

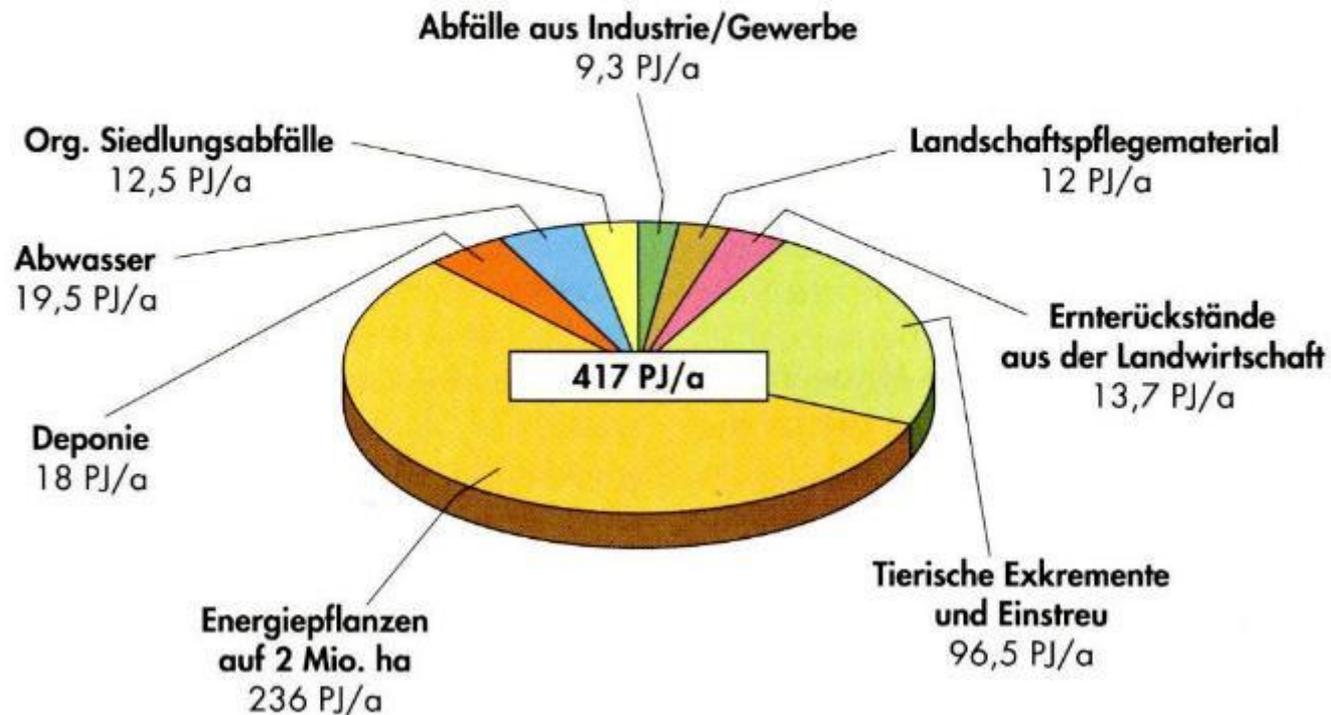


# **LEHMANN Maschinenbau GmbH**

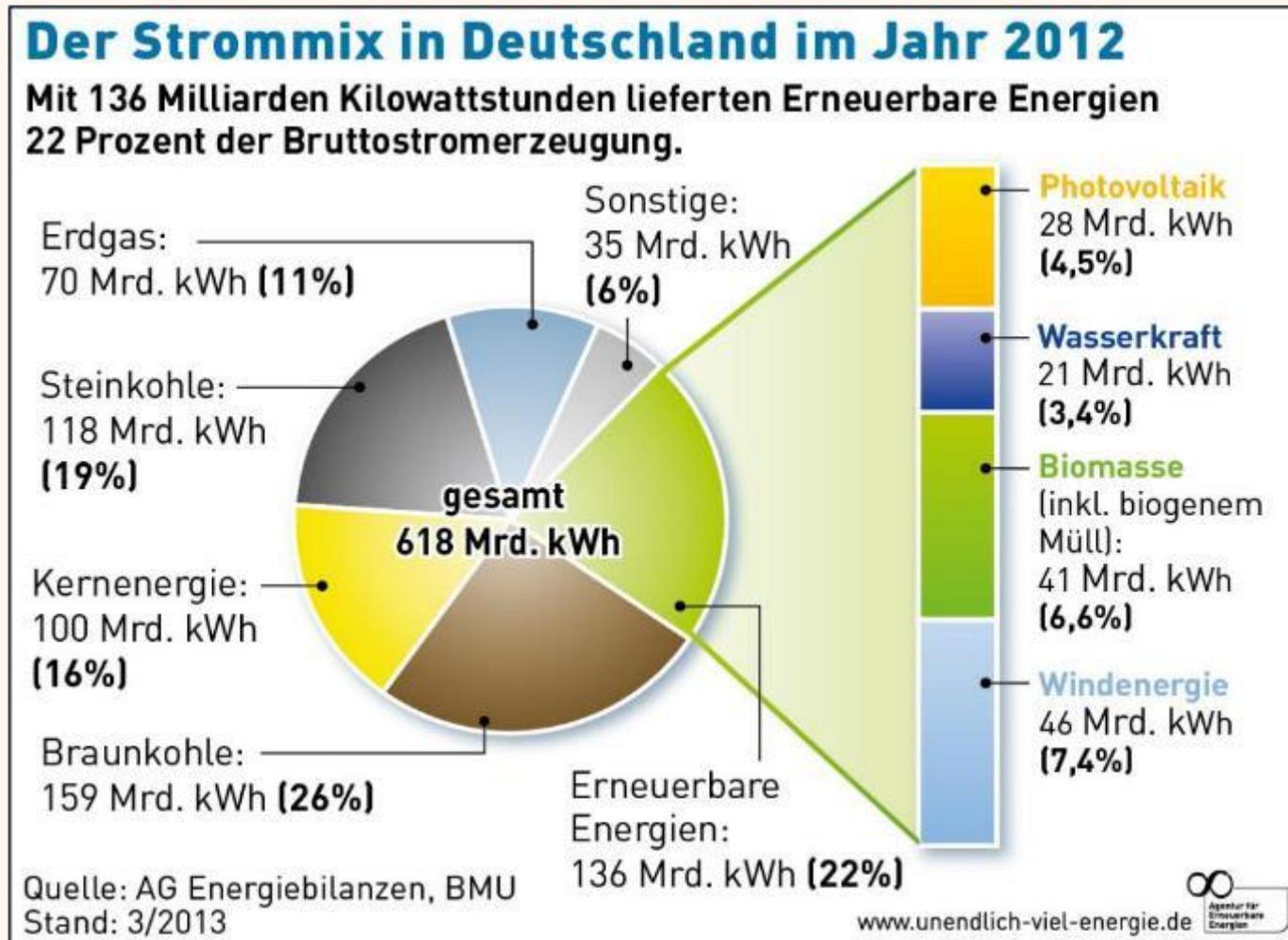
## **Potentiale Biogasanlagen / Rohstoffverwertung**

## Nutzbares Energiepotenzial

(Deutschland)



Quelle: Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe



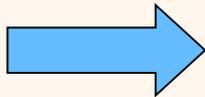
**7.100 Biogasanlagen liefern ca. 3% des deutschen Stromes.**



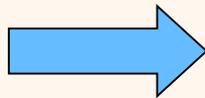
# Vom Substrat zur Energie



**Substrataufbereitung**



**Fermentation**



**Gärrestaufbereitung**

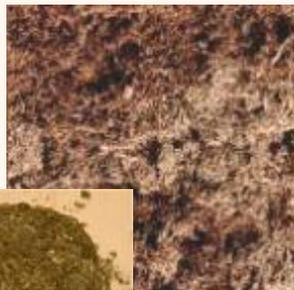


**Vergasung**

# Substrataufbereitung – Zerfaserung & Kompaktierung



*Zerfaserung*



*Kompaktierung*



# Substrataufbereitung – Entwicklung Bioextruder



# Substrataufbereitung – Wirkprinzip der Bioextrusion

- ineinanderlaufende, gegenläufige Schnecken bewirken
  - mechanischen Energieeintrag
    - Zerkleinerung
    - Quetschen
    - Zerreiben
  - hydro-thermalen Aufschluss
    - hohen Druck
    - hohe Temperatur (an Druck gebunden)
- plötzliche Entspannung bedeutet
  - Zerreißen der Zellstruktur
  - Druck / Wärme
  - Ligninphase
- Wechselbelastung (Kavitäten) durch ständige Wiederholung

**> Aufschluß / Auffaserung / Plastifizierung <**

# Substrataufbereitung – verbesserte Substrateigenschaften

1. geeignet für **schwer** in Biogasanlagen beherrschbare Substrate wie Festmist, Landschaftspflegematerial, Maisstroh, Stroh, Gras, Ganzpflanzen, Bioabfall
2. keine Schwimmschichten
3. gute Rohr-, Ventilpassier- und Transportfähigkeit
4. geringe Röhrenergie, da extrudiertes Substrat in Mittellage geht und sich gut verteilt
5. hohe Homogenität des Substrates (Extruder ist ein Intensivmischer)
6. hohe TS-Gehalte über Feststoffpfad einbringbar

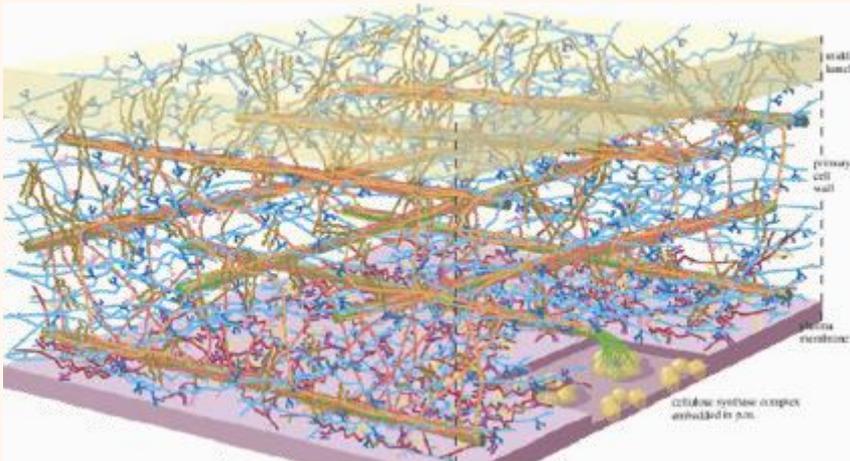
# Substrataufbereitung – verbesserter chemischer Abbau

1. Herausbildung neuer Bakterienstämme entsprechend des ‚Dargebotes an Futter‘ durch Grenzflächenmechanik
2. Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit des Abbaus der Biomasse durch größere Oberfläche und optimale Reaktions-/ Milieubeding.
3. Verkürzung der Verweilzeit bei besseren Ausfaulgrad – Einsparung von Faulraumvolumen
4. bessere Gasbildungsrate des org. Trockensubstanzgehaltes
5. Erhöhung der Raumbelastung bei besseren C/N – Verhältnis
6. geringes Temperaturgefälle zwischen extr. Substrat und Fermenter
7. hohe Drücke im Inneren d. Extruders bedingen Abtötung von Krankheitskeimen, Pilzsporen, Unkrautsamen - Senkung d. Keimbelastung

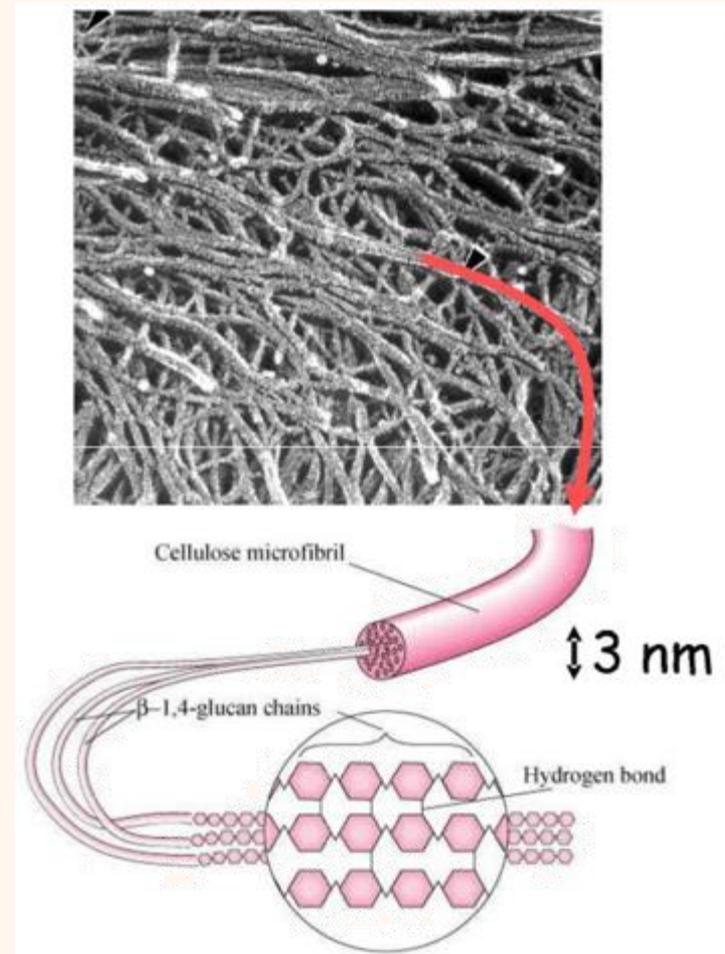
**mundgerechte Bakterienkost**

# Substrataufbereitung – Lignozellulose (komplexes Substrat)

Zellulose liegt in kristallinen Fasern vor,  
die in einem Netzwerk aus Hemizellulosen  
und Lignin eingebunden sind.

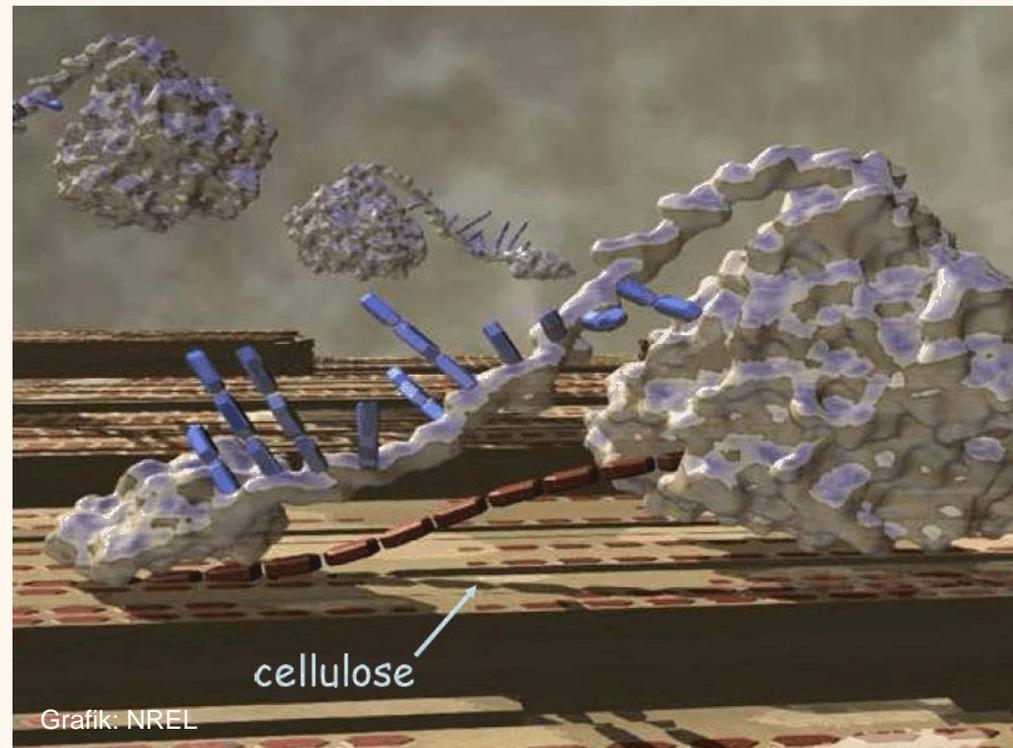


Grafik: C. Somerville

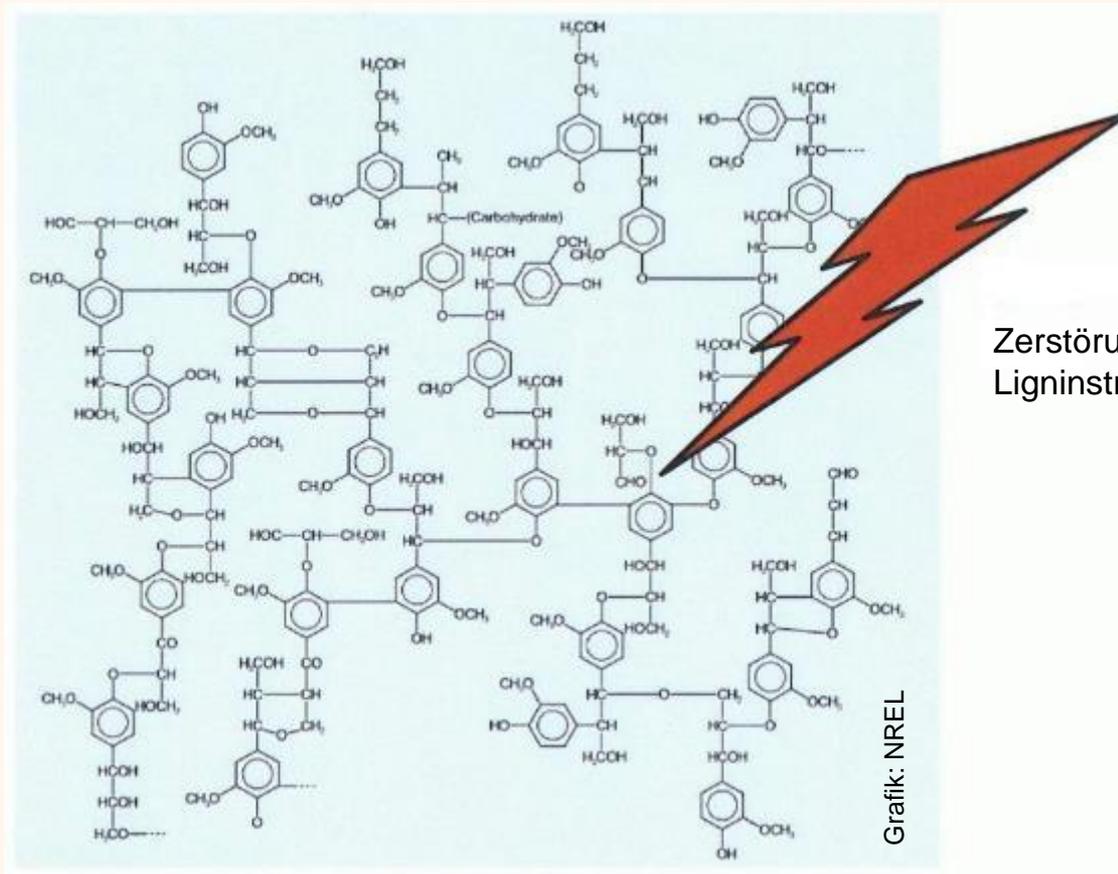


# Substrataufbereitung – Lignozellulose - biologisch aufgebaut und abbaubar

- Aufschlussverfahren
- übergeordnete Faserstrukturen, Hemicellulosen, und Lignin sind zu entfernen
- enzymatischer weiterer Aufschluß in wässriger Lösung (Zellulasen)



# Substrataufbereitung – Wirkung der Bioextrusion in der Zellstruktur



Zerstörung der  
Ligninstruktur

Grafik: NREL

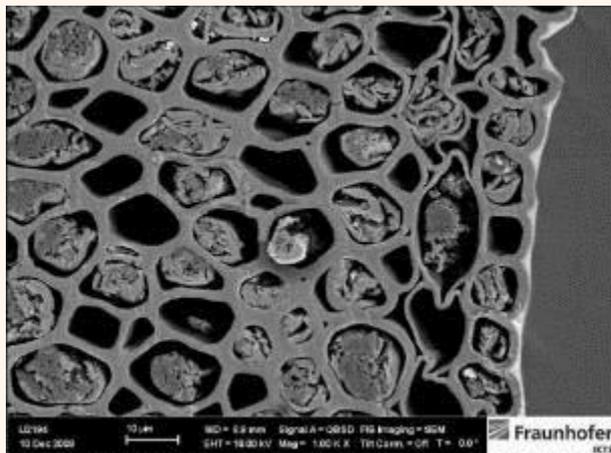
# Substrataufbereitung – Lignozellulose (komplexes Substrat)



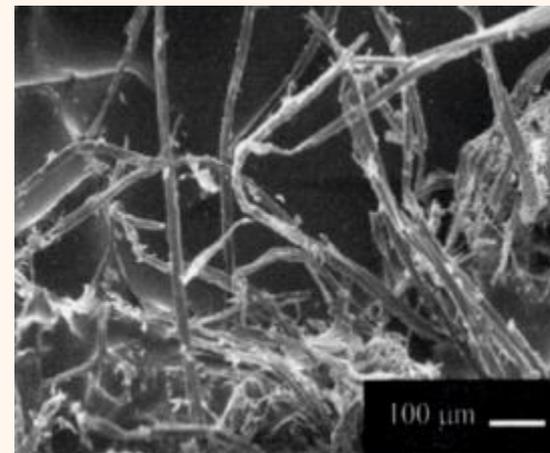
Stroh,  
unbehandelt



Stroh,  
nach Bioextrusion



Zellstruktur,  
unbehandelt



Aufschluss bis  
ins Zellgefüge,  
n. Bioextrusion

# Substrataufbereitung – Bioextrusion von Stallmist



# Substrataufbereitung – Bioextrusion von Deichschnitt



# Substrataufbereitung – semimobile Kompaktieranlage



# Fermentation – BGA Pöhl - 499 kW<sub>elektrisch</sub>

Deutschland  
Land der Ideen  
Ausgewählter Ort 2009



**Unsere Demonstrations- und Modell-Biogasanlage zur Trockenfermentation 499 kW<sub>elektr.</sub>**

## Input:

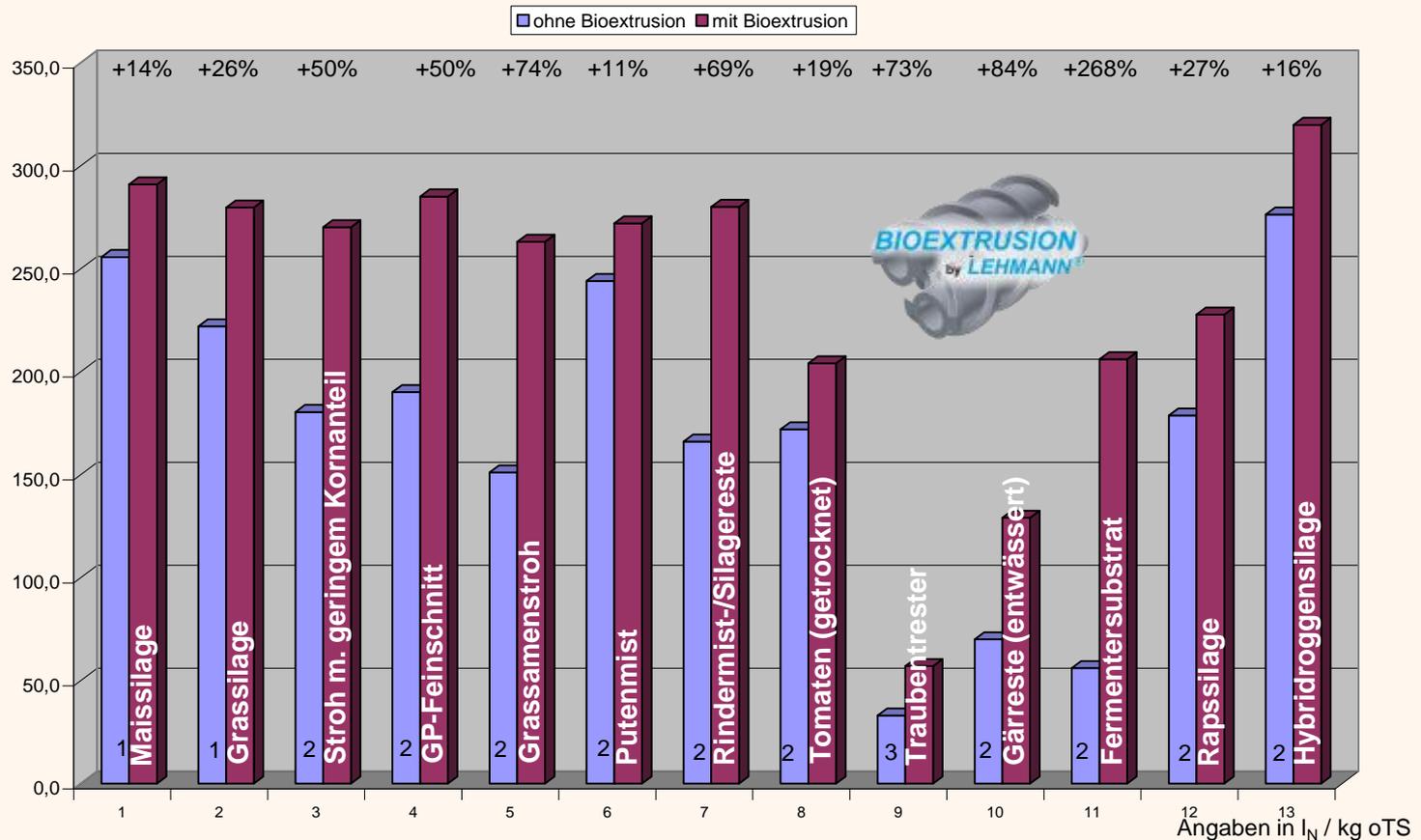
strohiger Mist, Landschaftspflegematerial, trockene Ganzpflanzensilage, Maissilage, Grassilage und einem hohen Grasanteil von 55%

- Baubeginn im Februar 2008
- Inbetriebnahme Ende Dezember 2008
- Input ca. 30 t/d nachwachsende Rohstoffe

## ***Besonderheiten der Biogasanlage***

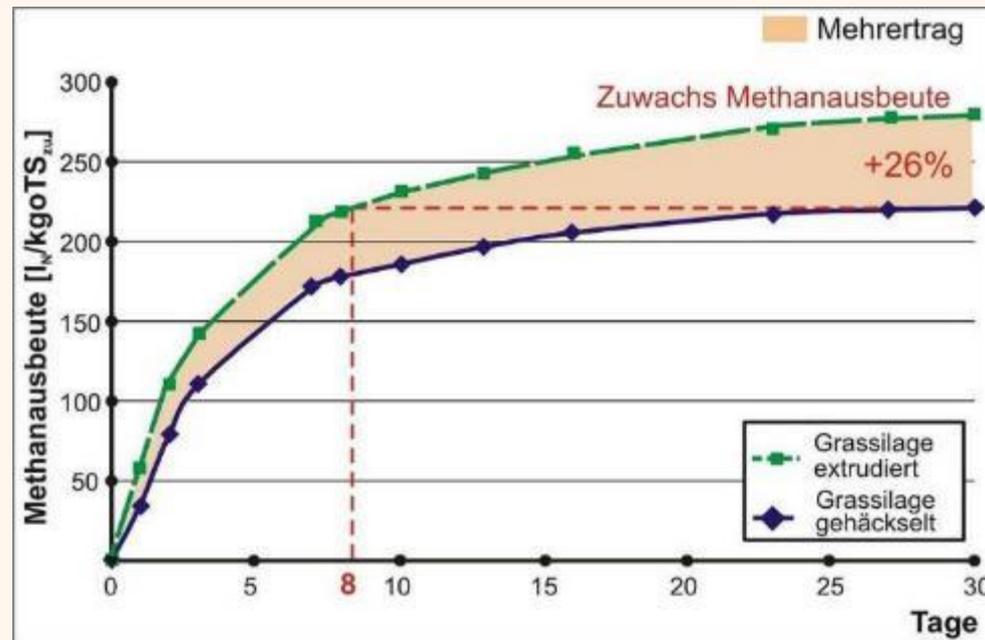
- Bioextrusion
- Separation des Gärrestes
- Kompaktierung / Pelletierung des Gärrestes mit Trocknung
- Gasentschwefelung nach BioPEAC-Verfahren
- LMSV® Verfahren für Gärreste

# Fermentation – Methanertragssteigerung durch Bioextrusion



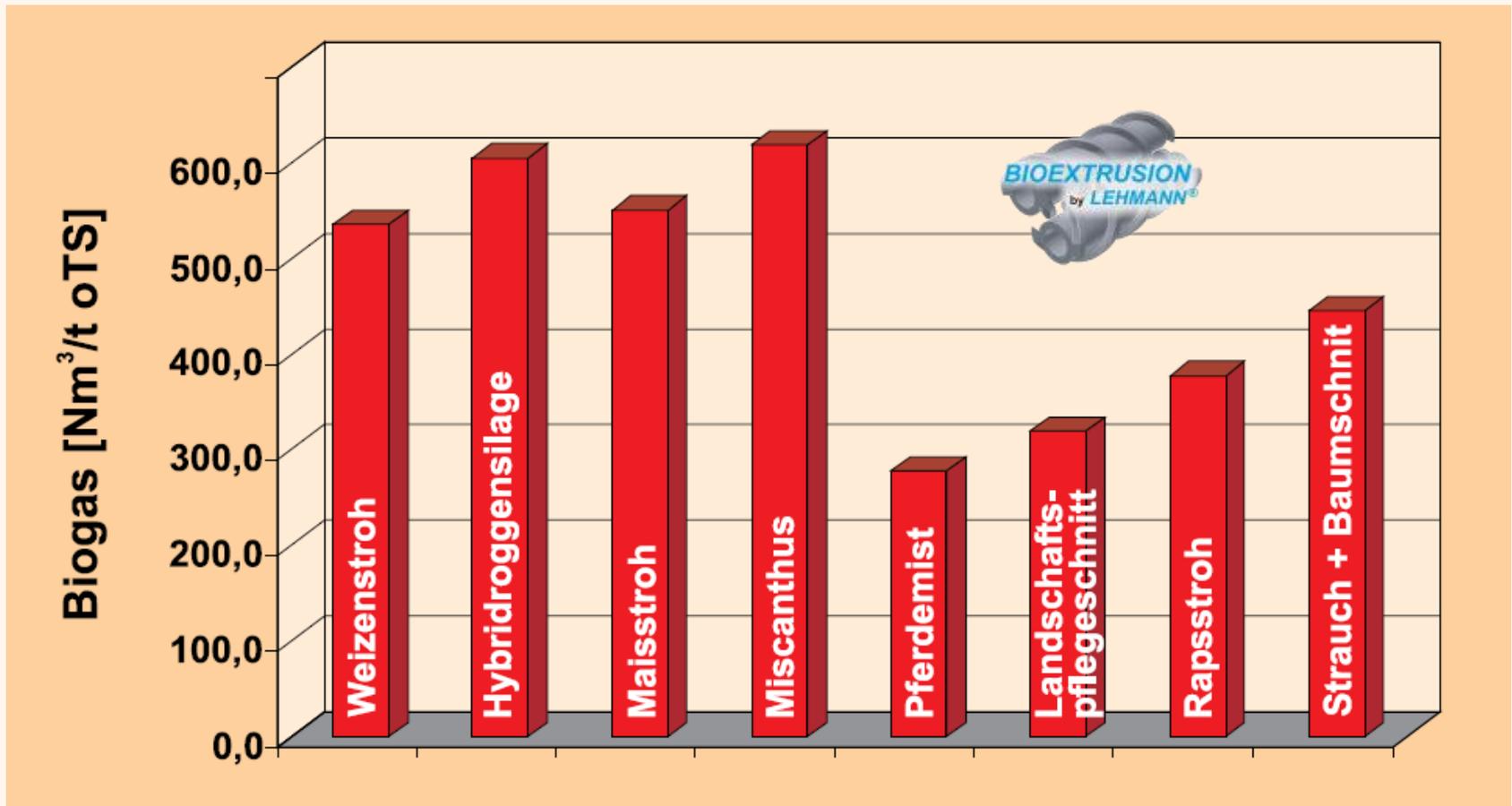
Quellen: 1 Sächs. Landesanstalt f. Landwirtschaft, 2 Biogas Oberfranken, 3 Prüf- u. Forschungsinst. Pirmasens, Batchversuche nach VDJ 4630

# Fermentation – Beispiel: Grassilagevergärung

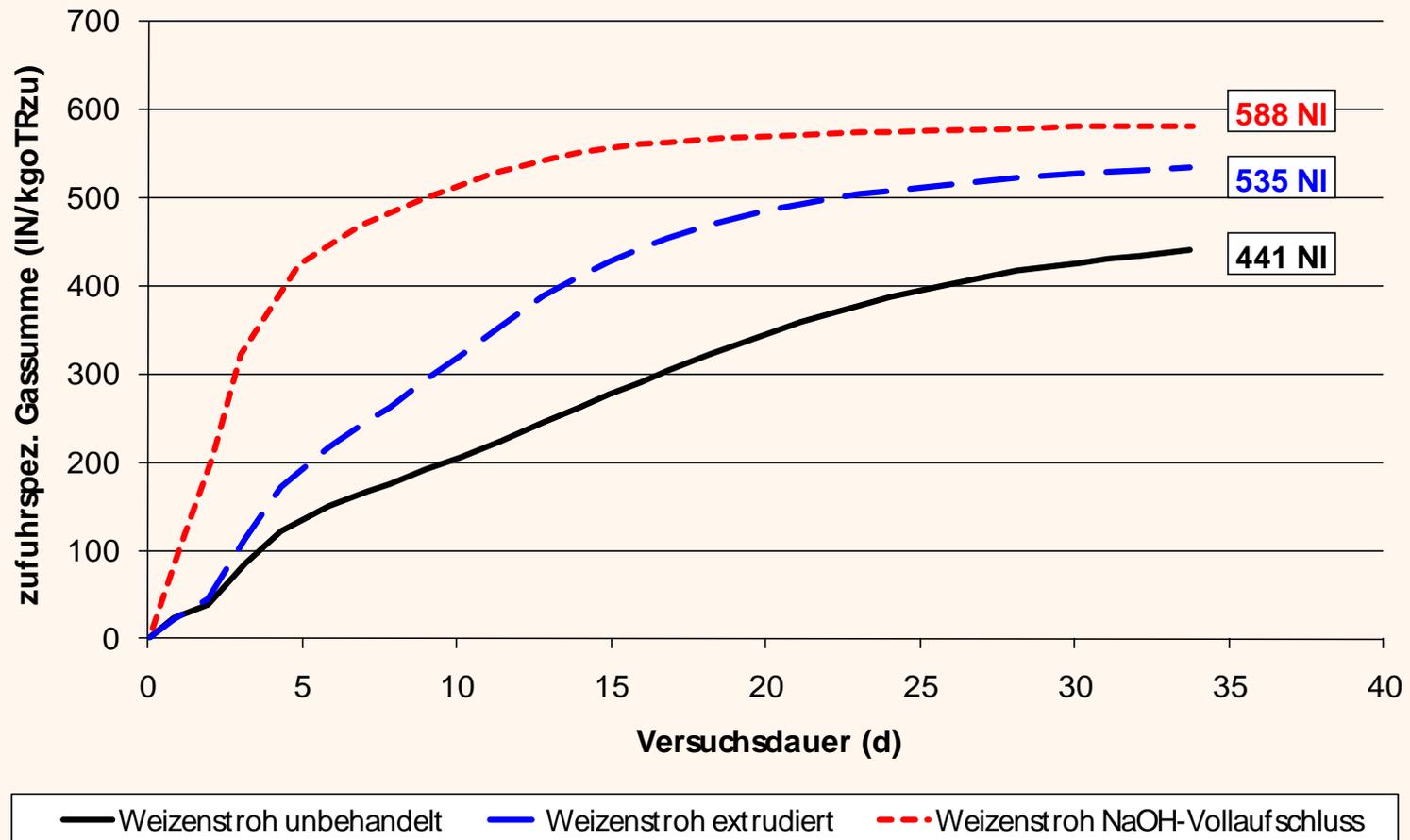


	Biogas- ausbeute	Methan- ausbeute	Methan- gehalt	Zuwachs an Methan- ausbeute	Zuwachs an Biogas- ausbeute
<b>Grassilage original</b>	382,92 l <sub>N</sub> /kg oTS <sub>zu</sub>	220,97 l <sub>N</sub> /kg oTS <sub>zu</sub>	58 Vol. %		
<b>Grassilage extrudiert</b>	496,08 l <sub>N</sub> /kg oTS <sub>zu</sub>	279,70 l <sub>N</sub> /kg oTS <sub>zu</sub>	56 Vol. %	26 %	29,5 %

# Fermentation – Beispiel: Nutzung hochlignozellulosehaltiger Reststoffe und Substrate durch Bioextrusion

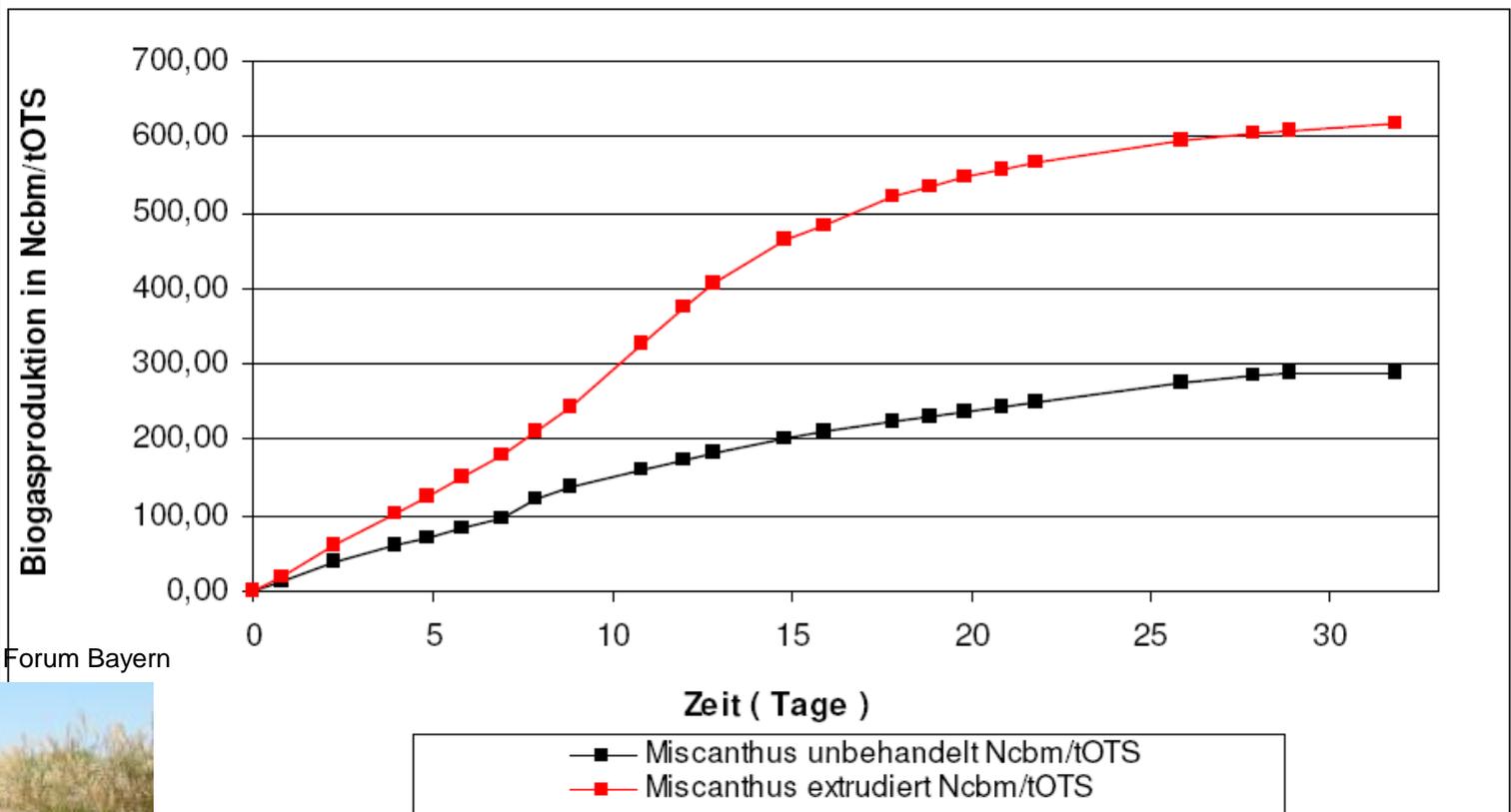


# Fermentation – Beispiel: Strohvergärung



Quelle: Fraunhofer Gesellschaft IKTS Dresden

# Fermentation – Beispiel: Miscanthusvergärung

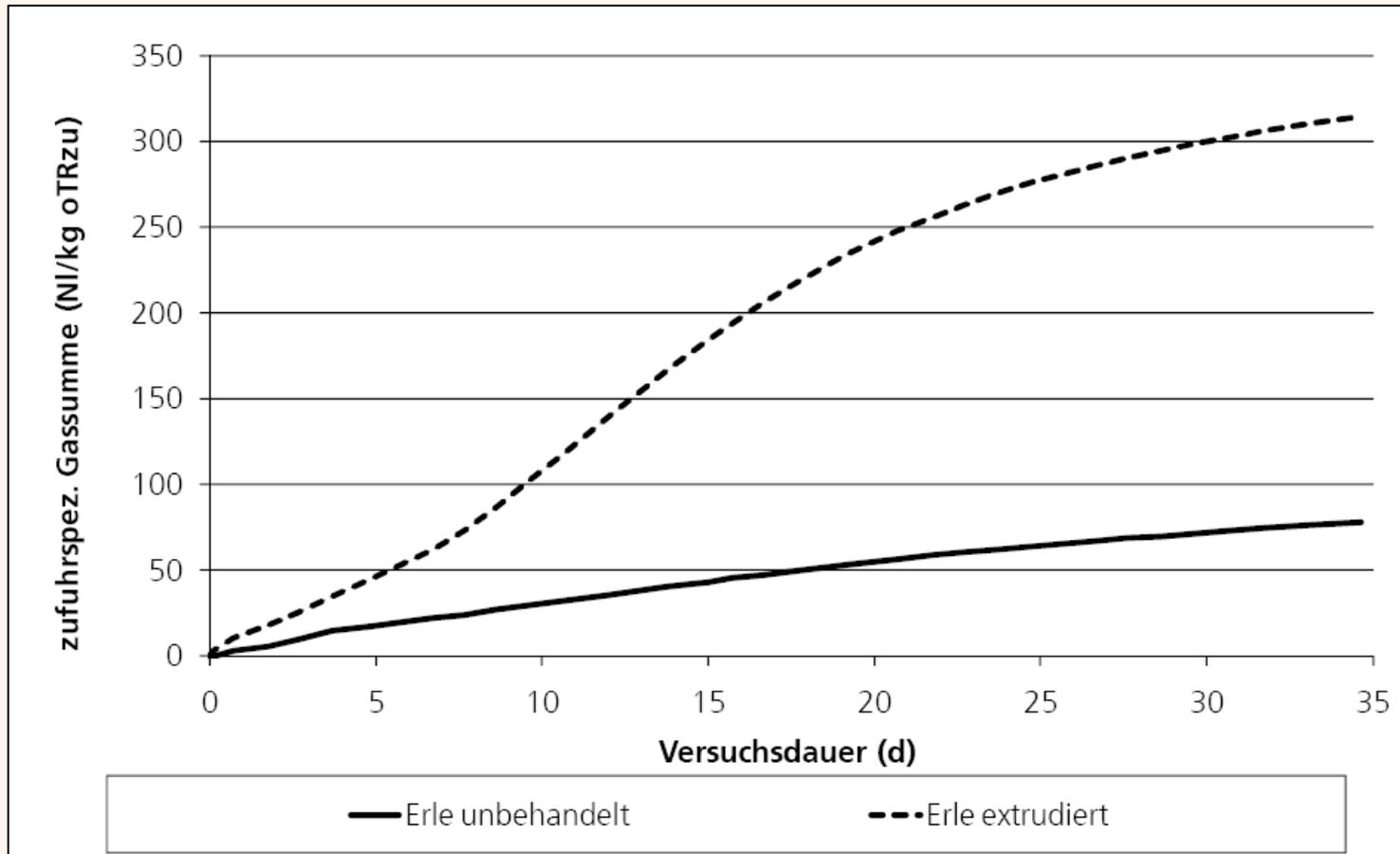


Quelle: Biogas Forum Bayern



Quelle: Biogas Oberfranken

# Fermentation – Beispiel: Verholzter Strauch- und Baumschnitt



Quelle: Fraunhofer Gesellschaft IKTS Dresden

# Gärrestaufbereitung

- Gärrestseparation
- Gärresttrocknung mittels Plattenbandtrockner, Trocknungscontainer, Turmtrockner oder Trockenboden (Nutzung der BHKW-Sekundärwärme)
- Nutzung der Gärreste
  - ▶ Flüssig zur landwirtschaftlichen Nutzung
  - ▶ Fest in Form von Düngestoffen (Pellet, Brikett), Heizmaterial (Brikett, Kompaktat, Pellet)
  - ▶ Vergasung nicht pelletierter Gärrest
  - ▶ Aufbereitung zu vorfluterfähigen Wasser

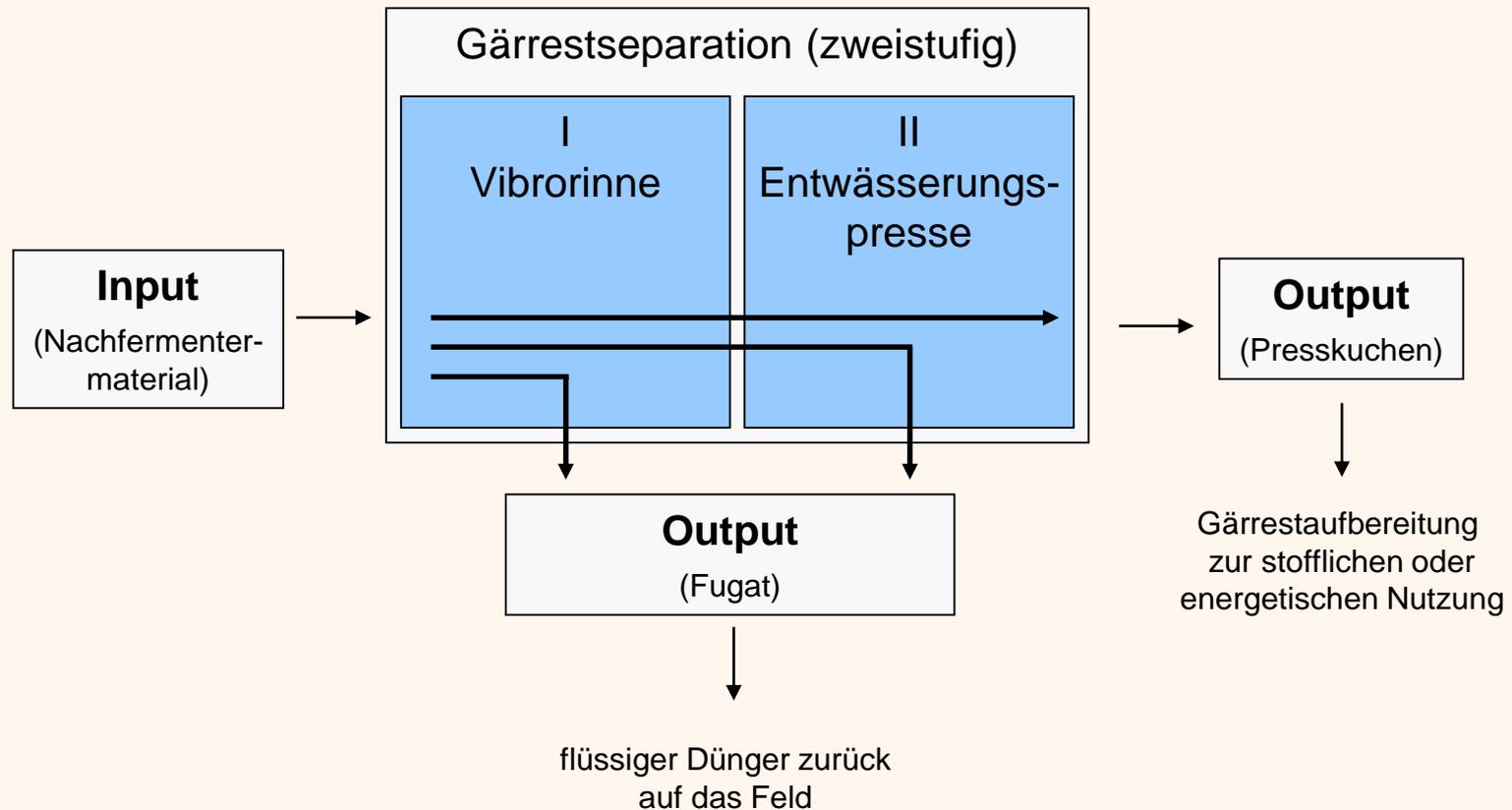
# Gärrestaufbereitung – Zweistufige Gärrestseparation



# Gärrestaufbereitung – Option: Separation mit Vibratorrinne



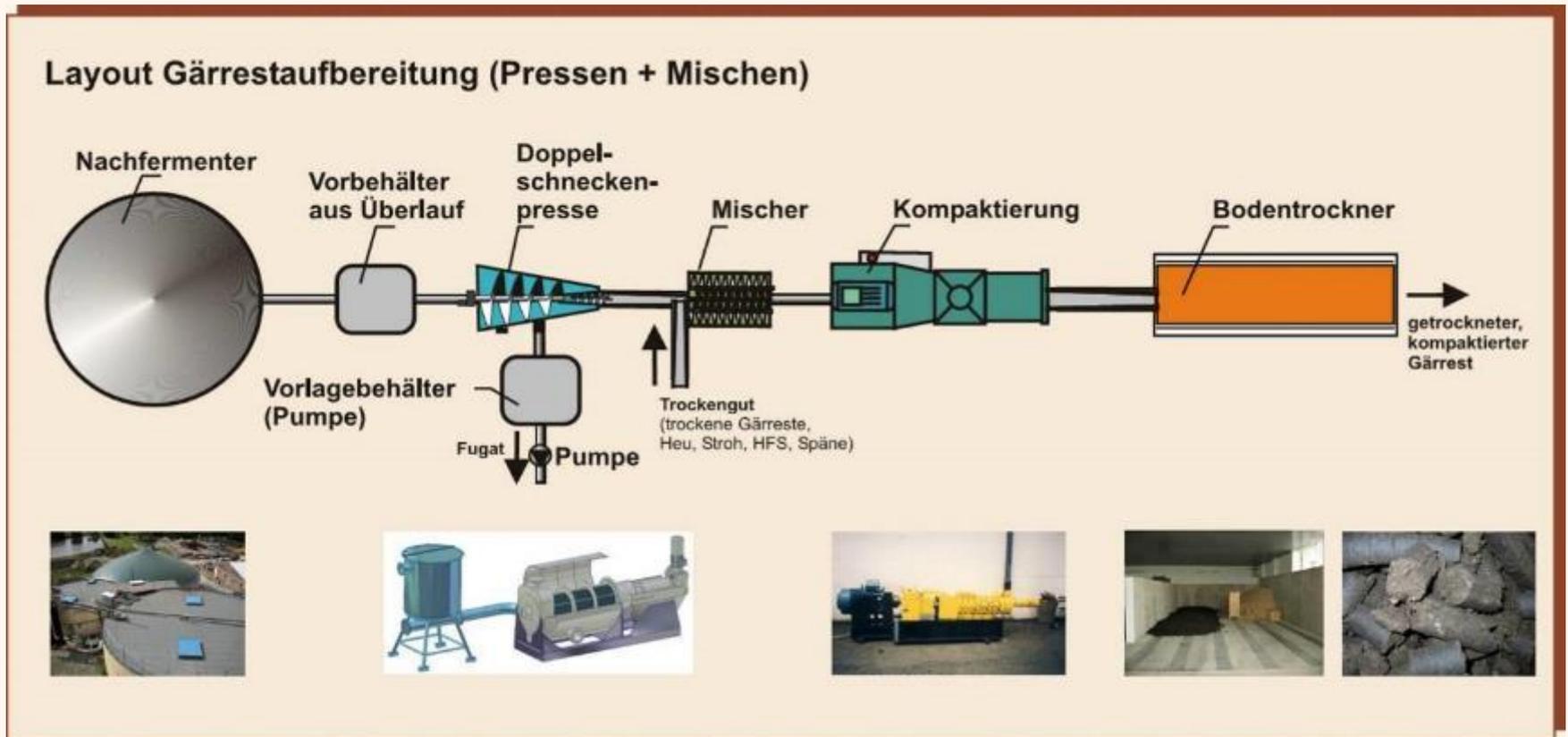
# Gärrestaufbereitung – Zweistufige Gärrestseparation



# Gärrestaufbereitung – Option: Separation mit Filterschnecke

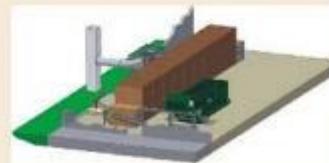
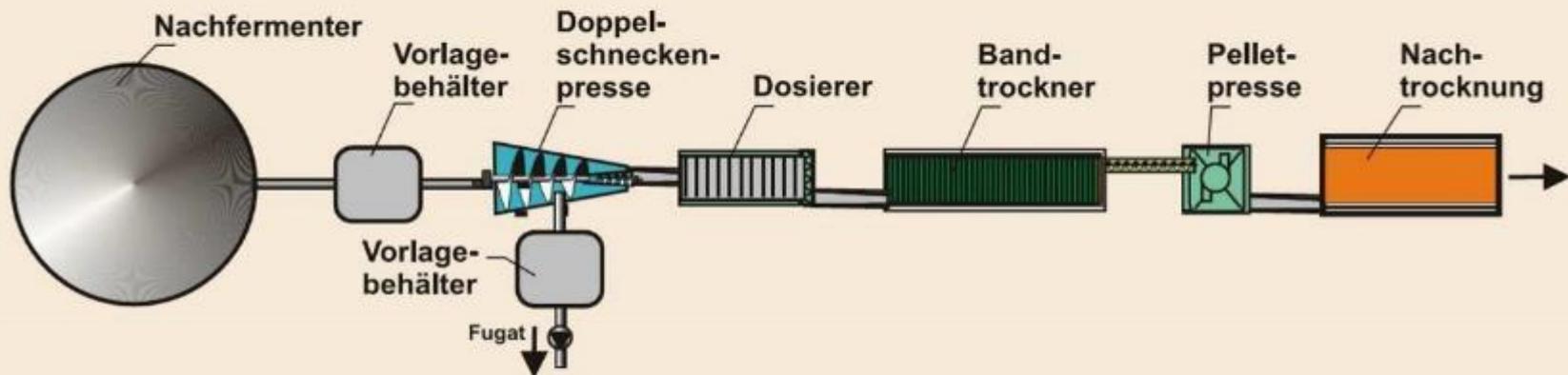


# Gärrestaufbereitung – Naßkompaktierung

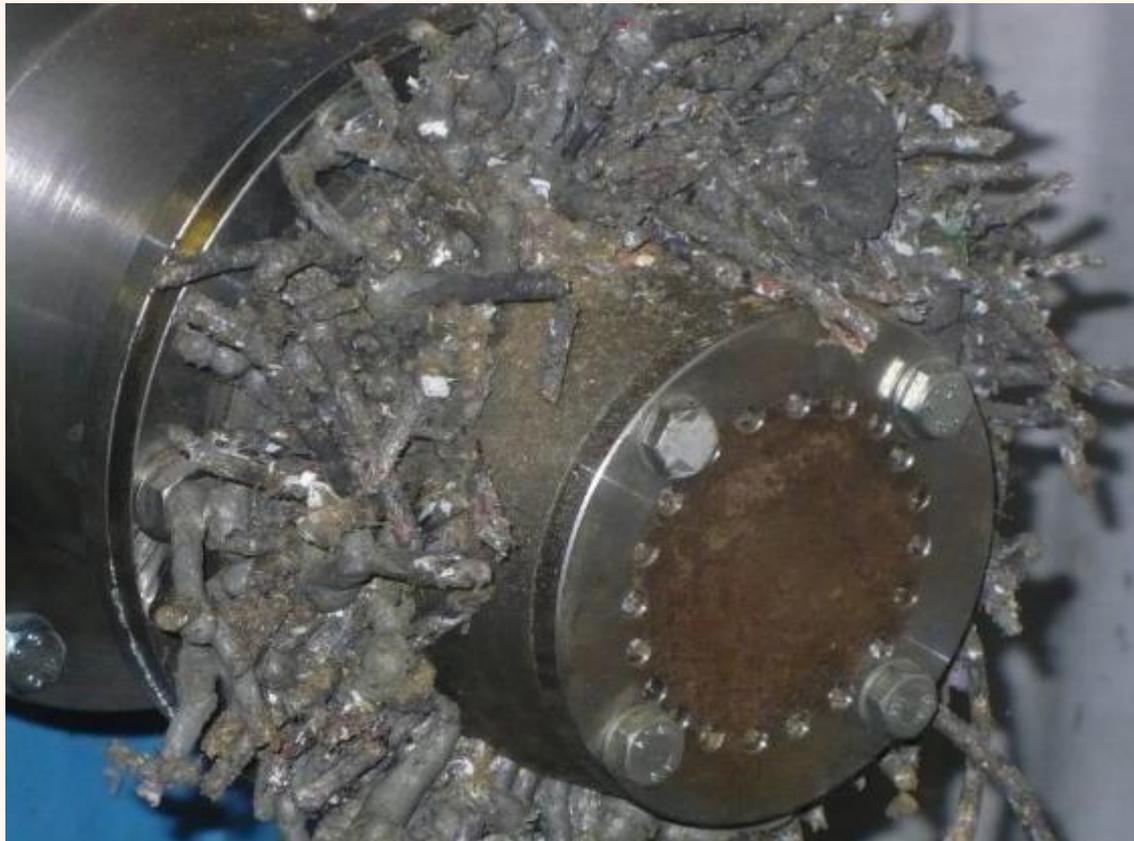


# Gärrestaufbereitung – Naßpelletierung

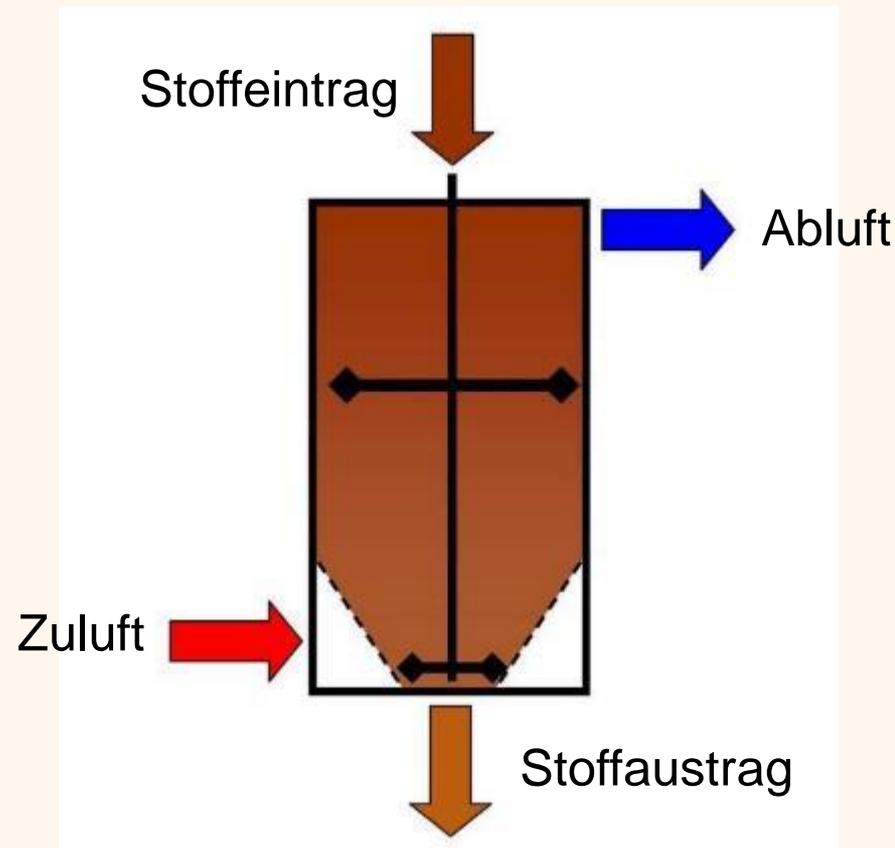
Layout Gärrestaufbereitung (Düngemittel Pellet)



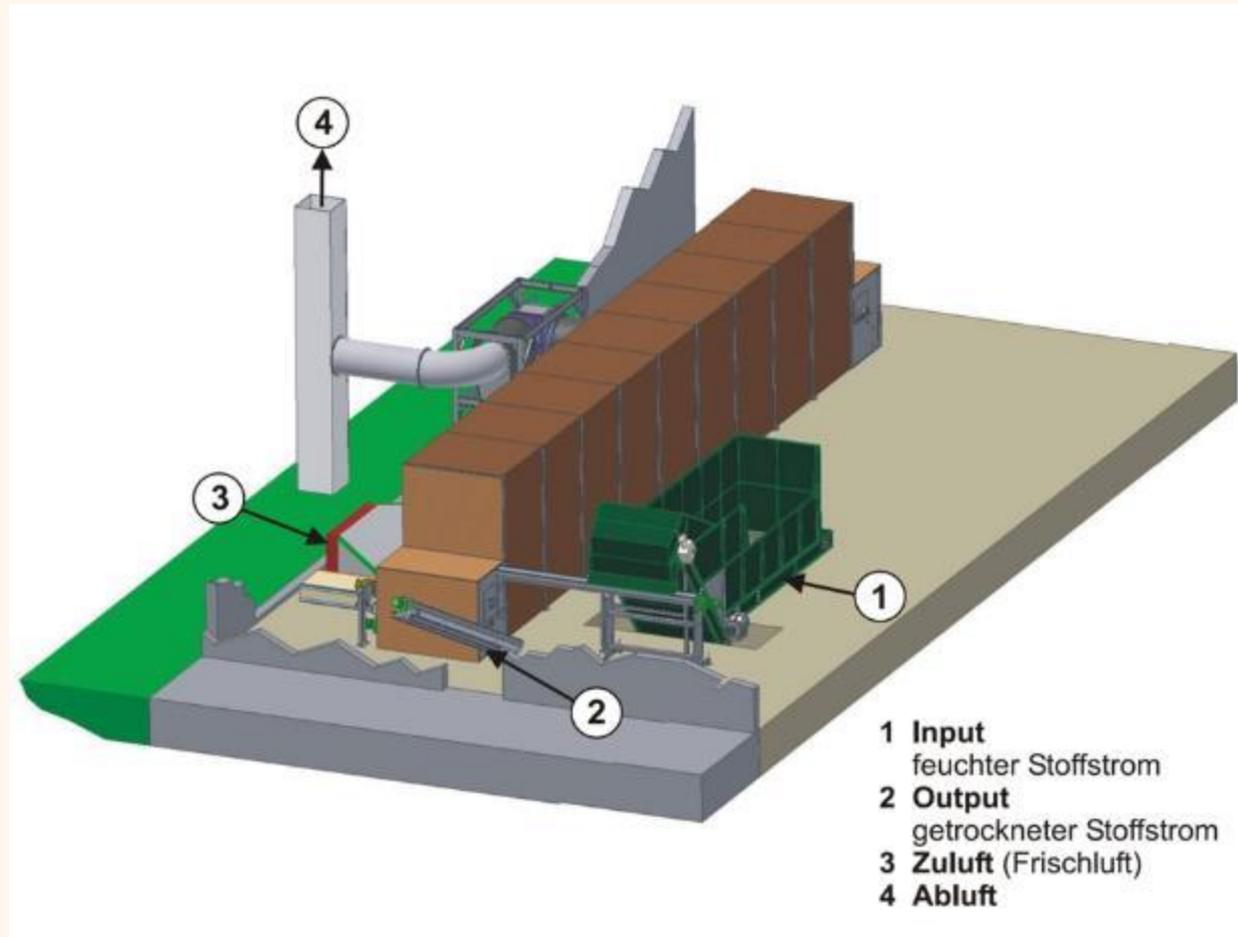
# Gärrestaufbereitung – Außenwandagglomeration



# Gärrestaufbereitung – Option: Trocknung mit Turmtrockner



# Gärrestaufbereitung – Option: Trocknung mit Bandtrockner



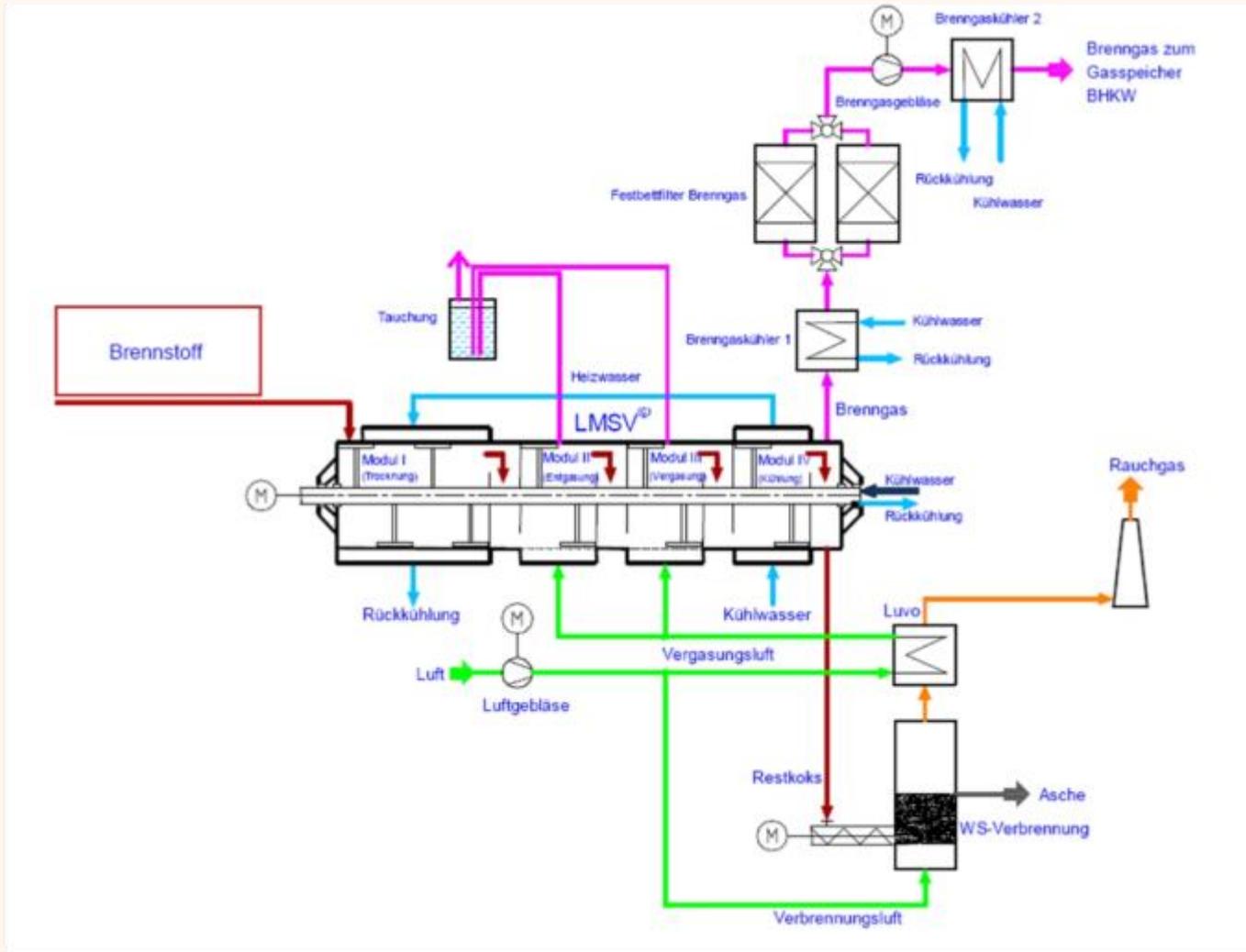
# Gärrestaufbereitung – Option: Trocknungscontainer



# Vergasung – LMSV® Vergaser



# Vergasung – Verfahrensfließbild



# Vergasung – Verfahrensmodule I - V und Funktion

- Modul I **Brennstoffvorwärmung**
  - » *Nachrocknung und Vorwärmen des Brennstoffes bei ca. 100°C mittels vorgewärmten Wassers aus Modul IV*
  
- Modul II **Entgasung**
  - » *Entgasung des Brennstoffes erfolgt unter Zugabe geringer Mengen an vorgewärmter Luft bei ca. 400 -500°C*
  - » *Entstehendes energiereiches Schwelgas wird über den Brennstoffüberlauf in das Modul III geleitet*
  
- Modul III **Vergasung**
  - » *Vergasung des Schwelkokes sowie thermische Umsetzung des Schwelgases bei ca. 600 – 700 °C*
  - » *Als Vergasungsmittel wird Luft durch Düsen in den unteren Boden des Vergasungsmoduls III eingeblasen*
  
- Modul IV **Brenngaskühlung**
  - » *Restkoks aus der Vergasung und das Brenngas werden auf Temperaturen von ca. 100 °C gekühlt.*
  - » *Beim Abkühlen des Brenngases kondensieren Teerbestandteile, die von der Restkoksschüttung aufgenommen und zusammen mit dem Restkoks im Verbrennungsmodul V verbrannt werden.*
  - » *Der Mantel des Kühlmoduls IV ist wassergekühlt, die dabei gewonnene Wärme wird zur Brennstoffvorwärmung im Modul I genutzt.*



Prozessteil des Vergasers

# Vergasung – Verfahrensmodul I - V und Funktion

## ■ Modul V

### Verbrennung

- » *Die Verbrennung des Restkohlenstoffes aus dem Modul IV erfolgt in oxidierender Atmosphäre bei Temperaturen < 900 °C in einem Wirbelschichtverbrennungsmodul V.*
- » *Das entstehende Rauchgas dient zur Luftvorwärmung für die Module I und II.*

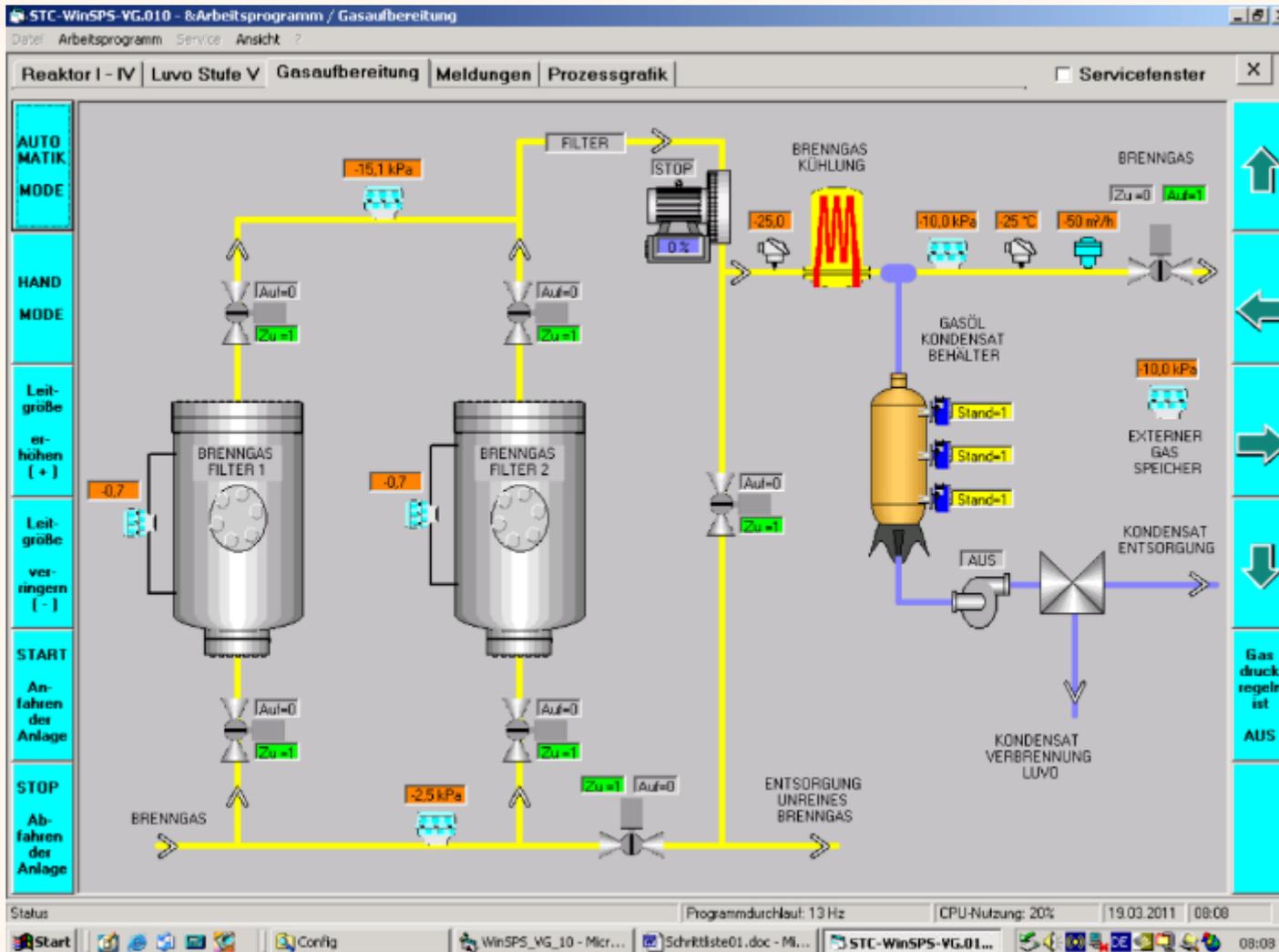
## ■ Brenngasnachreinigung / Verdichtung

- » *Nachreinigung des Brenngases von Teer und Restwasser erfolgt nach Vorkühlung auf ca. 40°C im Festbettfilter*
- » *Filtermaterial: Holzspäne oder Aktivkohle*
- » *Filtermaterial als Brennstoff rückführbar*
- » *Brenngas mittels Gebläse für Gasmotoren oder Thermen nutzbar*



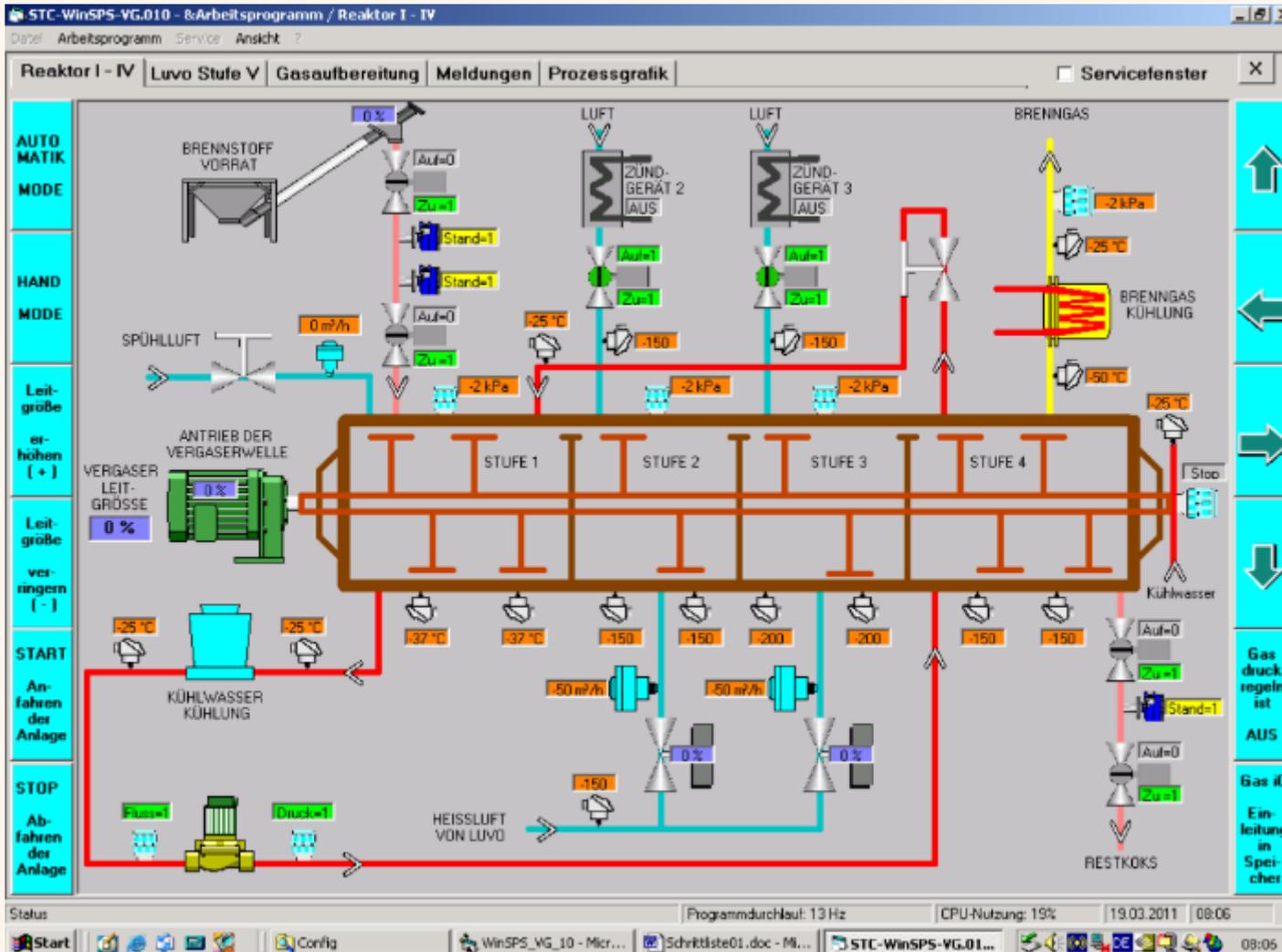
Gasverdichter

# Vergasung – MSR Technik



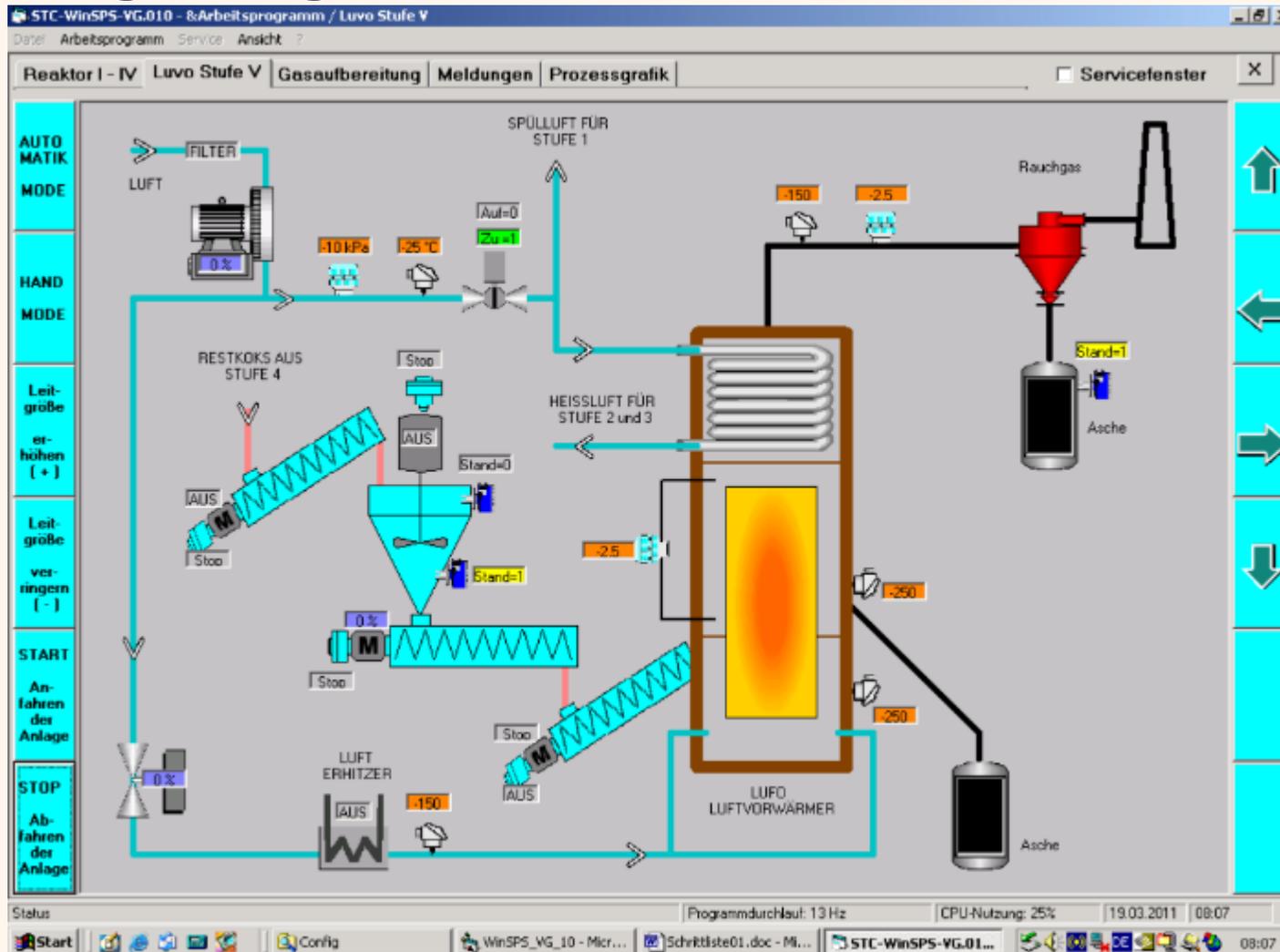
Produktionsfenster:  
- Gasaufbereitung -

# Vergasung – MSR Technik



Produktionsfenster:  
- Reaktor -

# Vergasung – MSR Technik



Produktionsfenster:  
- Luftvorwärmer -

# Vergasung – Variantenrechnung: Gärreste



## ■ Verbrennung - Modul V

- » *mit Verbrennungsstufe und Luftvorwärmung*
- » *Als fester Reststoff fällt deponiefähige Asche an.*
- » *ohne Verbrennungsstufe, ohne Luftvorwärmung*  
*Als fester Reststoff fällt kohlenstoffhaltiger Restkoks an, der gesondert entsorgt werden muss.*

## ■ Brennstoff

- » *Gärreste*  
*Masse 50 kg/h, Wassergehalt 8,8% (Gärreste vorgetrocknet),  
 Heizwert 14,6 MJ/kg*

## ■ Verwertung der teerhaltigen Kondensate

- » *Teerhaltiges Kondensat wird in die Verbrennungsstufe gegeben.*
- » *Teerhaltiges Kondensat wird zur Entsorgung gegeben.*

## ■ Teergehalt im Brenngas nach Modul III

- » *Für die Berechnungen wird angenommen, dass der Teer aus dem Modul III vollständig in der Kühlstufe Modul IV niedergeschlagen und mit dem Restkoks ausgetragen wird. Der Teergehalt variiert rechnerisch zwischen:*
- » *Teergehalt = 0 g/m<sup>3</sup>*
- » *Teergehalt = 10 g/m<sup>3</sup>*

# Danke für Ihre geschätzte Aufmerksamkeit

**LEHMANN Maschinenbau GmbH**

Jocketa – Bahnhofstraße 34  
08543 Pöhl

**Dipl.-Ing. Thilo Lehmann**

Geschäftsführer

Tel.: (+49) (0)37439 / 74410

Fax: (+49) (0)37439 / 74425

[anfrage@lehmann-maschinenbau.de](mailto:anfrage@lehmann-maschinenbau.de)

**[www.lehmann-maschinenbau.de](http://www.lehmann-maschinenbau.de)**