eine vorbereitende Maßnahme zur eigentlichen technischen Aufbereitung, um die Leistungsfähigkeit der nachgeschalteten Verfahren zu optimieren bzw. Schäden oder Störungen an der Anlagentechnik zu vermeiden. Dazu werden in Abhängigkeit des angelieferten Materials Transport- und Umverpackungen soweit wie nötig geöffnet und abgetrennt, dass die fortführende Verfahrenstechnik optimale Durchsatzleistung erbringen kann. Verkaufsverpackungen werden i.d.R. nicht geöffnet. In Abhängigkeit der Materialeigenschaften kann die Entpackung und Fremdstoffabtrennung relativ schnell angepasst werden. Dabei können in einem Arbeitsgang oftmals gleich mehrere und miteinander kombinierte Verpackungen bearbeitet werden (z. B. Schrumpffolien, Umreifungsbänder und Papier). Des Weiteren muss eine Abtrennung nicht zwingend mit einer Zerstörung der Verpackung einhergehen. Diese kann lediglich aus der Entleerung der Verpackungen bestehen, ohne diese zerstören, wie z.B. Obstkartons oder Kisten mit geschütteter Ware.

Eignung für folgende Einsatzstoffe

Monochargen überlagerter Ware oder Fehlproduktionen. Palettenware mit funktionell abgestimmter Transport- und Handelsverpackung aus unterschiedlichen Materialien. VLA in großen Einheiten (z.B. 10kg Eimer)

Eignung für folgende Fremdstoffe

Holzpaletten, PPK, Folien, Umreifungsbänder, Glas, Fehlwürfe in Speiseresten, Säcken und Großgebunden

Nicht geeignet für folgende Fremdstoffe

Dosen

Effizienz

Ca. 80%-100%. Abhängig von Lebensmittelprodukt und Verpackungsmaterial. Über die gesamte Aufbereitungsstrecke gesteigerte Effizienz gegenüber technischer Entpackung und Fremdstoffabtrennung, welche sich durch die Möglichkeit der zeitgleichen Entpackung und Abtrennung von kombinierten Verpackungsmaterialien ergeben kann.

Anteil Fremdstoff in Organik (nach Abtrennung)

Abtrennung von Transport- und Umverpackungen vollständig möglich. Verkaufsverpackung nicht.

Anteil Organik im ausgeschleusten Material (Rejekt)

I.d.R. keine ausgeschleuste Organik. Dabei spielt einerseits die Oberfläche der Verpackung als auch der Aggregatzustand der Organik selbst bzw. deren Kombination eine Rolle.

Energieverbrauch

Abhängig von Einsatzstoff und Fremdstoff

Gesamte Durchsatzmenge

Abhängig von Lieferung und angewandter Technik

## E. Sekundäre Separation

### Grit-Abscheider

Hersteller: BTA International GmbH

Ziel des Verfahrensschrittes

Schwerstoffabtrennung aus Suspension durch Schwer- und Fliehkräfte, um die Sedimentbildung im Vergärungsreaktor zu minimieren und die Produktqualität zu erhöhen.

Empfohlene Vor- und Nachbereitungsschritte

Pulper

Verfahrensbeschreibung

Der Grit-Abscheider ist eine Kombination aus Hydrozyklon, Aufstromklassierung des Zyklonunterlaufs und diskontinuierlicher Ausschleusung der abgetrennten klassierten Schwerstoffe. Die Suspension aus organischen Abfallbestandteilen, die Schwerstoffe enthält, wird dem Hydrozyklon zugeführt. Entsprechend seiner Dimensionierung scheidet dieser Schwerstoffe ab, die über seinen Unterlauf ausgetragen werden. Da dieser Unterlauf einen relevanten Anteil an vergärbare Organik hat, wird dieser Anteil in einem Klassierrohr mit Rezyklat im Gegenstrom reduziert. Die gewaschenen Schwerstoffe werden nach dem Klassierrohr in einer Gritbox gespeichert und diskontinuierlich ausgeschleust.

Eignung für folgende Einsatzstoffe

Die Viskosität der Suspension ist der begrenzende Faktor. Einen groben Orientierungswert liefert der TM-Gehalt der Suspension der Abfallbestandteile. Bei Speiseresten sollte dieser kleiner als 15% FM sein.

Eignung für folgende Fremdstoffe

Grit, Knochensplinter, Kies, Schwerstoffe mit einer Dichte deutlich größer als Wasser

Nicht geeignet für folgende Fremdstoffe

Fremdstoffe mit einer Dichte von  $\leq 1,1$  kg/Liter.

Effizienz

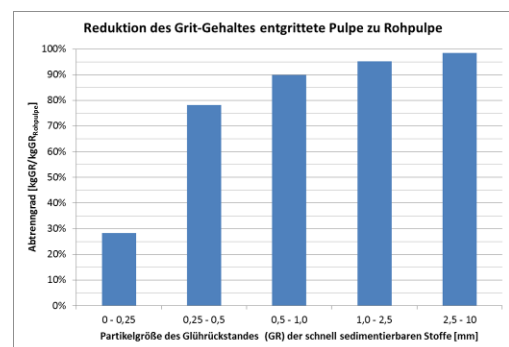
Erfahrungsgemäß beträgt der Glühverlust der abgetrennten Gritfraktion ca. 10-15% TM. Diese Organik ist jedoch nur zum Teil vergärbare. Die vergärbare Organik der Gritfraktion ist kleiner als 10% TM. Das folgende Diagramm zeigt Abtrenngrade, die mit einer Suspension aus kommunalem Bioabfall gemessen wurden:

Anteil Organik im ausgeschleusten Material (Rejekt)

Erfahrungsgemäß beträgt der Glühverlust der abgetrennten Organik ist jedoch nur zum Teil vergärbare. Die vergärbare Orga

Energieverbrauch

Der elektrische Stromverbrauch der Pumpe zur Beschickung des Grit-Abscheiders beträgt ca. 1-2 kWh/t Einsatzstoff. Auf den Energiebedarf hat vor allem der Abtrenngrad der Schwerstoffe einen Einfluss.



### Verbreitung des Verfahrens

Weltweit wurden 90 BTA-Grit-Abscheider in mehr als 40 Vergärungsanlagen mit Durchsatzleistungen von bis zu 90.000 Mg/a zur Aufbereitung von Speiseabfall und Biogut oder der organischen Fraktion aus Restabfall installiert. In Deutschland wurde er u.a. in zwei Anlagen installiert, in denen verpackte Lebensmittel mit einem BTA Abfall Pulper aufbereitet werden.

### Gesamte Durchsatzmenge an LMA

Ca. 10.000 Mg/a in Deutschland



## **Hydrozyklon (E. Sekundäre Separation)**

Hersteller: Rotaria Energie- und Umwelttechnik GmbH

### Ziel des Verfahrensschrittes

Dichte bezogene Abtrennung durch Schwer- und Zentrifugalkräfte

### Verfahrensbeschreibung

Die Abscheidung von Feststoffen erfolgt in einem Hydrozyklon durch darin wirkende Zentrifugalkräfte, Dabei werden die Schwerstoffe im Unterlauf des Zyklons in einen Aufstromwäscher abgegeben, die abgeschiedenen Schwerstoffe durch Dichtentrennung im Aufstromwäscher durch Fluidisierung des darin abgesetzten Schstoffes gewaschen und über Transportschnecke ausgetragen und entwässert. Das kombinierte Verfahren kann in die Prozessschritte Feststoffseparation durch Hydrozyklon, Feststoffaufbereitung durch Aufstromwäscher und Feststoffentwässerung durch Schneckenklassierer unterteilt werden. Die zu behandelnde Flüssigkeit wird über Pumpen der Abscheide- und Aufbereitungsanlage vom Typ CycloSort zugefördert. Im Hydrozyklon werden durch die Zentrifugalkraft der Sand und ein Teil des organischen Materials abgeschieden. Das im Zyklon abgeschiedene Material fällt in den unterhalb des Zyklons befindlichen Aufstromwäscher. Die beiden Verfahrensschritte Schwerstoffabscheidung und Feststoffbehandlung durch Aufstromwäsche sind so kombiniert, dass zwischen der Abscheidung des Feststoffs im Hydrozyklon und der Aufbereitung im Aufstromwäscher kein Flüssigkeitstransport stattfindet. Die Verfahrensschritte Abscheidung, Aufbereitung, Transport und Entwässerung werden beim CycloSort in einem geschlossenen System durchgeführt. Im Aufstromwäscher bildet sich durch das unten eingetragene Aufstromwasser ein Wirbelbett mit einem vom Bettmaterial abhängigen Dichtegradienten aus. Dies führt dazu, dass sich die organischen Partikel vom Schwerstoff trennen und oberhalb der Materialschicht anreichern. Aufgrund dieser Schichtung kann das leichtere organische Material oben und der Schwerstoff im unteren Bereich ausgetragen werden. Anschließend wird der ausgetragene Schwerstoff über eine Schnecke aus dem System ausgetragen und statisch entwässert. Da der CycloSort als geschlossenes System betrieben wird, kann eine Geruchsemission weitgehend vermieden werden.

### Eignung für folgende Einsatzstoffe

Einsatz für flüssige Einsatzstoffe z.B. Speiseresten und Bioabfall nach Zerkleinerung oder nach anderen Aufbereitungsprozessen (z.B. Separation). Wichtigste Voraussetzung ist die Pumpfähigkeit des zu behandelnden Materials. Der Einsatz auf Kläranlagen zur Abwasservorreinigung erfolgt nach Abwasserseibung in einer Rechenanlage.

### Eignung für folgende Fremdstoffe

Eignung im Wesentlichen wie für mineralische Stoffe z.B. Sand, Glas, Metallstücke, Knochenstücke. Gegenüber Fremdstoffen ist die Anlage weitgehend unempfindlich. Der sogenannte Kugeldurchgang ist >80 mm. Die Anlage kann in einem sehr weiten Bereich den Randbedingungen, der hydraulischen Leistung und der Abscheideleistung angepasst werden.

### Nicht geeignet für folgende Fremdstoffe

Leichtstoffe

### Effizienz

Abscheideleistung von Schwerstoffen >95%, auch geeignet für feinkörnige Bestandteile <0,1 mm. Abscheideleistung lässt sich durch entsprechende Verfahrensführung und Kombinationen an den Bedarf anpassen.

### Verbreitung des Verfahrens

Es sind ca. 50 Anlagen weltweit im Einsatz. Wesentliche Einsatzgebiete sind dabei Kläranlagen: CycloSort eingesetzt als Sandabscheider und zur Sandaufbereitung.

Mehr als 4 Biogasanlagen zur Verarbeitung von LMA: Schwerstoffabscheidung im Rohmaterial nach Zerkleinerung, auch parallel zum Fermenter sowie nachgeschaltet

Biogasanlagen zur Bioabfallvergärung: Schwerstoffabscheidung im Rohmaterial nach Zerkleinerung oder im Bypass/Ablauf der Fermenter

### Gesamte Durchsatzmenge

10 bis 300 m<sup>3</sup>/h je Maschine

## **Sandfang (Sedimentation) (E. Sekundäre Separation)**

Hersteller: HUBER SE

Ziel des Verfahrensschrittes

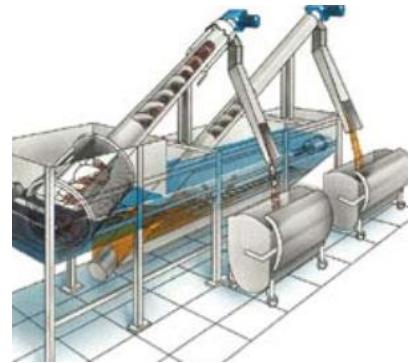
Schwerstoffabtrennung aus Suspension nach Aufbereitung und/oder Absiebung der Grobfraktion

Empfohlene Vor- und Nachbereitungsschritte

Strainpress

Verfahrensbeschreibung

Je nach Herkunft des Einsatzstoffes sind nicht unerhebliche Fremdstoffanteile vorhanden, neben Verpackungen und Kunststoffen sind auch mineralische Bestandteile, v.a. Schwerstoffe vorhanden, die – um Ablagerungen im Fermenter möglichst zu reduzieren – nach der Aufbereitung abgetrennt werden sollen. Hier kommen die sog. Kompaktanlagen (Ro5) oder reine Sandfänge/Schwerstoffabscheider (Ro6) zum Einsatz. Im Vergleich zur Ro6 werden Ro5-Anlagen noch um eine zusätzliche Siebstufe (meist 8-15 mm) ergänzt um eine Abtrennung von Störstoffen zu verbessern.



Reine Ro6-Anlagen sind Sedimentationsstufen, bei denen Schwerstoffe absinken und über eine am Boden liegende Förderschnecke in eine Richtung gefördert und eine schräg angestellte Schnecke aus dem Becken entfernt werden. Diese Schwerstoffe können über zusätzliche Stufen noch gewaschen werden.

Eignung für folgende Einsatzstoffe

Substratbrei aus der Nassaufbereitung von LMA, Speisereste und Biogut, der aufgrund der Herkunft mit Grit und Schwerstoffen verunreinigt ist. Einsatzstoff muss aufbereitet und fließfähig/wässrig sein, damit der Substratbrei in einem Durchflussbecken die Schwerstoffe abgeben kann.

Eignung für folgende Fremdstoffe

Grit und Schwerstoffe, welche aus dem Substratbrei absinken, können sehr gut entfernt werden. Wichtig ist dabei die Aufenthaltszeit bzw. Durchflusszeit durch den Sandfang so zu wählen, dass möglichst viel Schwerstoff absinken kann, aber möglichst wenig Substrat mit absinkt.

Nicht geeignet für folgende Fremdstoffe

Alles was wegen der natürlichen Dichte oder der Zähflüssigkeit des Substratbreis nicht absinkt, kann auch nicht entfernt werden, verursacht aber typischerweise weniger Probleme im Fermenter und kann durch eine nachgeschaltete Fremdstoffabsiebung abgetrennt werden.

Effizienz

Abhängig von einzusetzendem Substrat. Allgemein: je größer die Schwerstoffpartikel desto besser werden diese abgeschieden. Eine längere Aufenthaltsdauer im Absetzbecken würde eine bessere Abscheidung bewirken, jedoch auch eine stärkere Ablagerung des organischen Materials (was nicht gewollt ist).

Anteil Organik im ausgeschleusten Material (Rejekt)

Hoher Anteil, abhängig von Aufenthaltszeit

### Energieverbrauch

So nicht bezifferbar, Anlagen weisen typischerweise zwei Antriebsmotoren für die Austragsschnecken auf (jeweils ca. 3-5 kW, je nach Baugröße); bei nachgeschalteten Wäscher zwei zusätzliche Motoren, evtl. noch Förderaggregate. Generell ist die Abtrennung per Schwerkraft, also ohne Hilfsenergie.

### Verbreitung des Verfahrens

Ca. 20 Installationen weltweit

## **Zyklon (CleanRex) (E. Sekundäre Separation)**

Hersteller: Anaergia Europe GmbH (DB Technologies)

### Ziel des Verfahrensschrittes

Sekundäre Abtrennung hauptsächlich von Kunststoffen mittels Press- und/oder Zentrifugalkräfte

### Empfohlene Vor- und Nachbereitungsschritte

In Kombination mit vorgeschalteter Presse

### Verfahrensbeschreibung

Sekundäre Aufbereitung von Organik Suspensionen, hauptsächlich Kunststoffabscheidung, welche nach einer primären Fremdstoffabtrennung, mittels Pressverfahren oder Trennmühlen, zum Einsatz kommt. Die ankommende Organik Suspension wird, falls nötig, verdünnt und dann einem horizontalen Siebkorb zugeführt. Ein axialer Rotor verteilt das Material und schleudert die Organik durch die Lochung, während größere Teile (Fremdstoffe) zurückgehalten und an den Austritt befördert werden. Die Lochung ist zwischen 5 und 12 mm groß. Es werden hauptsächlich Kunststoffteile abgeschieden, Glas und Grit nicht.

### Eignung für folgende Einsatzstoffe

Flüssige, weiche und harte LMA. Bereits entpackte Organikströme (aus Pressverfahren, Hammermühlen, Trennmühlen) sind gut geeignet. Diese werden für eine optimale Trennung auf 12-15% TM verdünnt.

### Eignung für folgende Fremdstoffe

LVP, Verbund, Hartplastik, Knochen, Mischung etc. Die CleanRex ist keine primäre Trennmaschine sondern eine sekundäre Stufe zur Aufbereitung von bereits abgetrennten Organik Strömen. Flächige Kunststoffteile werden gut abgeschieden.

### Nicht geeignet für folgende Fremdstoffe

Glas, Grit

### Effizienz

Es gehen typischerweise ca. 3-5% der Organik zusammen mit dem Fremdstoffstrom verloren, wenn weniger als 0,3-0,5% TM Fremdstoffe angestrebt werden.

### Anteil Fremdstoff in Organik (nach Abtrennung)

Wenn der Fremdstoffanteil bei 0,1-0,2% TM soll, gehen 15% der Organik verloren. Diese Zahlen beziehen sich auf Erfahrungswerte bei der Verarbeitung von Restabfall und Biogut. Fremdstoffe sind als Schwebestoffe zu verstehen.

### Energieverbrauch

1,5-2 kWh/t Einsatzstoff. Der Energieverbrauch ändert sich nicht bei unterschiedlichen Fremdstoffanteil-Zielwerten. Diese werden durch unterschiedliche Lochungen erreicht.

### Verbreitung des Verfahrens

Die CleanRex Technik wird vor allem in der Aufbereitung von gewonnener Organik aus Restabfall/Biogut eingesetzt, mit Anlagen in Europa, Nordamerika und Afrika. Mindestens eine deutsche Anlage setzt die Technologie zur Aufbereitung von verpackten Lebensmitteln ein.

### Gesamte Durchsatzmenge

Je nach Modell schwankt der Durchsatz zwischen 20 und 35 t/h bei 15% TM.

## F. Separation während der Vergärung

### **Skimmer und Bodenräumer**

Hersteller: Finsterwalder Umwelttechnik GmbH & Co. KG

#### Ziel des Verfahrensschrittes

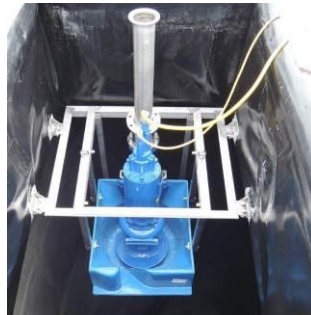
Schwimm- und Schwerstoffabtrennung durch Auftriebs- und Schwerkkräfte

#### Empfohlene Nachbereitungsschritte

Kolbenpresse

#### Verfahrensbeschreibung

Die nach der Aufbereitung im Substrat enthaltenen Fremdstoffe werden in den Vergärungsprozess eingetragen. Durch den Abbau des organischen Anteils des Substrats zu Biogas reduziert sich der TM-Gehalt im Fermenter, es entsteht das Gärprodukt. Fremdstoffe die im Substrat eingebettet waren schwimmen dadurch entweder auf (Schwimmstoffe), bleiben in Schwebelage (Schwebstoffe) oder sinken ab (Schwerstoffe). Im Finsterwalder Verfahren werden die in den Fermenter eingetragenen Schwerstoffe und Schwimmstoffe mittels patentierter Austragstechnik kontinuierlich aus dem System entfernt, d.h. die Fermenter sind mit einem Bodenräumsystem für den Schwerstoffaustrag und einem Skimmersystem für den Schwimmstoffaustrag ausgestattet. Das anfallende Gärprodukt wird aus dem Fermenter immer über den Leichtstoffabscheider entnommen. Dieser hat eine Siebweite von 1 mm, d.h. das Gärprodukt ist frei von Partikeln die größer als 1 mm sind. Der Skimmer lässt sich auch als Vollstromsiebung nach der Vergärung z.B. im Überlauf in das Gärproduktlager auslegen. Im Bild ist der Arm eines Bodenräumers (links) bzw. Leichtstoffskimmer im eingebauten Zustand (rechts) zu sehen.



Der Bodenräumer schiebt Sedimente in einen Bodenablass, von wo aus diese mit einer speziellen Pumpe in den Sedimentabscheider gefördert und dort abgetrennt werden. Schwimmstoffe werden vom Skimmer erfasst und in eine Siebmaschine gefördert. Dort werden dann Faserstoffe und Kunststoffteile abgetrennt und in einen Container abgeworfen.

#### Eignung für folgende Einsatzstoffe

Biogassubstrat

#### Eignung für folgende Fremdstoffe

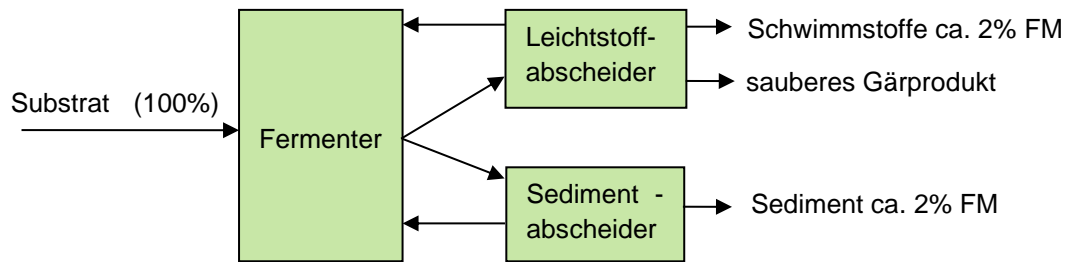
LVP für Skimmer, Hartplastik, Metall, Glas, Grit und Sand für Bodenräumer

Bei der Kunststoffabtrennung ist zwischen Filmplastik und Hartplastik zu unterscheiden. Verfahrensbedingt werden beim Pressen fast 100% der Hartplastikbestandteile abgetrennt. Sie finden sich nur in geringem Maße im Sedimentaustrag des Fermenters. Dagegen ist Filmplastik sehr weich und kann nicht vollständig vom Sieb zurückgehalten werden. Es wird teilweise mit dem Substrat in den Fermenter übertragen und dort über den Leichtstoffskimmer ausgetragen.

Glas, Grit werden in der vorhergehenden Aufbereitung sehr gut ausgeschleust, sofern sie größer als 12 mm sind. Kleinere Stücke und Sand passieren teilweise das Sieb und gelangen mit dem Substrat in den Fermenter. Dort werden sie dann über den Bodenräumer ausgetragen.

### Effizienz

Die Abbildung zeigt die Massenbilanz zur Fremdstoffabtrennung aus der Fermentation



### Energieverbrauch

Anschlussleistung 0,5 kW

### Verbreitung des Verfahrens

s. B. Separation, Finsterwalder Kolbenpresse BS200

### Gesamte Durchsatzmenge

s. B. Separation, Finsterwalder Kolbenpresse BS200

## **Ausbaggern der Fermenter (F. Separation während der Vergärung)**

Hersteller: Hölzl GmbH

Ziel des Verfahrensschrittes

Abscheidung von Schwerstoffen und mineralischen Bestandteilen

Empfohlene Vor- und Nachbereitungsschritte

Vor der Reinigung müssen die betreffenden Behälter vom Gasnetz getrennt werden und das Gärprodukt abgepumpt werden. Zusätzlich ist für eine ausreichende Belüftung zu sorgen, damit bei der Entleerung und nachfolgend die in den Sedimenten entstehenden Gase in Verbindung mit Sauerstoff kein explosionsfähiges Gemisch ergeben können. Allgemeine Sicherheitsvorkehrungen sind unbedingt einzuhalten.

Verfahrensbeschreibung

Die Beseitigung der Sedimente erfolgt durch einen Saugbagger und einem kleinen Miniradlader. Das zugeführte Saugrohr wird auf den Behälterboden durch eine kleine Öffnung abgelassen und saugt mittels Unterdruck kontinuierlich die Sedimentschicht am Beckenboden ab. Der Miniradlader wird in den Behälter abgelassen und schiebt die Ablagerungen zum Saugschlauch, um sie so schneller aus dem gesamten Bereich des Behälters entfernen können.

Eignung für folgende Einsatzstoffe

Flüssige und feste Stoffe bis zu einer Größe von maximal 15 cm Durchmesser

Geeignet für folgende Fremdstoffe

Sedimente aller Art, hauptsächlich bestehend aus Sanden, Steinen und Gärrückständen. Eine Trennung zwischen Organik und Anorganik ist bei der Behälterreinigung nicht möglich. Beschränkungen erfolgen nur durch Zugänglichkeit.

Nicht geeignet für folgende Fremdstoffe

Keine Einschränkungen, da davon auszugehen ist, dass in Frage kommende Fremdstoffe bereits bei Fermenter Betrieb Probleme verursacht haben und dementsprechend nicht mehr vorkommen können.

Effizienz

100% der Sedimente können entfernt werden.

Verbreitung des Verfahrens

3 Saugbagger für wechselnde Biogasanlagen

Gesamte Durchsatzmenge

Ca. 200 – 400 m<sup>3</sup> pro Tag



## G. Separation nach der Vergärung

### **Pressschneckenseparator (STRAINPRESS®)**

Hersteller: Huber SE

Ziel des Verfahrensschrittes

Druckbasierte Fest/flüssig-Trennung des Gärprodukts durch ein Sieb

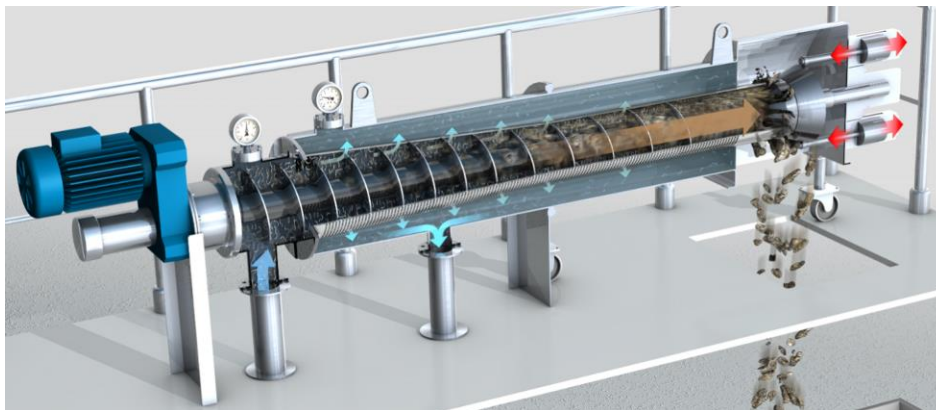
Empfohlene Vor- und Nachbereitungsschritte

Sandfang

Verfahrensbeschreibung

Die STRAINPRESS® ist ein InLine-Siebverfahren, bei dem Fremdstoffe aus dem Gärprodukt (ausschließlich nach dem Fermenter) abgeseibt werden und Fremdstoffe, die größer als der Trennschritt des verwendeten Siebkorb (2-10 mm) entfernt werden. Das Verfahren kann mit bis zu 1,5 bar druckbeschickt werden, wobei diese treibende Kraft das Gärprodukt (oder andere Schlämme) durch das Sieb drückt und gröbere Bestandteile (Plastik, Fasern, Glas) im Siebkorb zurückgehalten und über eine Schnecke in Richtung des Austrags geschoben und gleichzeitig entwässert werden. Am Ende der Austragsschnecke befindet sich ein steuerbarer Konus, der den Gegendruck aufbringt und so das System regelt. Der ausgetragene Fremdstoff weist einen TM-Gehalt von 35-45% auf, das gesiebte Gärprodukt kann mit einem Druck bis zu 1 bar weiter in das Gärproduktlager oder einer weiteren Behandlung (z. B. Entwässerung) gefördert werden.

Der Lochsieveinsatz kann auch nachträglich innerhalb weniger Stunden ausgetauscht werden und so die Effizienz der Separation oder die Durchsatzleistung beeinflusst werden.



Eignung für folgende Einsatzstoffe

Gärprodukte nach der Vergärung unabhängig welcher Herkunft. Es gibt Installationen, die Gärprodukte aus der Aufbereitung von Speiseresten und Lebensmittelabfällen behandeln, genauso wie solche, die Bio- und Grüngut aufbereiten (nicht aus NawaRo-Anlagen).

Eignung für folgende Fremdstoffe

LVP, Verbund, Hartplastik, Grit, Schwimmstoffe und Fasern werden sehr gut abgeschieden, generell alles was größer als der eingesetzte Trennschnitt ist. Voraussetzung ist, dass die Organik soweit zersetzt wurde, dass eine frei fließende, pumpfähige Substanz entsteht, die sich auch durch das Siebelement pressen lässt.

Nicht geeignet für folgende Fremdstoffe

Kritisch ist grobes, hartes Material mit einer Kantenlänge >50 mm, da dies bei zu hohen Konzentrationen zu Verstopfungen in der Schnecke führen kann. Hohe anorganische Anteile an Grit und Glas führen zu erhöhten Verschleiß. Eine entsprechende Vorbehandlung in der Substrataufbereitung wirkt daher verschleißmindernd.

### Effizienz

Abhängig von der eingesetzten Sieblochung und der Zusammensetzung und Temperatur des Gärprodukts wird 1 bis 10% der zugeführten TM als Rejekt ausgeschleust. Typischerweise wird eine 90%ige Abscheidung bezogen auf den Trennschnitt erreicht.

### Anteil Fremdstoff in Organik (nach Abtrennung)

Der Anteil im Gärprodukt kann nahezu ausgeschlossen werden.

### Energieverbrauch

Die Maschinen haben einen Antriebsmotor von 3 bzw. 4 kW, die Betriebszeiten sind abhängig vom Gesamtregime und auch von der Feststoffmenge, welche wiederum die Durchsatzmenge beeinflusst. Spezifisch ergeben sich Energieverbräuche von 1-3 kWh/t TM.

### Verbreitung des Verfahrens

Ca. 70 Installationen im Bereich Bioabfall weltweit, auf die Maschine bezogen >1000 Installationen. Das System wurde ursprünglich für die Behandlung von Primärschlamm auf kommunalen Kläranlagen entwickelt, um Faultürme und nachgeschaltete Verfahrensschritte vor Fremdstoffen zu schützen. Ca. 15 Installationen in deutschen Biogasanlagen (z.B. Schraden Biogas)

### Gesamte Durchsatzmenge

Ca. 5-30 m<sup>3</sup>/h pro Maschine

## **Filter-Separator (G. Separation nach der Vergärung)**

Hersteller: UTS Products GmbH

Ziel des Verfahrensschrittes

Fremdstoffabtrennung aus Gärprodukt mittels kombiniertem Filter- und Pressverfahren

Empfohlene Vor- und Nachbereitungsschritte

Sackaufreißer, Extruderpresse, Cleanrex

Verfahrensbeschreibung

Das flüssige Gärprodukt wird in das Einlaufgehäuse des Separators gepumpt und dann einem horizontalen Spaltsiebkorb zugeführt. Die Fremdstoffe werden im Siebkorb zurückgehalten und durch eine rotierende Pressschnecke in den Presskopf der Maschine gefördert, dort gegen einen Federklappenmechanismus ausgepresst und abgeworfen. Die Organik tritt durch die Siebspalten (0,5–1 mm) aus und läuft über die Filtratleitung per Gravitation ab. Faserstoffe, die nicht durch die Siebspalten treten, werden zusammen mit den Fremdstoffen abgeschieden.

Eignung für folgende Einsatzstoffe

Flüssige Gärprodukte aus der Nassfermentation

Eignung für folgende Fremdstoffe

LVP, Verbund, Hartplastik, Metall, Mischungen etc. Enthaltene Faserstoffe führen zur Bildung einer Filtermatte auf der Siebkorbinnenfläche. Dadurch werden auch Störstoffe und organische Bestandteile abgeschieden, die kleiner der eingesetzten Spaltweite sind. D.h. mit höherem Faseranteil wird der Organik Anteil im abgeschiedenen Feststoff größer. Mineralik ist nach der Vergärung nicht mehr im Gärprodukt enthalten.

Effizienz

Nahezu vollständige Abscheidung der Störstoffe und faserhaltiger organischer Feststoffe

Anteil Fremdstoff in Organik (nach Abtrennung)

Der Anteil im Gärprodukt kann mit einem 0,5 mm Sieb nahezu ausgeschlossen werden.

Energieverbrauch

Bei Durchsatzmengen von 10-20 t/h und einer durchschnittlichen elektrischen Leistung von ca. 3 kW beläuft sich der Energieverbrauch auf 0,10-0,20 kWh/t Einsatzmaterial.

Verbreitung des Verfahrens

Mindestens 5 Anlagen in Deutschland. Eine Anlage wird in Glenfarg / Schottland zur Störstoffabscheidung aus Gärprodukten seit sechs Jahren eingesetzt.