



HOCHSCHULE LANDSHUT

HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN

Kleine Biogasanlagen aus textilen Materialien

**Landshuter
Energiegespräche
20.06.2022**

Prof. Dr. Josef Hofmann
Fakultät Maschinenbau



1. Einführung
2. Projektbeschreibung
3. Ausgangssituation
4. Bisherige Ergebnisse
5. Erwartete Ergebnisse
6. Ausblick



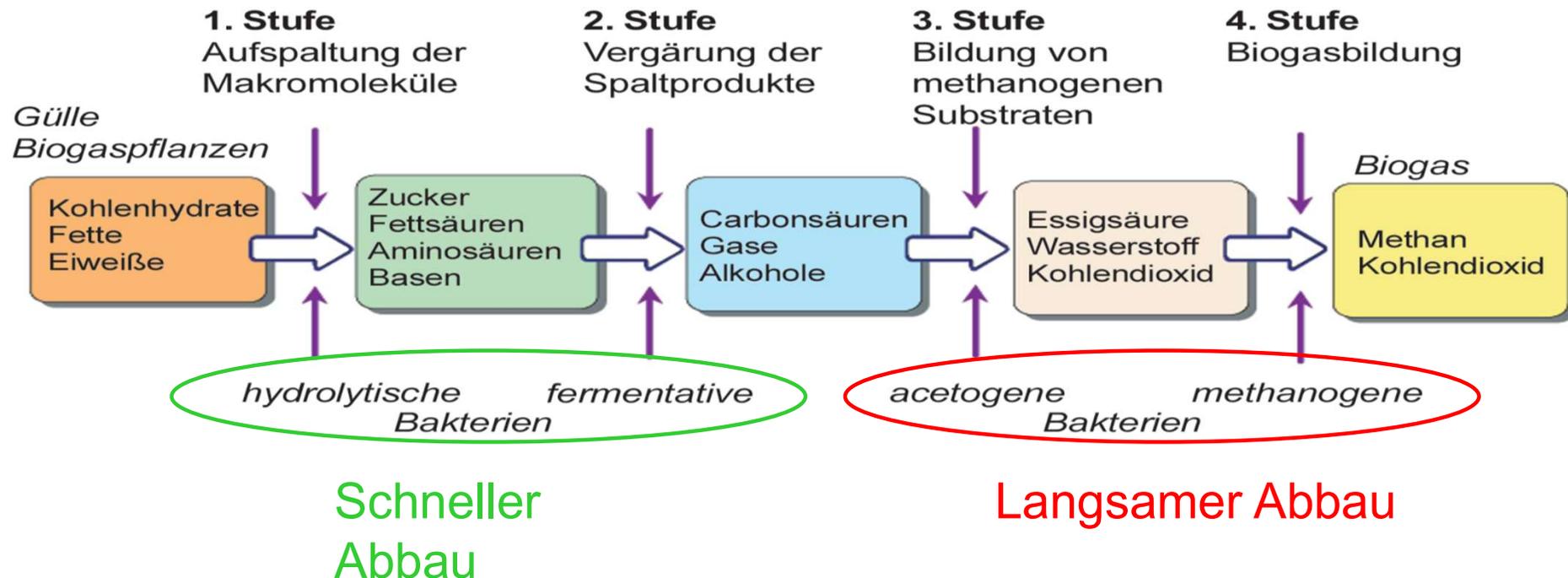
1. Einführung



- Biogaserzeugung
- Energiewirtschaftliche Bedeutung Bayern
- Landwirtschaftliche Bedeutung

Biogas: Gasgemisch aus Methan (ca. 51 bis 65%) und Kohlendioxid (49 bis 35%), das bei Faulungsprozessen von organischen Substanzen unter Luftausschluss entsteht (z.B. in Mooren, Sümpfen, Magen von Wiederkäuern, Biogasanlagen, Kläranlagen, Hausmülldeponien).

Biologischer anaerober Abbauprozess:



Quelle: <http://www.brandenburg.de/cms/media.php/2320/biogas03.pdf>

2.674 Anlagen (zum Vergleich rund 9.600 Anlagen in Deutschland)

1.445 MW elektrische Nennleistung

Inbetriebnahme 2021

- 0 bis 75 kW: 8 Biogasanlagen
- 76 bis 100 kW: 26 Biogasanlagen
- 101 bis 150 kW: 2 Biogasanlagen
- 151 und größer: 23 Biogasanlagen

Quelle:

<https://www.lfl.bayern.de/iba/energie/031607/> [15.06.2022]

Stromerzeugung: 6,9 TWh (71,6% des erzeugten Stroms aus Biomasse)

z. Vgl. erzeugter Strom in Bayern: 75,7 TWh

Vorteile von Biogas: Bereitstellung von Strom, Wärme, und aufbereitetem Biomethan (Kraftstoff oder Einspeisung Erdgasnetz)

Permanent verfügbar, daher grundlastfähig

Heimischer Energieträger, daher importunabhängig

- Biogas als finanzielle Einnahmequelle für landwirtschaftliche Betriebe (Erneuerbare-Energien-Gesetz: 20 Jahre Einspeisegarantie)
- Nutzungsmöglichkeit für landwirtschaftliche Reststoffe wie z.B. Mist, Gülle, Stroh, Kartoffelkraut, überlagerte Futtermittelreste
- Verbesserung des Düngewerts landwirtschaftlicher Reststoffe
- Bessere Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe in ausgefaulten Biogassubstraten
- Minimierung von klimaschädlichen Emissionen bei der Lagerung von landwirtschaftlichen Reststoffen (Methan, Lachgas)
- Eigenversorgung von landwirtschaftlichen Betrieben mit Strom, Wärme und Kraftstoff zu kalkulierbaren Kosten
- Verbesserte Resilienz der Stromversorgung von landwirtschaftlichen Betrieben bei Blackout-Szenarien (Schwarzstartfähigkeit und Inselversorgung möglich)

2. Projektbeschreibung



- **Projektansatz**
- **Projektpartner**
- **Projektphasen**

- **Konzeption, Entwicklung und Erprobung von preiswerten und nachhaltigen kleiner Biogasanlagen (Elektrische Leistung: ca. 25 bis 50 kW) für mittelständische landwirtschaftliche Betriebe in Bayern:**
 - Verwendung von textilen Materialien (Kunststofffolien)
 - Einhaltung sämtlicher Genehmigungsstandards für Biogasanlagen
 - Betrieb mit landwirtschaftlichen Reststoffen (LMS: Rinderfestmist) aus dem Biobetrieb sowie weiterer Reststoffe in Laboranlage)
 - Reduktion der Baukosten gegenüber Stahl und Beton
- **Umsetzung zusammen mit mittelständischen bayerischen Unternehmen:**
 - effizienter Transfer von vernetztem Wissen aus wissenschaftlichen Institutionen für die Entwicklung neuer wettbewerbsfähiger Produkte, Verfahren und Dienstleistungen wird ermöglicht
 - Schaffung einer Wissensplattform für kleine Biogasanlagen als Informationsbasis für interessierte Landwirte

- Hochschule Landshut
- Landesanstalt für Landwirtschaft LfL, Freising-Weihenstephan
- Landmaschinenschule Landshut-Schönbrunn
- AGROTEL GmbH, Neuhaus/Inn
- Finsterwalder Umwelttechnik GmbH, Bernau/Chiemsee



LfL



BEZIRK
NIEDERBAYERN
Agrarbildungszentrum
Landshut-Schönbrunn

- **Erhebung und Bewertung der Ist-Situation bei kleinen Hofbiogasanlagen**
 - Bestandsaufnahme und Bewertung vorhandener kleiner Hofbiogasanlagen im Untersuchungsraum
 - Evaluation potenzieller Einsatzstoffe
 - Bewertung der Genehmigungssituation

- **Entwicklung einer landwirtschaftlichen Kleinbiogasanlage mit textilem Fermenter**
 - Konzeption und theoretische Auslegung einer Laboranlage (ca. 300 bis 400 Liter Fermentervolumen)
 - Konstruktion, Bau und Betrieb der Laboranlage mit diversen Substratvariationen
 - Konstruktion und Bau einer Demonstrationsanlage am Standort der LMS Landshut-Schönbrunn (ca. 150 m³ Fermentervolumen)
 - Betrieb der Demonstrationsanlage mit Rinderfestmist (Zeitraum ca. 15-18 Monate)

- **Entwicklung und Evaluierung von Nutzungskonzepten für Biogas aus Kleinbiogasanlagen**
 - Untersuchung verschiedener Nutzungsvarianten
 - Vergleichende Ökobilanzierung

- **Akzeptanz von Kleinbiogasanlagen**
 - Finanzielle Akzeptanzkriterien
 - Soziale Akzeptanzkriterien
 - Handlungsleitfaden für geplante Investitionen

3. Ausgangssituation

- Klimaschutz
- Wirtschaftlichkeit güllebetriebener Biogasanlagen
- Herausforderungen

- Ziel des Bundes-Klimaschutzgesetzes:
Verringerung des Treibhausgasausstoßes bis 2030 um 65% gegenüber 1990
- Ressort Landwirtschaft:
von ca. 70 Mio. t (Stand 2020) auf 56 Mio. t CO₂-äq. [1]
- Methanpotential durch tierischen Wirtschaftsdünger in Bayern:
ca. 235 Mio. m³ \triangleq ca. 11 Mio. t CO₂-äq. [2]
- Jährlicher Treibhausgasausstoß in Dtl.: 740 Mio. t CO₂ äq. [3]
- Bei Verstromung im BHKW (Wirkungsgrad 30%):
690 Gigawattstunden grundlastfähige elektrische Arbeit
- Jährlicher Stromverbrauch in Deutschland.: 488 Terawattstunden [4]

- Güllebetriebene Biogasanlagen ab 260 GV wirtschaftlich [6]
- Betriebsgrößen in Bayern [4]:
 - Durchschnittliche Herdengröße bei Milchviehbetrieben: 41
 - 94,6 Prozent aller Milchviehbetriebe <100 Großvieheinheiten (GV)
- Wirtschaftliches Downscaling für bayerische Betriebsgrößen erforderlich

Bestandsgröße	Zahl der Betriebe		Zahl der Tiere	
1 bis 9 Stück	3.709	13,4 %	17.232	1,9 %
10 bis 19 Stück	4.372	15,9 %	64.275	5,6 %
20 bis 49 Stück	10883	39,5 %	354.333	31,3 %
50 bis 99 Stück	7.124	25,5 %	485.940	43,0 %
> 100	1.500	5,4 %	206.394	18,2 %
Bayern gesamt	27.588	100 %	1.128.174	100 %

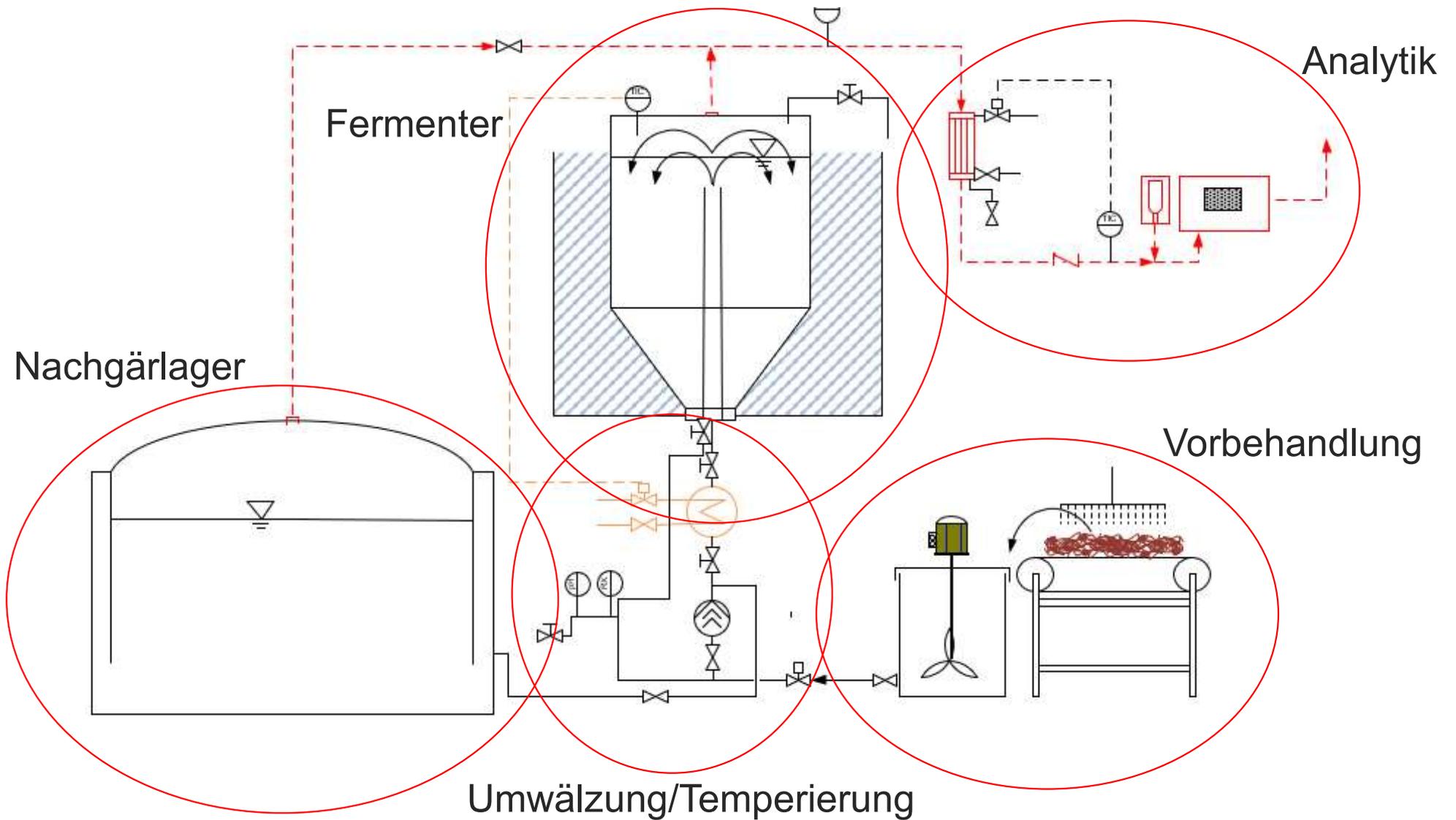
- Niedriger Energieinhalt des Substrats Gülle bzw. Mist
→ kurze Transportwege notwendig
- z.T. hoher Störstoffanteil im Wirtschaftsdünger (z.B. Steine)
- Strenge Auflagen/rechtliche Vorgaben auch für baurechtlich zu genehmigende (d.h. kleine) Biogasanlagen:
Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AWSV)
 - treibt Baukosten für kleine Anlagen massiv in die Höhe
 - z.T. inkonsistente Regelungen (Erdbeckenfermenter baulich zulässig, dagegen Lagerung von ausgefaulten Substraten in Erdbecken nicht möglich)
- Bisherige Vergütung mit Fokus auf Stromeinspeisung (EEG Förderung) spiegelt nicht den Einfluss auf die Treibhausgaseinsparung wider:
Anlagen bis 150 kW_{elektrisch} ab 1.07.22: 22,12 €-Cent/kWh
- Wenige Anbieter von kleinen Blockheizkraftwerken für Biogas am Markt

4. Bisherige Ergebnisse

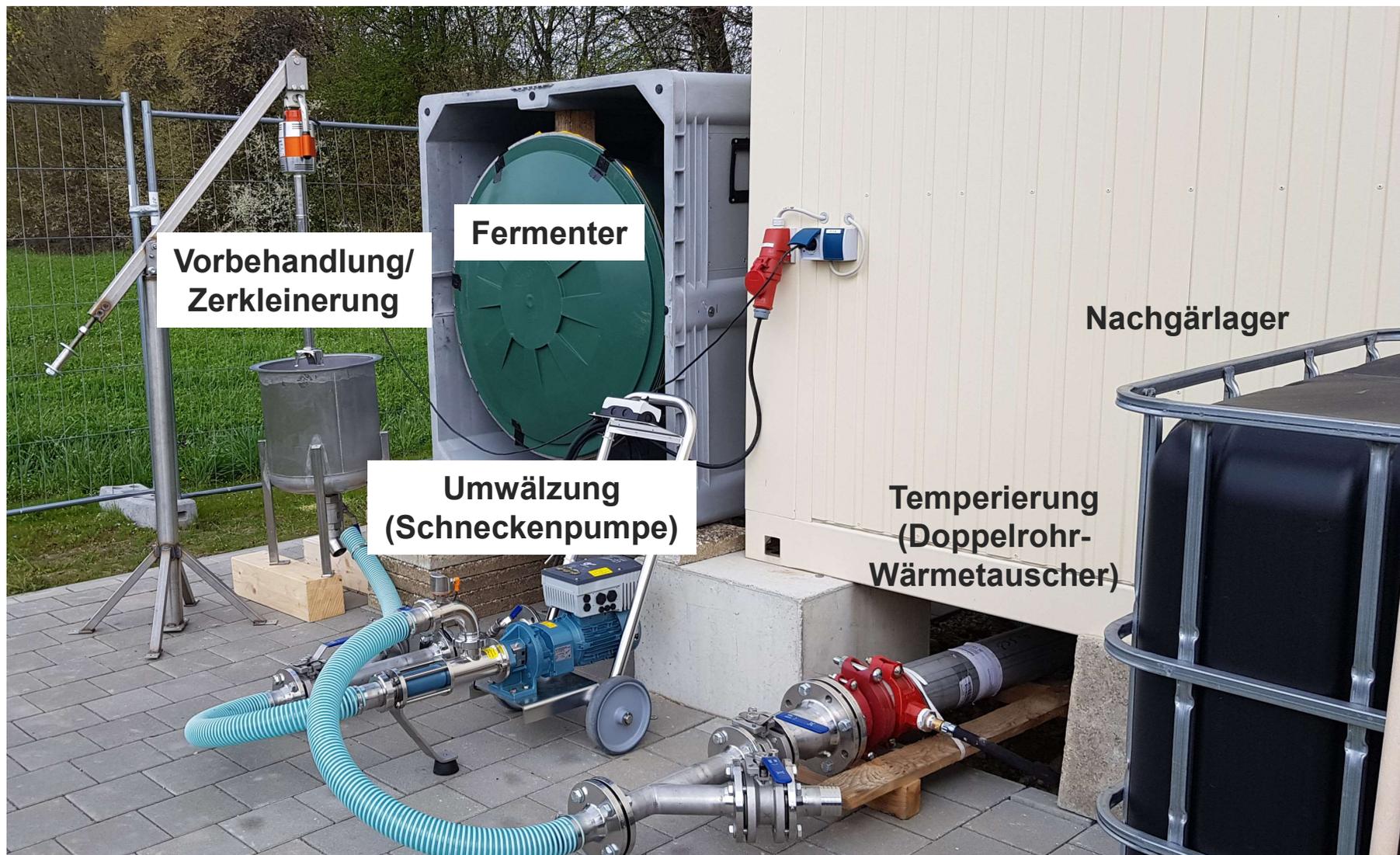
- Projektablauf
- Versuchsbiogasanlage
- Planung Demonstrationsbiogasanlage
- Versuche zum verbesserten Substrataufschluss
- Wirtschaftlichkeit
- Nachhaltigkeitsbewertung



Versuchsbiogasanlage - Schematisch



Versuchsbiogasanlage - Praxis



Versuchsbiogasanlage - Fermenter

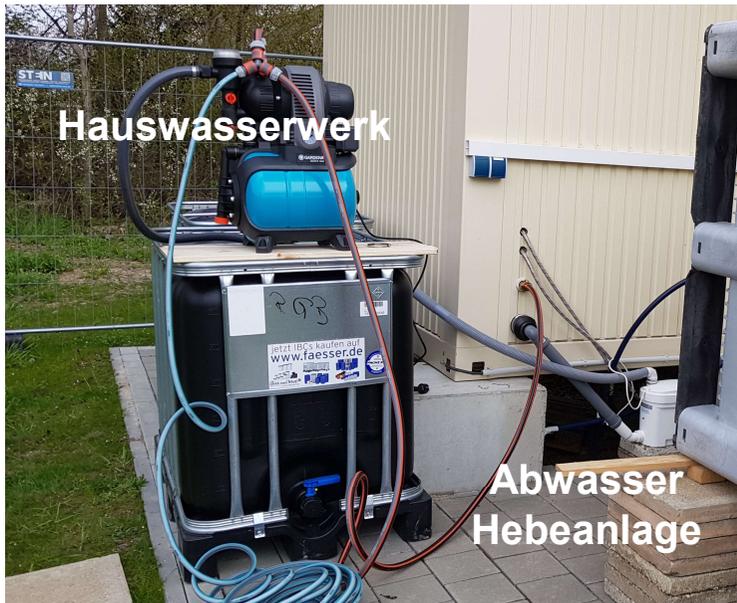


**Innenansicht
Versuchsfermenter**



**Deckel mit Sichtfenster
und Überdrucksicherung**

Versuchsbiogasanlage - Peripherie



Die Versuchsanlage wurde zusammen
mit Studenten realisiert

Zerkleinerung mit Turbomixer



(a) Vorrichtung in Grundstellung
(Keine Schwenkbewegung des Auslegers möglich)

(b) Vorrichtung in Arbeitsstellung
(Schwenkbewegung des Auslegers ist möglich)



Aufbereiteter Festmist - Suspension



Festmist der
Landmaschinen-
schule

zerkleinerter
Festmist



Kleegras-
Silage zur
Kofermentation

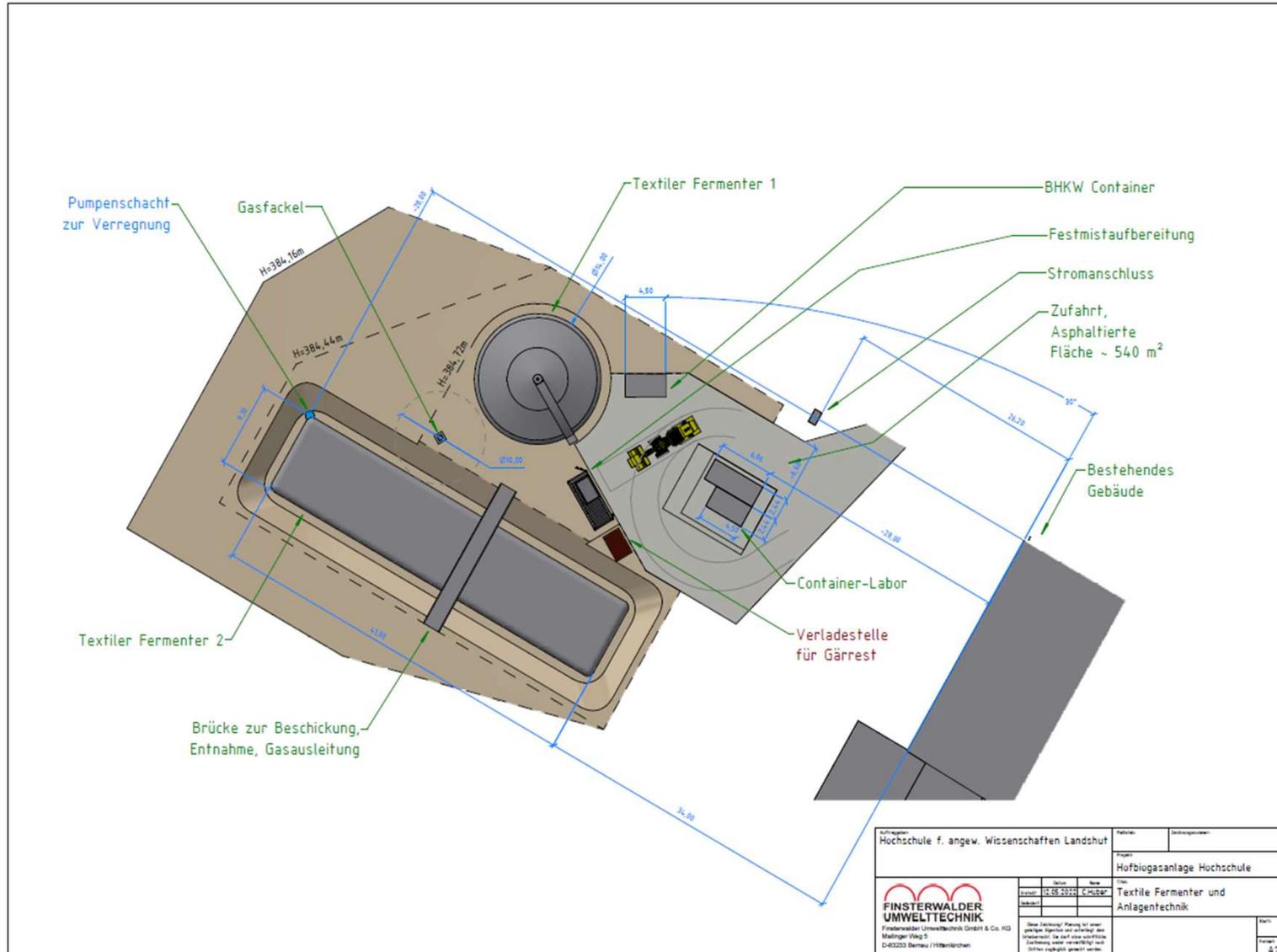


Störstoffe bei der Zerkleinerung



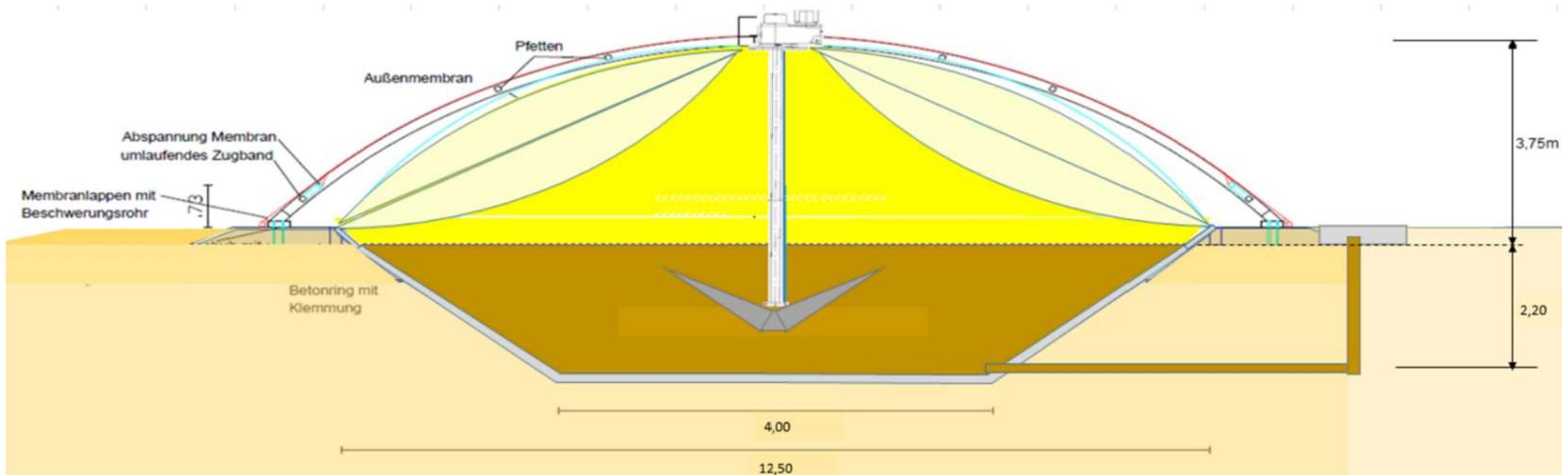
Ca. 0,3 kg Störstoffe in 32 kg Probe

Demonstrationsanlage - Übersicht



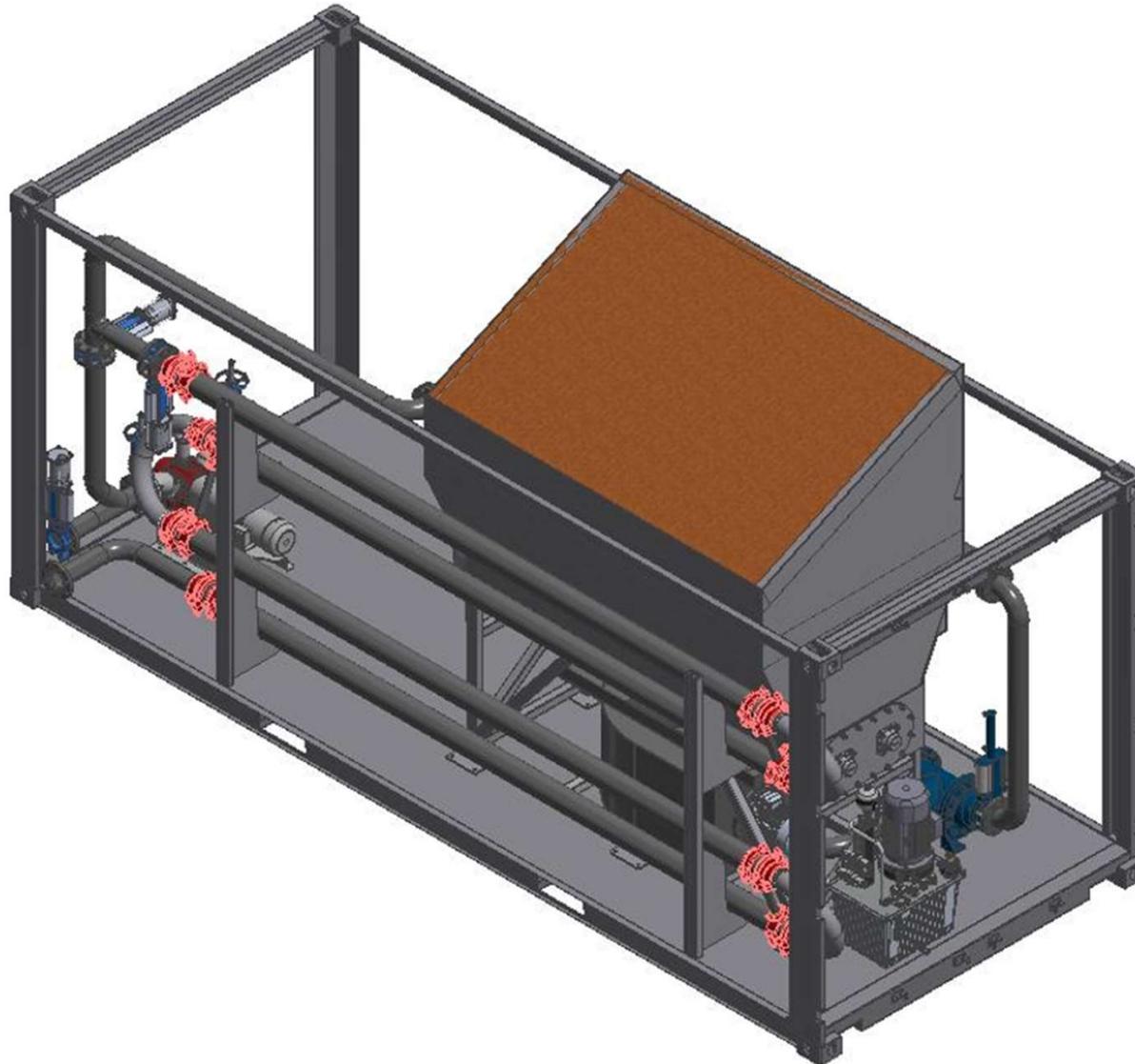
Quelle: Finsterwalder Umwelttechnik GmbH & Co. KG (Projektpartner)

Demonstrationsanlage - Seitenansicht



Quelle: Finsterwalder Umwelttechnik GmbH & Co. KG (Projektpartner)

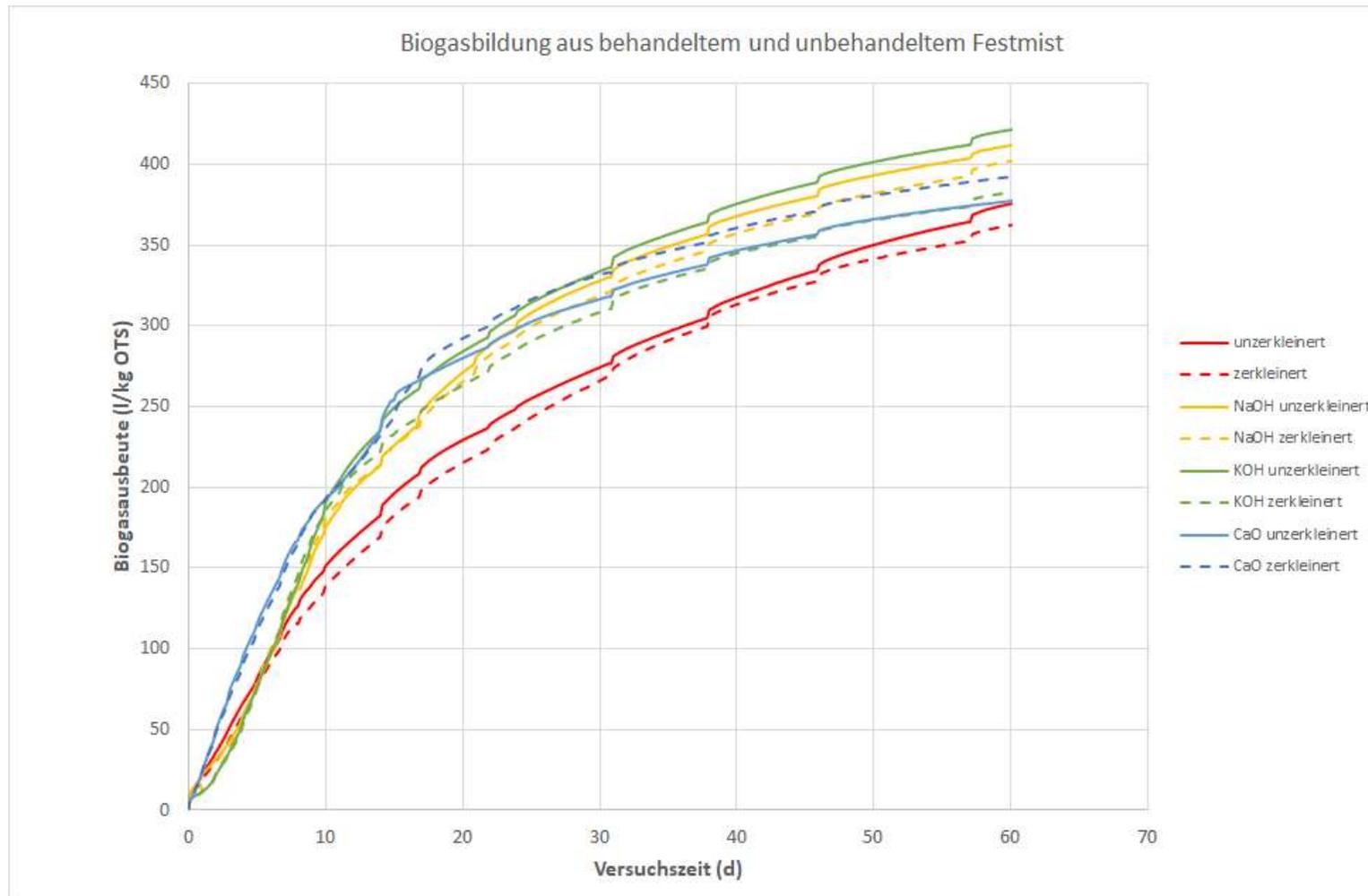
Demonstrationsanlage - Vorbehandlungsstufe



Quelle: Finsterwalder Umwelttechnik GmbH & Co. KG (Projektpartner)

- Entwicklung einer möglichst nachhaltigen Biogasanlage auf Basis tierischen Wirtschaftsdüngers für kleine Betriebsgrößen < 100 GV
- Nachhaltigkeitsbewertung des neuen Biogasanlagenkonzepts hinsichtlich:
 - Ökologie Ökonomie Soziales
- Verbesserte Wirtschaftlichkeit durch:
 - Ersetzen der Betonummantelung durch Kunststofftextilien
 - Intelligente Zerkleinerung für schnelleren Abbau der Cellulose
 - Hydraulische Umwälzung statt Rührwerkstechnik
 - Neue Wärmekonzepte, ggf. Verzicht auf Stromerzeugung

Methanisierung mit und ohne Zerkleinerung sowie mit und ohne alkalischer Vorbehandlung

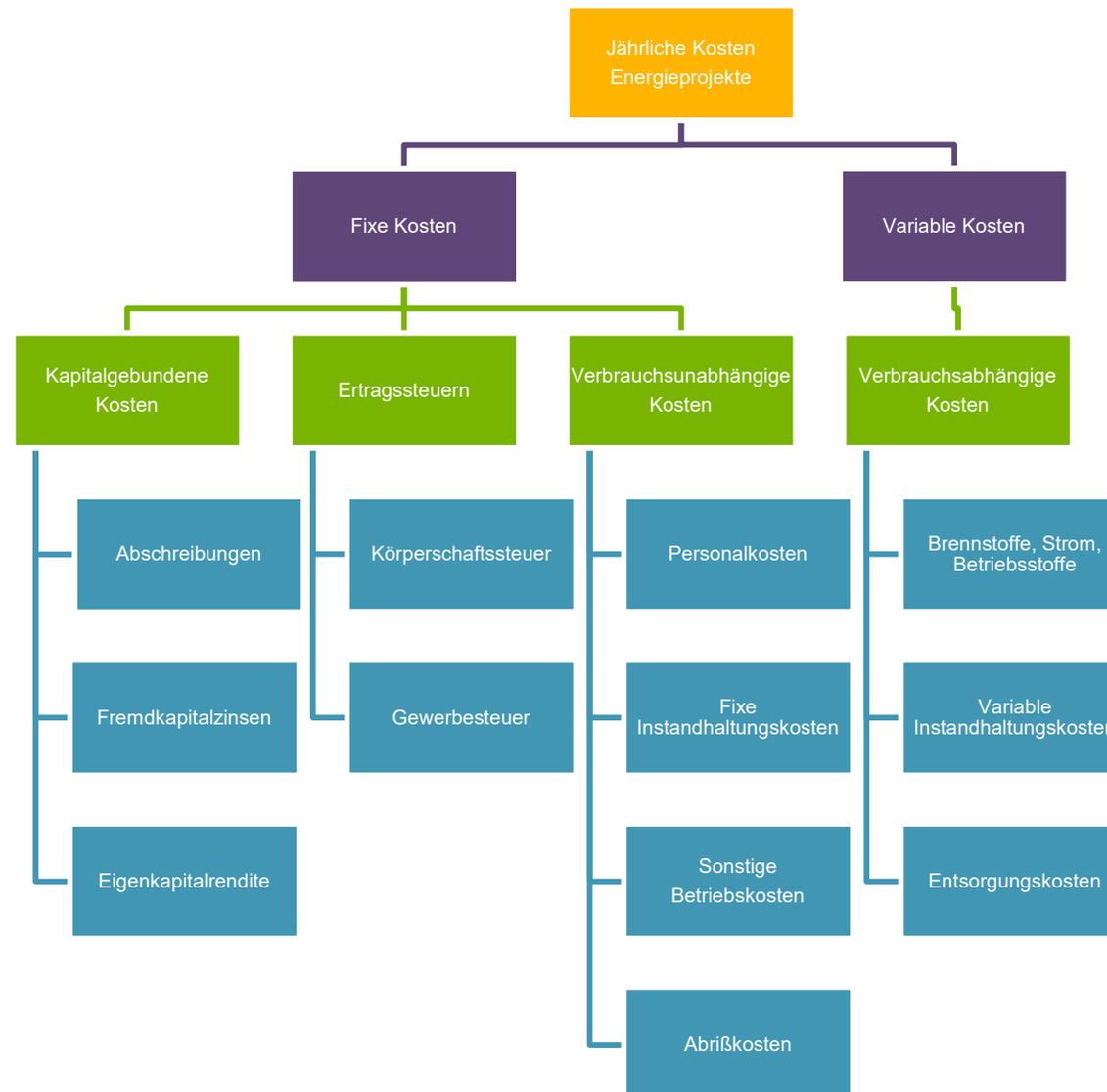


Zerkleinerung und Alkalische Vorbehandlung

- Ergebnisse

- Vergleich der Mittelwerte der Kulturen mit und ohne alkalische Vorbehandlung: Leicht verzögerte Methanisierung in den ersten Versuchstagen, die relativ schnell von den Kulturen mit alkalische Vorbehandlung kompensiert und übertroffen wird.
- Im Maximum 28 % höhere CH_4 -Ausbeute nach 3 Versuchswochen
- Mit zunehmender Versuchsdauer: Mehrausbeute nach 60 Versuchstagen lediglich noch 8 %
- Vorteil nach sehr langen Verweilzeiten wieder ausgeglichen.
- Stufe zur alkalischen Behandlung kann die Verweilzeit in der (zu beheizenden) Biogasanlage um etwa 12 – 14 Tage verkürzen
- Restlicher Abbau, der notwendig ist, um die Gesamtausbeute zu erreichen, in einen nur zeitweise beheizten psychrophilen 2. Fermenter verlegen
- Kostenminimierung des spezifisch teureren mesophilen Fermenters durch kleinere Baugröße
- Wärmebedarf des mesophilen Fermenters sinkt, da ein kleineres Volumen permanent zu beheizendes Volumen bei $T=38^\circ\text{C}$.

Wirtschaftlichkeit – Allgemeine Kostengruppen



Eigene Darstellung nach
Panos, K. : Praxisbuch der Energiewirtschaft 4. Auflage 2017, Springer Verlag, 2017

- Alleinige Förderung von Stromerzeugung oder Wärmeerzeugung bei kleinen Biogasanlagen nicht sinnvoll, da wirtschaftlichere Erzeugung mit PV-Anlagen und Kleinwindkraftanlagen sogar in Verbindung mit Speichern möglich.
- Umweltbundesamt empfiehlt Förderung der Vermeidung von CO₂-Äquivalenten bei güllebasierten Biogasanlagen. Vermarktung von CO₂-Emissionsrechten zu Börsenpreisen als praktikable und unbürokratische Lösung. Anlagenbetreiber freundliche Lösung hierbei notwendig.
- Quantifizierung der vermiedenen Treibhausgasäquivalente auf den landwirtschaftlichen Betrieben stellt für die Bemessung der individuellen Fördersumme eine weitere Aufgabe dar.
- Die Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED II) bietet eine Methodik zur Ermittlung der THG-Emissionen bei Produktion und Verbrauch von Biokraftstoffen wie Biogas, sowie Standardwerte für die einhergehenden THG-Emissionen unter verschiedenen Produktionsbedingungen (z.B. Biogas aus verschiedenen NaWaRo-Substraten oder aus Gülle)
- RED II bezieht sich jedoch auf den gesamteuropäischen Raum, eine regionale und betriebsspezifische Betrachtung würde den Anlagenbetreibern weitaus mehr Anreiz bieten einzelne Potentiale zur THG-Einsparung auf Ihren Betrieben auszuschöpfen.

- Tool der Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL): Webbasierter Treibhausgasrechner zur Abschätzung und Bewertung der Treibhausgasemissionsquellen für den landwirtschaftlichen Betriebszweig Biogas:
 - Substratbereitstellung (Anbau, Ernte, Transport, Lagerung)
 - Betrieb der Biogasanlage und des Blockheizkraftwerks (BHKW) zur energetischen Wandlung des erzeugten Biogases (Quantifizierung aller wesentlichen Ströme von Treibhausgasen entlang der "Biogaskette,,)
- Bei Großanlagen vor dem Hintergrund des Klimaschutzes jedoch nicht sinnvoll.
- Untergrenze für diese Maßnahmen: Brennstoffleistung von 100 kW als Maximum, bei denen BHKWs $< 30 \text{ kW}_{\text{el}}$ betrieben werden können.
- Beträchtliches Potenzial in Bayern und Baden-Württemberg für kleine Biogasanlagen vorhanden, um neue Modelle für die Betreiber von KGA $< 30 \text{ kW}_{\text{el}}$ zu ermöglichen. Durch die Notwendigkeit höherer Stückzahlen können hier durchaus noch Preissenkungen für kleine, aber technisch ausgereiften, Biogas BHKW realisiert werden.
- Jüngste geopolitischen Ereignisse zeigen, dass Deutschland es sich nicht leisten kann, auf dieses Potential zu verzichten, wenn gleichzeitig auch die Energiewende bewältigt werden soll

Möglicher Beitrag zu vielfachen gesellschaftlichen Herausforderungen

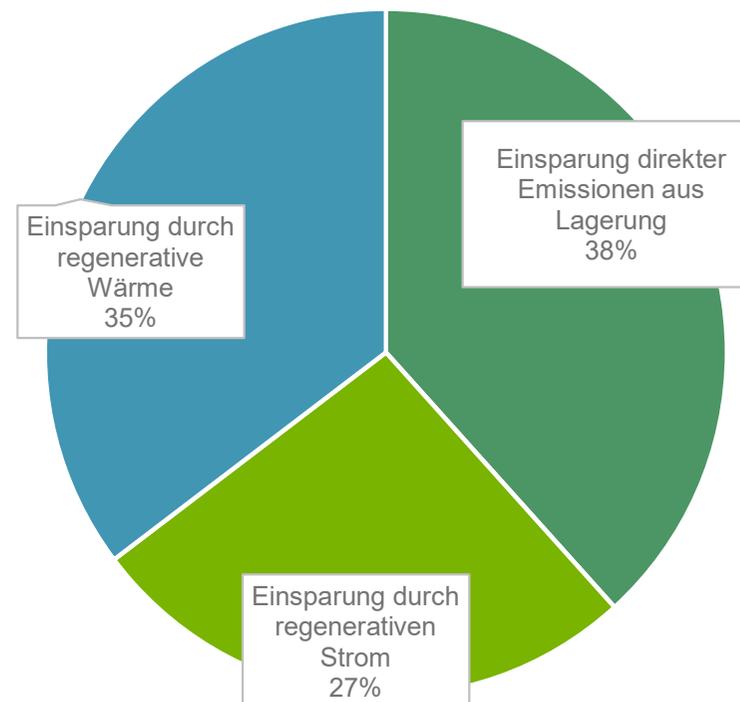
- Verringerung THG-Emissionen
- Dekarbonisierung der Wirtschaft und Gesellschaft
- Stabilisierung Energie- & Kraftstoffpreise
- Global steigender Bedarf an Energie und Rohstoffen (Mineraldünger)
- “Landflucht“
- Versorgungssicherheit
- etc....

Nachhaltigkeitsbewertung

Betrachtung der ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Auswirkungen des Anlagenkonzepts.

Ökologische Auswirkungen:

z.B. jährliche THG-Einsparung: ca. 83 t_{CO₂eq}/Jahr je Anlage



5. Erwartete Ergebnisse (1)

- Entwicklung einer kostengünstigen neuartigen und langlebigen kleinen landwirtschaftlichen Hofbiogasanlage aus textilen Materialien
- Übersicht über die Genehmigungspraxis kleiner Biogasanlagen mit Identifizierung von Genehmigungshindernissen
- Übersicht über die Potenziale an landwirtschaftlichen Reststoffen und Abfälle zur Biogasproduktion in Bayern
- Abschätzung des Marktpotenzials für Kleinbiogasanlagen
- Aufbau eines gemeinsamen Wissens- und Kompetenzpools für kleine landwirtschaftliche Hofbiogasanlagen

- Entwicklung und Evaluierung von Nutzungskonzepten von Biogas
- Soziale Akzeptanzanalyse für Kleinbiogasanlagen
- Handlungsleitfaden für die Errichtung von Kleinbiogasanlagen
- Nachhaltige Entwicklung der Region durch Schaffung von Arbeitsplätzen bei KMU
- Wertschöpfung im ländlichen Raum durch Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen und Abfällen aus der regionalen Lebensmittelindustrie zur Energie- und Düngemittelnutzung
- Schaffung weiterer Standbeine zum Erhalt kleine und mittlerer landwirtschaftlicher Betriebe

Wünschenswerte Veränderungen

- Verstärkte Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen wie Mist und Gülle zur dezentralen Strom- und Wärmeversorgung
- Umsetzung von Kostensenkungspotenzialen bei der Errichtung von Kleinbiogasanlagen
- Verstärkter Bau von kleinen landwirtschaftlichen Hofbiogasanlagen zur Eigenstromversorgung und energietechnischen Resilienz von kleinen landwirtschaftlichen Betrieben
- Initiierung eines Prozesses zur Abbau von Genehmigungshemmnissen für Kleinbiogasanlagen in der Rechtssetzung und der öffentlichen Verwaltung
→ **Einsetzung einer Taskforce zur Straffung und Verschlinkung der Genehmigungsverfahren zwingend erforderlich!**

- [1] BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND NUKLEARE SICHERHEIT. *Entwurf eines Ersten Gesetzes zur Änderung des Bundes-Klimaschutzgesetzes*, 07.Juli 2021.
- [2] ASCHMANN, V., M. EFFENBERGER, J. GRAF, M. HALAMA, U. KEYMER, M. STROBL und J. WINKLER. *Bayernplan: Einsatz von Biogas zum Ersatz von Gaskraftwerken. Arbeitsgruppe 1 "Potential, verfahrenstechnische und ökonomische Konsequenzen für die Biogaserzeugung"*. Freising, 2013. Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft.
- [3] UMWELTBUNDESAMT. *Treibhausgas-Emissionen in Deutschland*. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung>. Aufgerufen am 18.08.2021.
- [4] STATISTA. *Nettostromverbrauch in Deutschland in den Jahren 1991 bis 2020*. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/164149/umfrage/netto-stromverbrauch-in-deutschland-seit-1999/>. Aufgerufen am 18.08.2021
- [5] BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN. *Bayerischer Agrarbericht 2020*, 2020.
- [6] WAGNER, R., M. GÖTZL, S. RAUH, J. SCHOBBER, S. HABERSTETTER und H. GEITNER. *Wirtschaftlichkeit von Kleinbiogasanlagen auf Güllebasis*, 2015. Biogas Forum Bayern.

- an das Biogasteam der Hochschule Landshut:
Prof. Dr. Diana Hehenberger-Risse, Prof. Dr. Walter Fischer, Dr. Uwe Behmel,
Veronica Hidalgo-Sanchez, Christina Pritscher, Johannes Blattenberger
- an die beteiligten Projektpartner:
Dr. Klemens und Tobias Finsterwalder, Finsterwalder Umwelttechnik GmbH
Cyriak Laner, AGROTEL GmbH
Dr. Thomas Venus / Dr. Mathias Effenberger, Landesanstalt für Landwirtschaft
Christian Beckmann, Landmaschinenschule Landshut
- an den Fördermittelgeber:

Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie



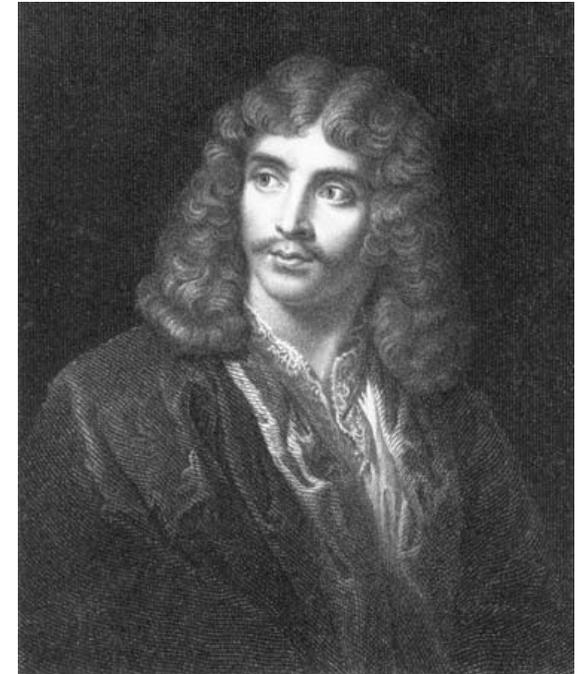
Referat Bioenergie und Biokraftstoffe:
Dr. Klaus Keisel, Kerstin Ikenmeyer, Martin Beer

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



*„Wir sind nicht nur verantwortlich
für das, was wir tun,
sondern auch für das,
was wir nicht tun“.*

Moliere, französischer Dramatiker



Prof. Dr. Josef Hofmann
Hochschule Landshut
Am Lurzenhof 1
84036 Landshut

Tel. +49 (0)871 – 506 218
Fax +49 (0)871 – 506 9218
josef.hofmann@haw-landshut.de
www.haw-landshut.de