

Gärproduktaufbereitung in der Praxis:

Bewährte Verfahren für Biogasanlagen im Vergleich

Abschlussveranstaltung im Projekt Nährwert

05.12.2024 in Hannover

Cem Hanrath, B.Sc.
Simon Weber, B.Eng.
Jurek Häner, M.Eng.
Prof. Dr.-Ing. Elmar Brügging

Stegerwaldstraße 39 fon +49 (0)2551 9-62044
D-48565 Steinfurt fax +49 (0)2551 9-62 717

cem.hanrath@fh-muenster.de
www.fh-muenster.de/egu



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Nährwert: Arbeitspaket 2

Ziele im Projekt

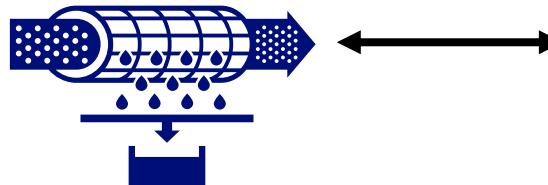
1. Anlagenscreening



Erfassung des »Ist-Status« von acht landwirtschaftlichen BGA



2. Praxisversuche



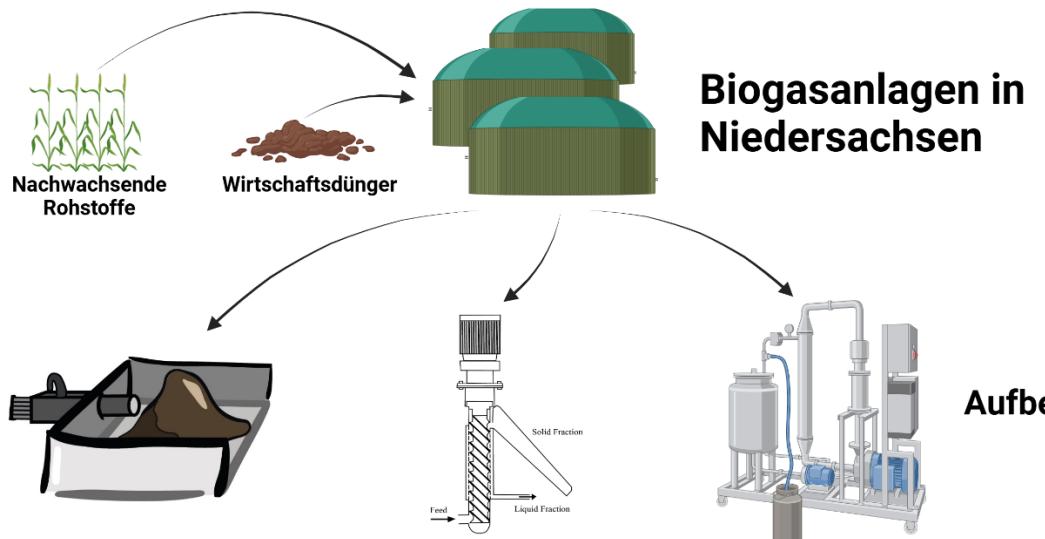
Online-Messverfahren
mittels mobiler NIRS-
Analytik

Evaluierung von verschiedenen technischen Lösungen zur
Gärprodukt-Aufbereitung an vier BGA

Nasschemische
Untersuchungen im Labor
(ICP-OES)

Arbeitspaket 2

Vorgehensweise im Projekt



Biogasanlagen in Niedersachsen

Aufbereitungstechnik

Analyse der Produkte und Auswertung der Versuchsreihen

 Betriebsmittelverbrauch

 % Phosphor im Feststoff

 % Stickstoff im Feststoff

 % Kalium im Feststoff

 % Trockensubstanz im Feststoff

 Analyse der Wirtschaftlichkeit



Arbeitspaket 2

Vorgehensweise im Projekt



Arbeitspaket 2

Vorgehensweise im Projekt

Vorstellung ausgewählter Biogasanlagen

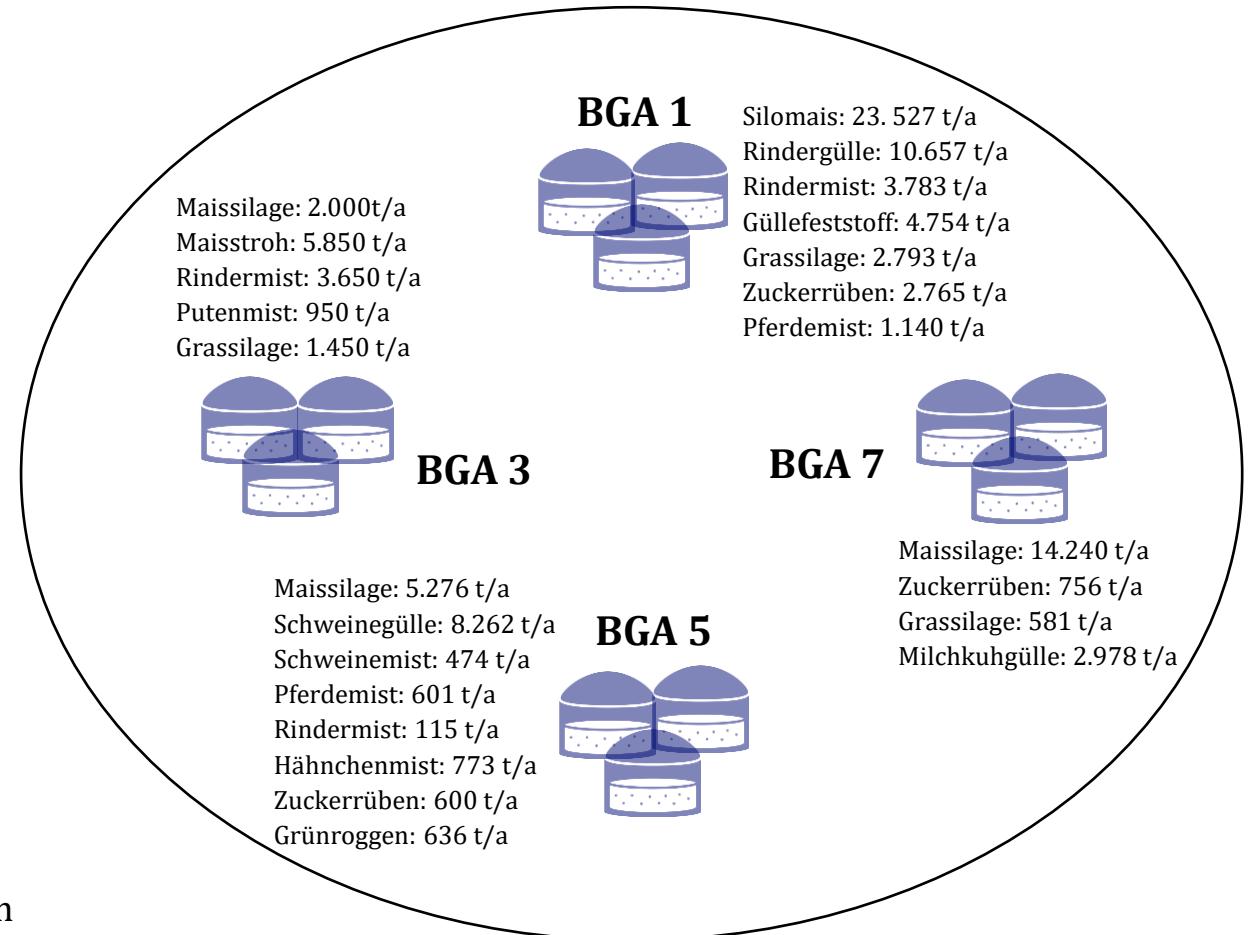
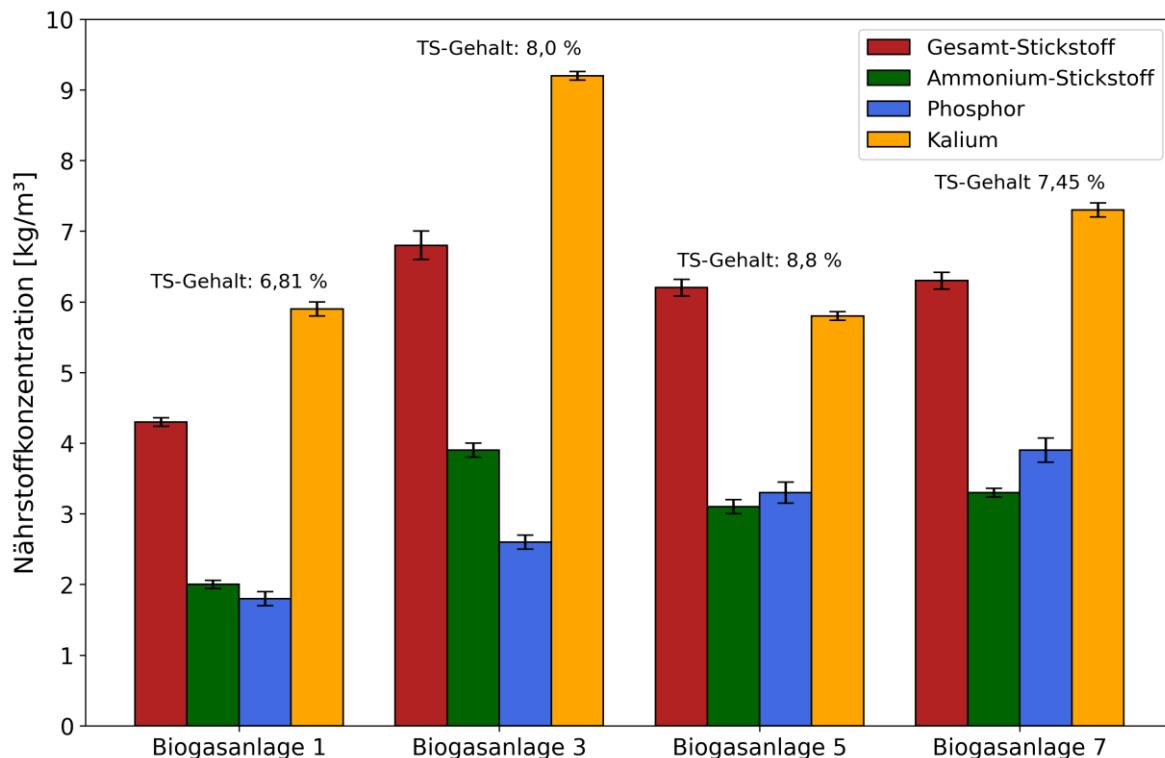


Abbildung 1: Nährstoffkonzentrationen der untersuchten Biogasanlagen

Nährwert

Vorstellung der mechanischen Aufbereitungstechniken

Pressschnecke (PSS)

- **Förderschnecke:** Transportiert Gärrest im zylindrischen Siebkorb
- **Siebkorb:** Hat üblicherweise Maschenweiten von 0,5 bis 2 mm
- **Filterkuchen:** Bildet sich am Austragsende durch verstellbaren Widerstand, scheidet feste Phase (25 – 35 % TS) ab
- **Druckverteilung:** Druck entgegen der Förderrichtung; Filterkuchen sorgt für kontinuierliche Abscheidung der flüssigen Phase entlang der Schnecke
- **Partikelgröße:** Kleinere Partikel (< 0,5 – 1 mm) verbleiben in der Flüssigphase

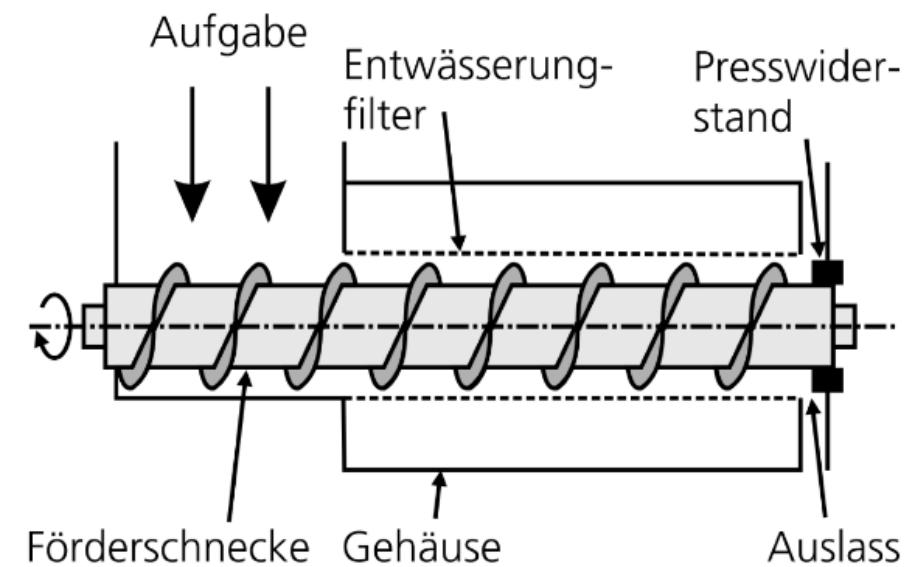


Abbildung 2:
Aufbau und Funktionsweise einer Pressschnecke [1]

Nährwert: AP 2

Vorstellung der mechanischen Aufbereitungstechniken

Dekanterzentrifuge (DZ)

- **Zentrifugalbeschleunigung:** Trennung von Feststoff und Flüssigkeit durch Zentrifugalkraft
- **Einlauf:** Gärprodukt wird in der Mitte der Trommel kontinuierlich zugeführt
- **Sedimentation:** Ähnlich einem Absetzbecken, Feststoff setzt sich an der Mantelfläche der konischen Trommel ab
- **Feststofftransport:** Feststoff wird durch Förderschnecke zur Austragsseite befördert
- **Flüssigphase:** Fließt durch Spalt zwischen Trommel und Förderschnecke zur gegenüberliegenden Seite und über das Überlaufwehr ab
- **Abscheidegrad:** Beeinflussbar durch Höhe des Überlaufwehrs, Differenzdrehzahl von Trommel und Schnecke, sowie Trommeldrehzahl

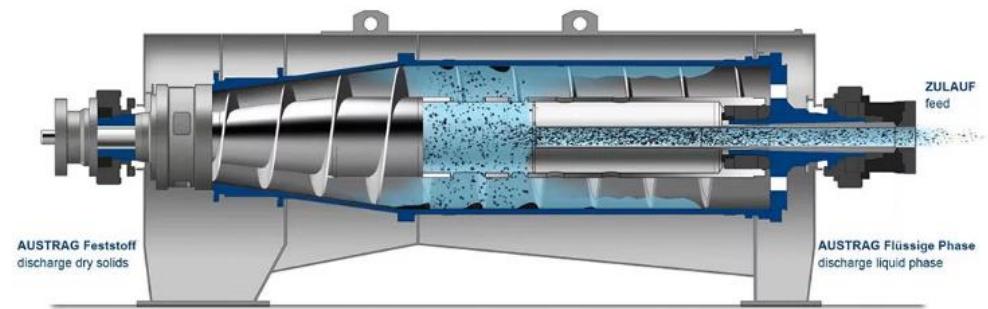


Abbildung 3:
Aufbau und Funktionsweise einer Dekanterzentrifuge [2]

Nährwert

Vorstellung der mechanischen Aufbereitungstechniken

VakuumsePARATOR (VakuSep)

- **Kompakte Anlage:** Zur Aufbereitung von Wirtschaftsdüngern
- **Periodische Zyklen:** Gärprodukt wird in Vorratsbehälter mit Füllstandssensoren gepumpt
- **Sieb:** Maschenweiten von 80 bis 200 µm, dahinter liegt ein Unterdruck an
- **Feste Phase:** Abgeführt durch Förderschnecken
- **Reinigung:** Automatische Spülung der Filtereinheit mit Wasser in vorgegebenen Intervallen
- **Flüssige Phase:** Gespeichert in Auffangbehälter, zugeführt zu z. B. einem Transportfass/Hochbehälter in Intervallen
- **Nachschaltung:** Kann einem Pressschneckenseparator nachgeschaltet werden, höhere Abscheidung von Feinpartikeln

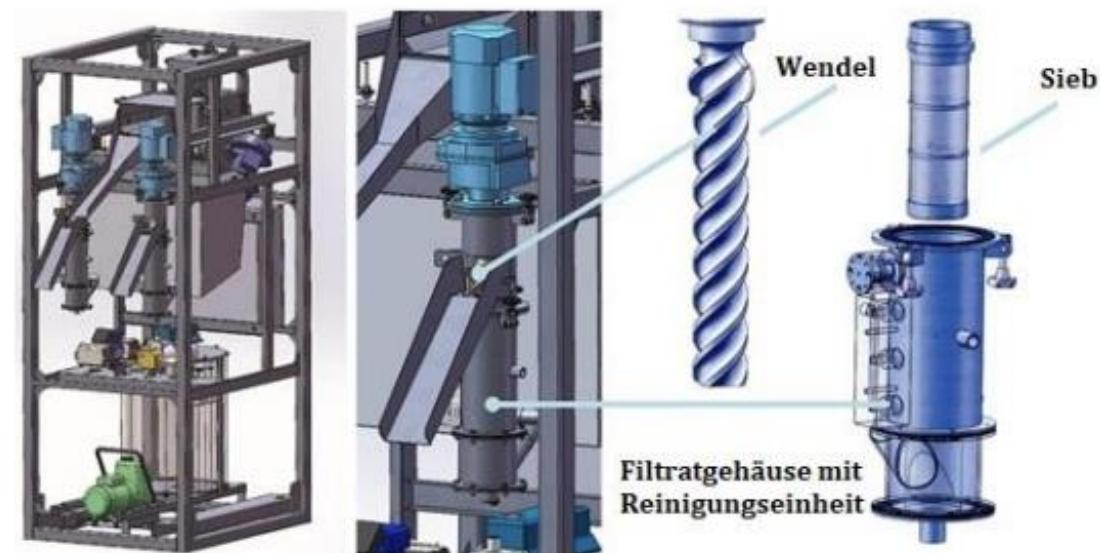


Abbildung 4:
Aufbau und Funktionsweise des Vakuumseparators

Nährwert

Praxis-Vergleich mechanischer Aufbereitungstechniken

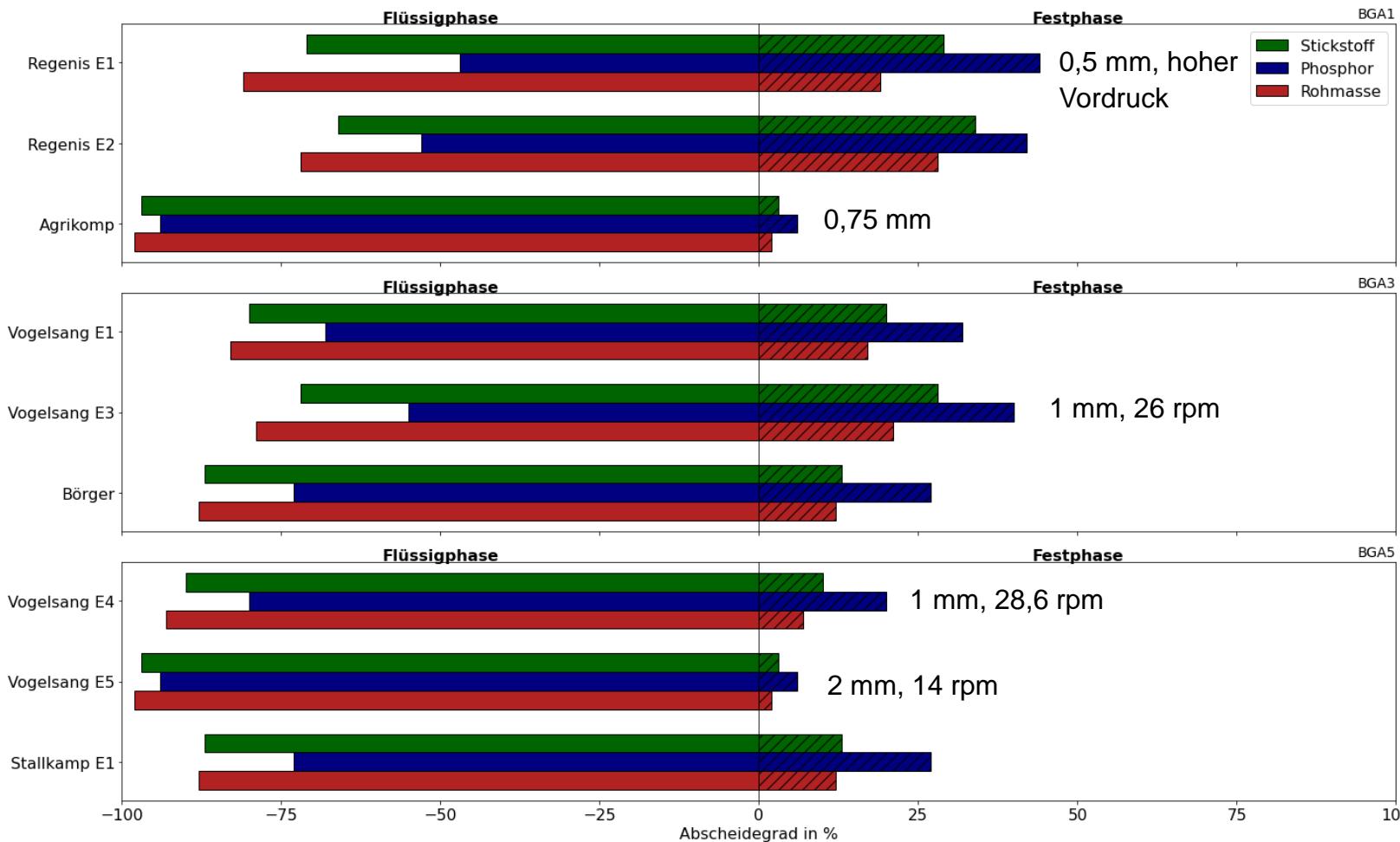


Abbildung 5:
Nährstoffabscheidung Pressschnecken
verschiedener Hersteller an drei
Biogasanlagen

Darcy-Gleichung:

$$Q = \frac{-k \cdot A \cdot \Delta P}{\mu \cdot L}$$

Bedeutung der Variablen:

- Q : Flüssigkeitsdurchfluss (Volumenstrom, z. B. Liter/Sekunde).
- k : Permeabilität des Filterkuchens (abhängig von der Porengröße und Partikelverteilung).
- A : Querschnittsfläche des Filterkuchens, durch die die Flüssigkeit strömt.
- ΔP : Druckdifferenz über den Filterkuchen (z. B. durch die Schneckenkompression).
- μ : Viskosität der Flüssigkeit.
- L : Dicke des Filterkuchens.

Nährwert

Praxis-Vergleich mechanischer Aufbereitungstechniken

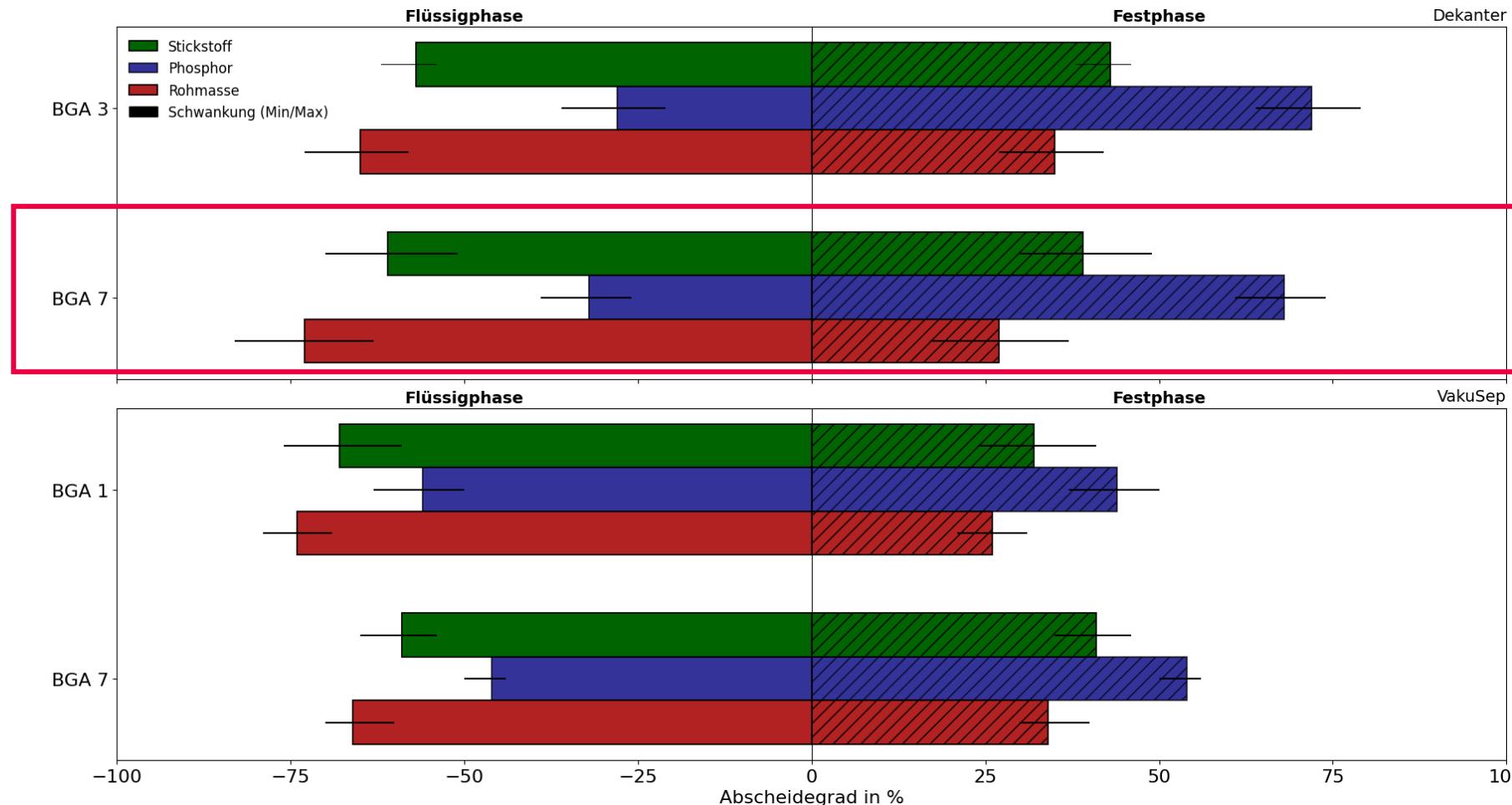


Abbildung 6:
Vergleich Nährstoff- und
Rohmasseabscheidung von
Dekanter und VakuSep an drei
Biogasanlagen

Nährwert

Praxis-Vergleich mechanischer Aufbereitungstechniken

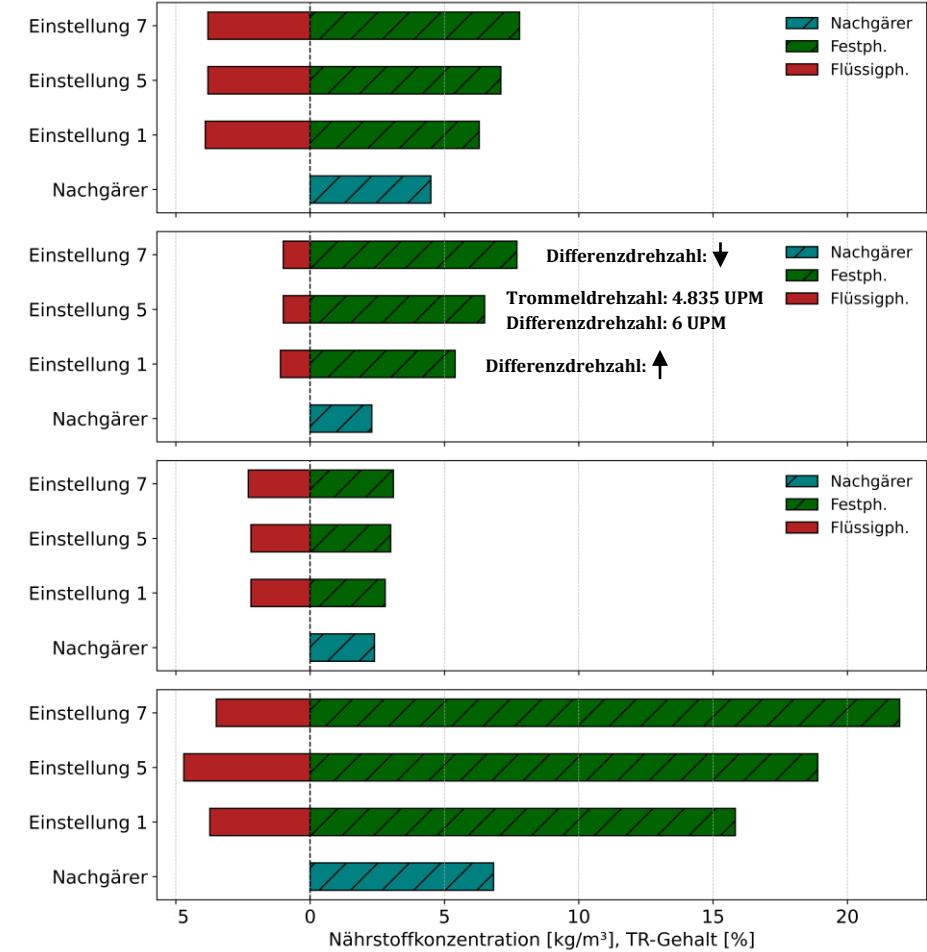
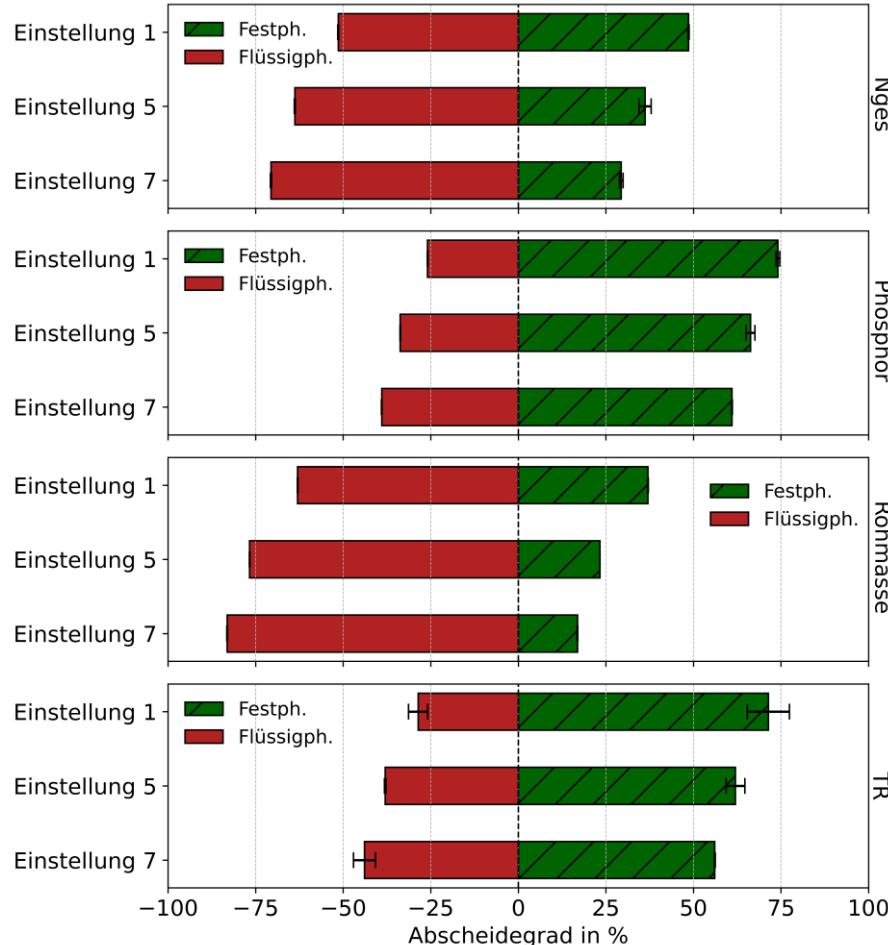


Abbildung 7:
Vergleich Abscheideraten und
Nährstoffkonzentrationen in
den Feststoffen für einen
Dekanter

Nährwert

Vorstellung chemisch-physikalischer Aufbereitungstechniken

Luftstrippung

- Das Verfahren basiert auf der Verschiebung des Ammoniak-Ammonium-Dissoziationsgleichgewichts durch pH-Wert- und Temperaturänderungen.
- Flüchtige Bestandteile werden durch Trägergas aus der Flüssigkeit entfernt
- Hauptziel ist die Stickstoffentfrachtung
- Natronlauge wird zugegeben, um den pH-Wert anzuheben; das Substrat wird gleichzeitig erhitzt und homogenisiert
- Das erwärmte, alkalisierte Substrat wird in die Stripp-Kolonne geleitet und die Strippluft nimmt das Ammoniak aus dem Substrat auf
- Das Ammoniak wird in einem nachgeschalteten System ausgewaschen und in eine Ammoniumsulfatlösung umgewandelt

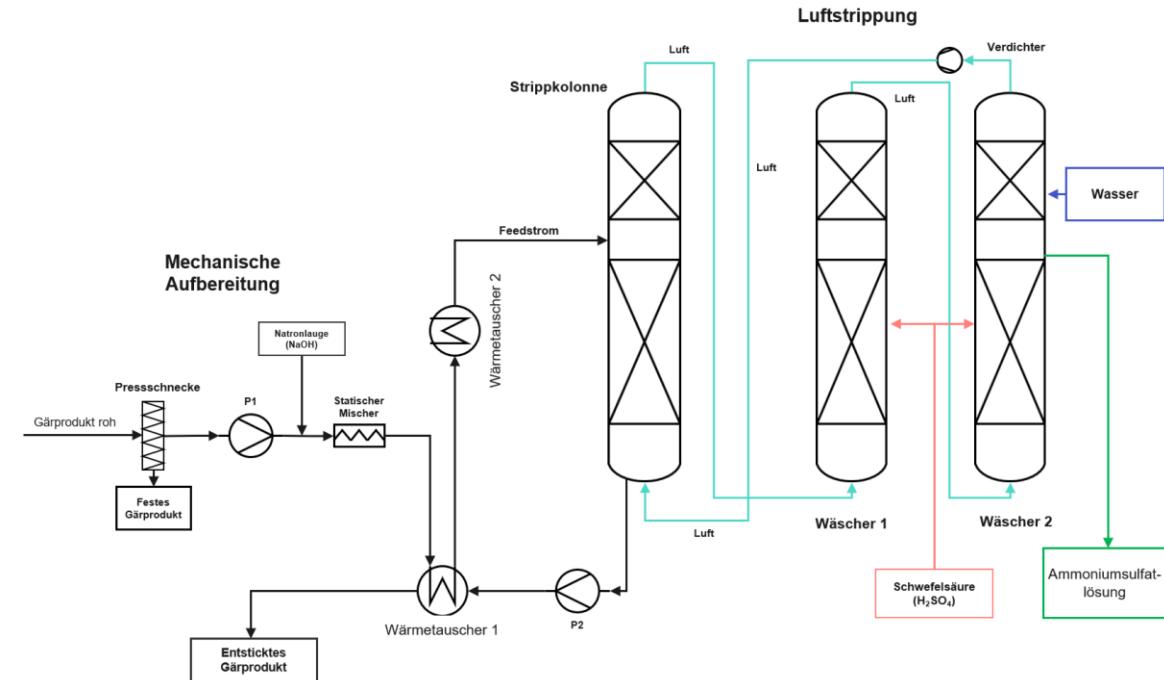


Abbildung 8:
Aufbau und Funktionsweise einer Luftstrippung

Nährwert

Vorstellung chemisch-physikalischer Aufbereitungstechniken

Vakuumverdampfung

- **Erzeugung von Unterdruck:** Ein Vakuum wird geschaffen, um den atmosphärischen Druck zu senken, was den Siedepunkt der Flüssigkeit reduziert.
- **Erwärmung der Flüssigkeit:** Die Flüssigkeit wird erhitzt, wodurch sie bei der niedrigeren Temperatur, die der Unterdruck ermöglicht, verdampft.
- **Brüdenwäscher:** Die Gasphase wird mit Schwefelsäure behandelt, um Ammoniak in Ammoniumsulfat umzuwandeln, das separat gelagert wird.
- **Abführung und Kondensation des Dampfes:** Der erzeugte Dampf wird in einen Kondensator geleitet
- **Trennung der Phasen:** Das kondensierte Destillat wird gesammelt

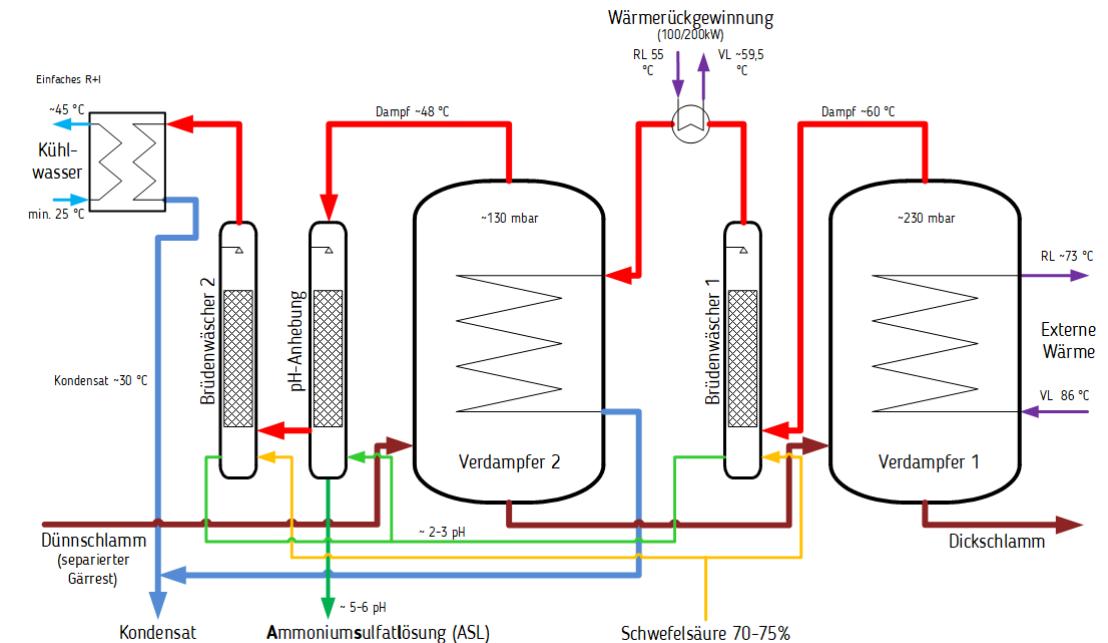


Abbildung 9:

Aufbau und Funktionsweise einer Vakuumverdampfung [3]

Nährwert

Praxis-Vergleich chemisch-physikalischer Verfahren

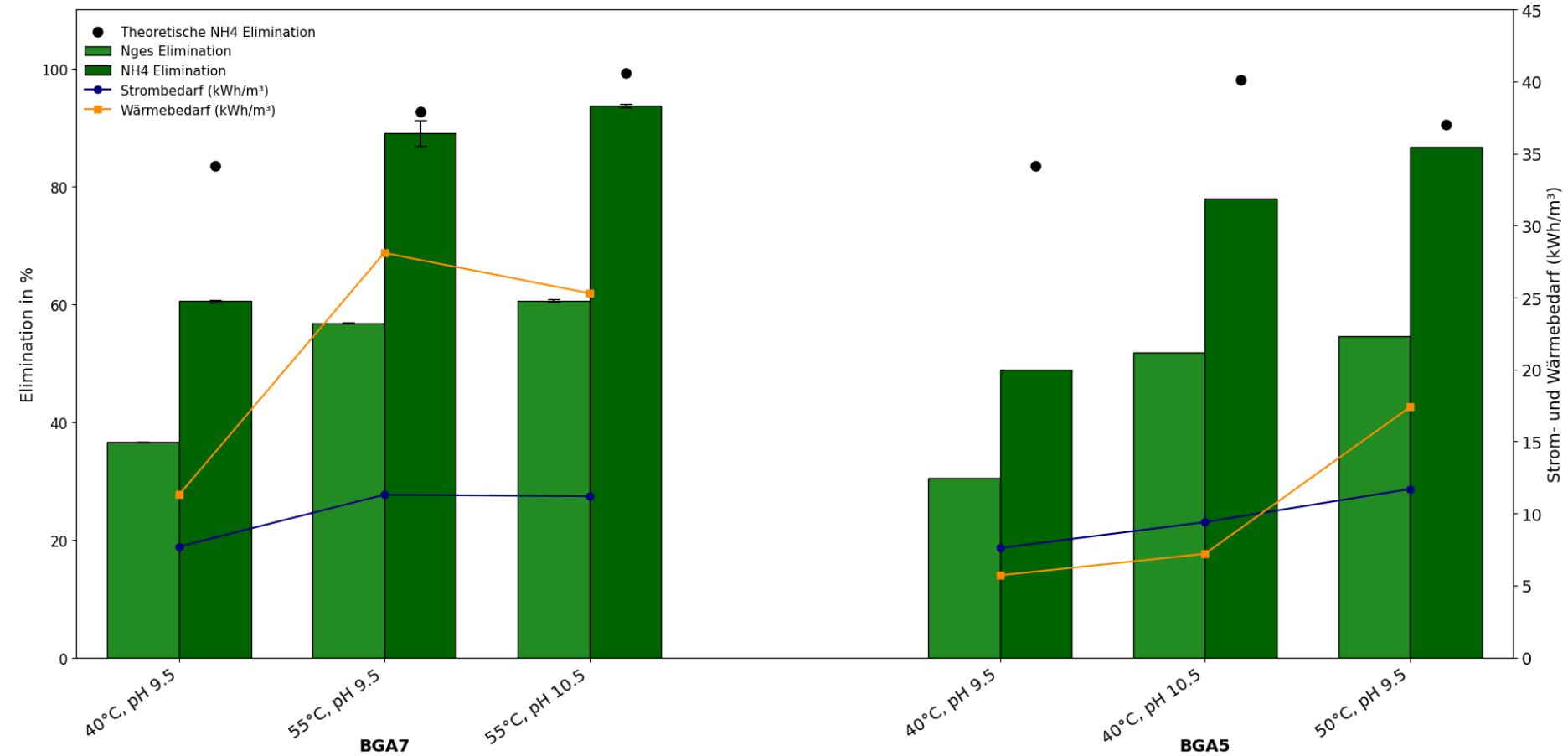


Abbildung 10: Nährstoffabscheidung Byosis-Stripping für verschiedene Einstellungen an zwei Biogasanlagen

Nährwert

Praxis-Vergleich chemisch-physikalischer Verfahren

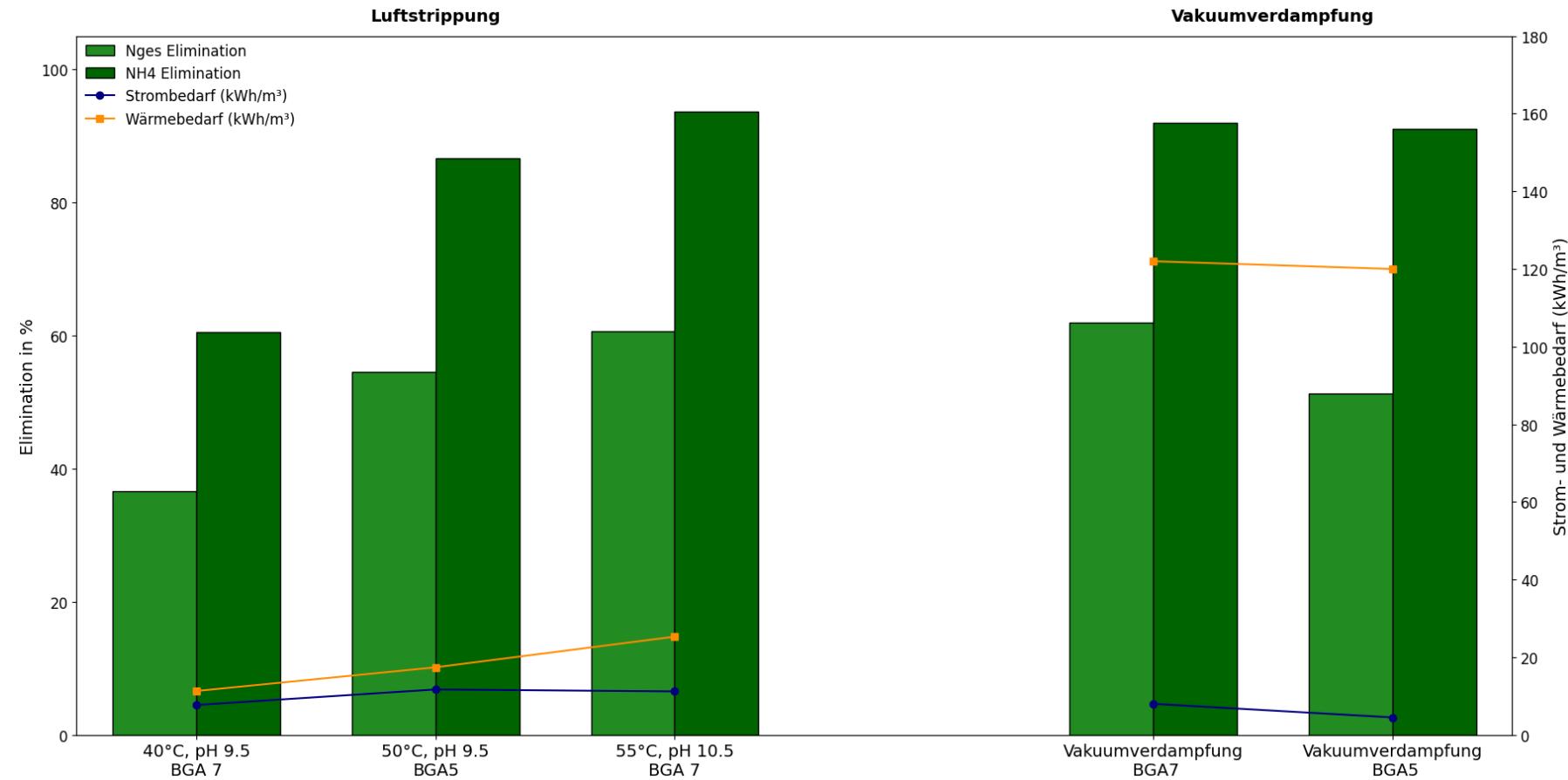


Abbildung 11: Vergleich Nährstoffabscheidung in Ammoniumsulfatlösung (ASL) für Luftstrippung und Vakuumverdampfung

Nährwert

Ergänzende Verfahren der Gärrestaufbereitung Retictor

Durch den Einsatz vom Retictor erhöht sich die Verweilzeit der Faserstoffe im System (SRT), dies führt zu:

- höhere Ausschöpfung des Gaspotentials
- höhere Vergütung / Substrateinsparung
- Einsparung von Gärrestlagervolumen
- Verflüssigung der Gärreste

Die SRT kann mithilfe dieser Formel berechnet werden:

$$SRT = \frac{\text{Masse an Feststoff im Fermenter}}{\text{Massenstrom an Feststoff im Abflauf}} = \frac{x_i \cdot V_R}{Q_{eff} \cdot x_{eff}} (d)$$

Die hydraulische Verweilzeit (HRT) kann aus der SRT errechnet werden:

$$\frac{SRT}{HRT} = \frac{x_i}{x_{eff}} (d)$$

Nährwert

Ergänzende Verfahren der Gärrestaufbereitung

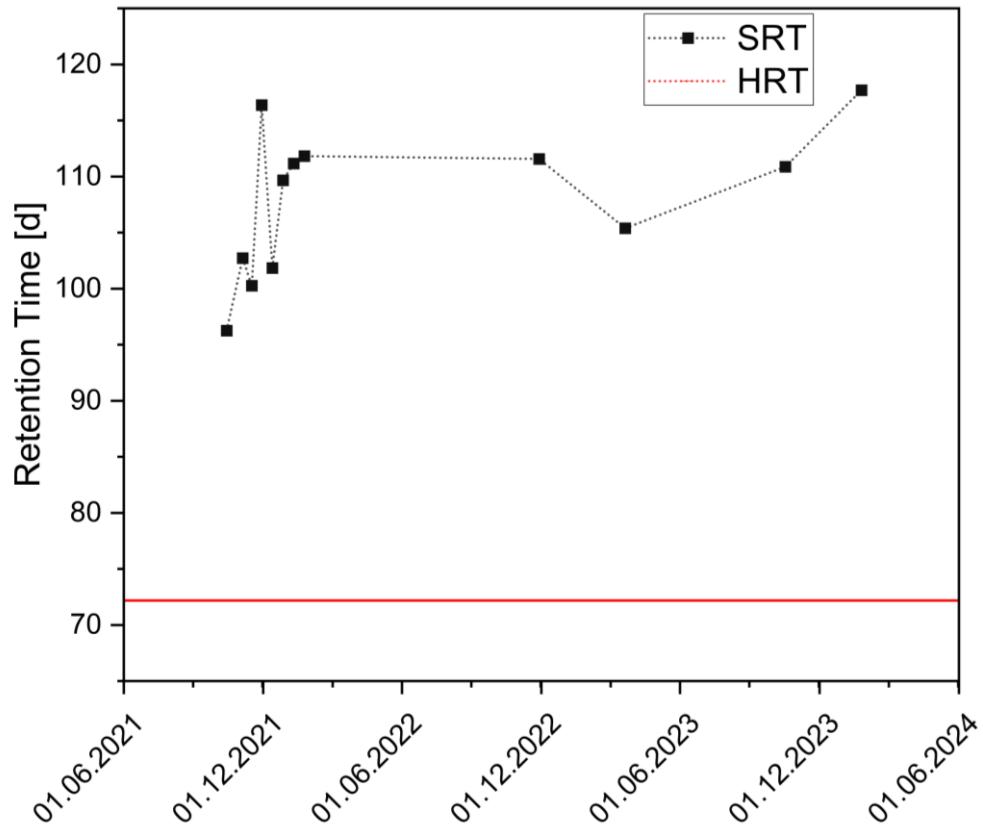


Abbildung 12: Berechnung der Methanproduktion mittels Abbaukinetik (k -Wert) und Biogaspotential für HRT=HRT und HRT = SRT im Vergleich [3]

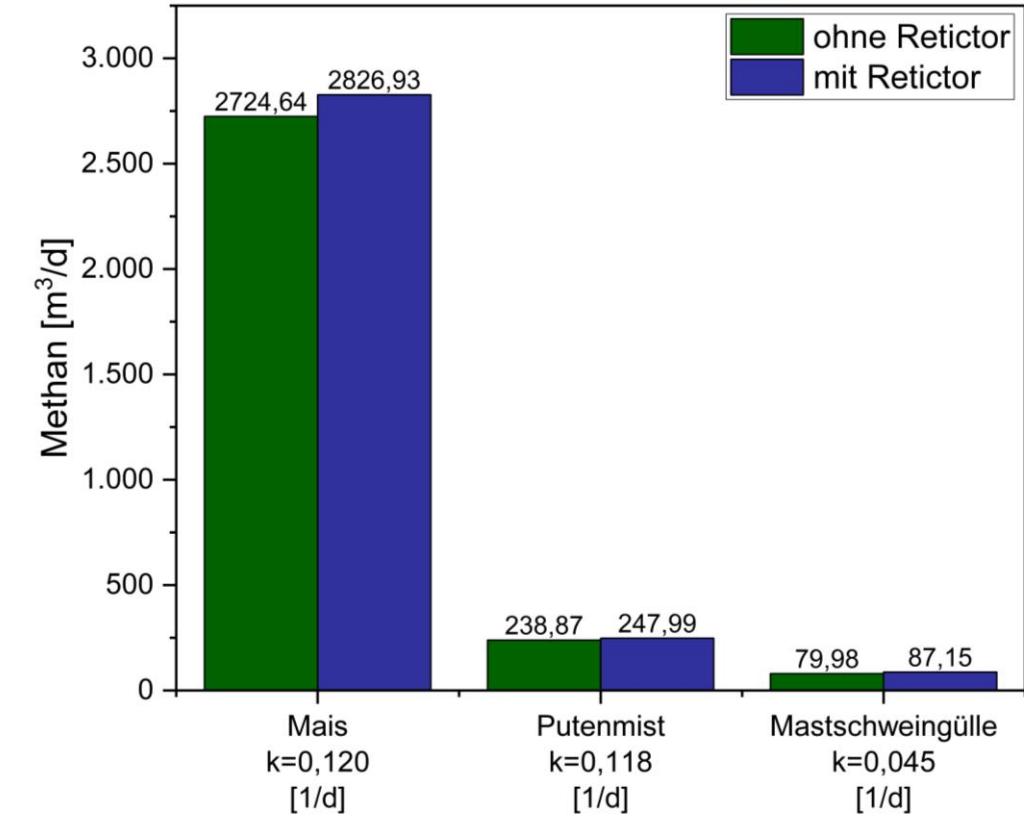


Abbildung 13: Darstellung der Solid Retention Time (SRT) und Hydraulic Retention Time (HRT) über den Probennahmezeitraum

Nährwert

Ergänzende Verfahren der Gärrestaufbereitung



Abbildung 14: Pressschnecke mit Rückführung des Feststoffes in den Nachgärtner zur Erhöhung der SRT

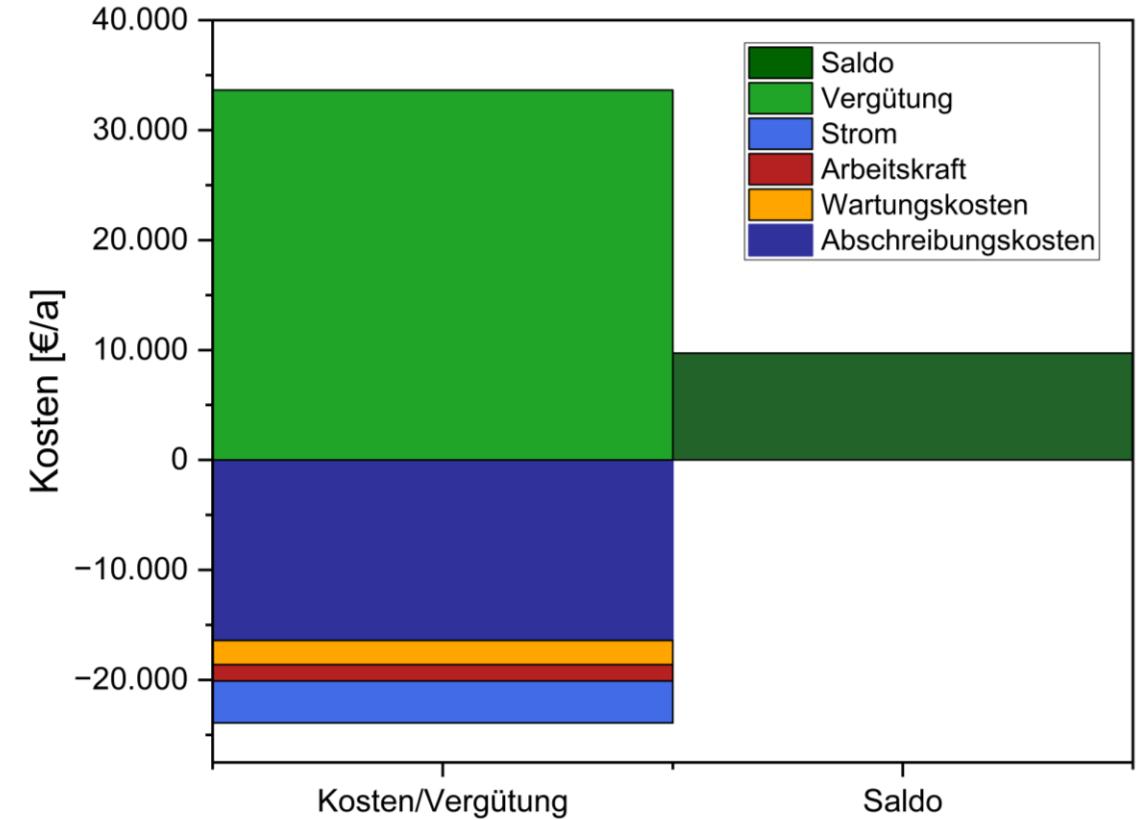
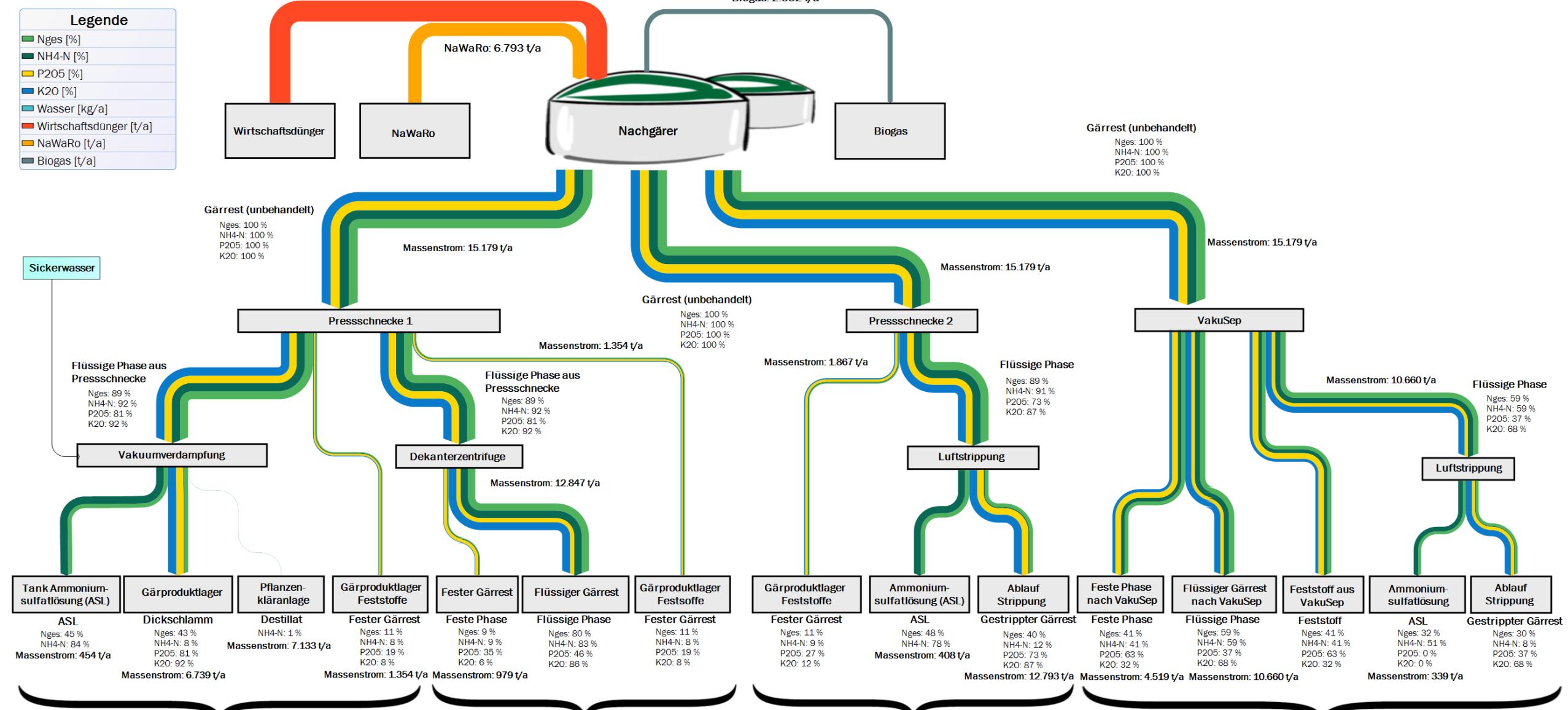
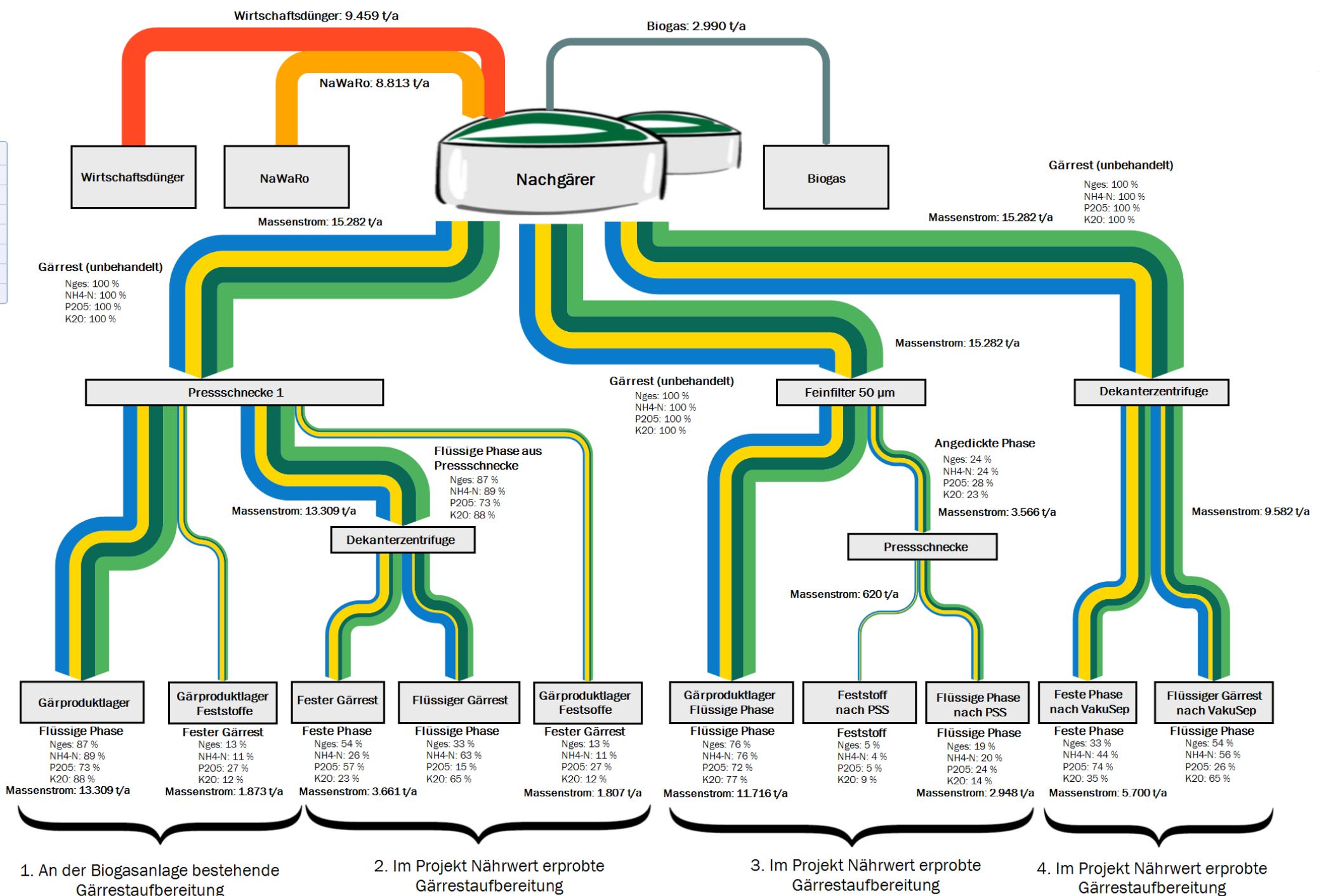


Abbildung 15: Berechnung der Betriebskosten und Darstellung der Wirtschaftlichkeit des PlanET Retictors



Legende	
■	Nges [%]
■	NH4-N [%]
■	P205 [%]
■	K2O [%]
■	Wirtschaftsdünger [t/a]
■	NaWaRo [t/a]
■	Biogas [t/a]



Fazit und Ausblick

- Viele ausgereifte, etablierte Verfahren zur mechanischen Aufbereitung und zur Abscheidung der Nährstoffe aus Gärresten verfügbar
- Dekanterzentrifuge kann vor allem den, im Gärrest befindlichen Phosphor, in hohem Maße in die feste Phase abscheiden.
- Zweistufiges System aus Pressschnecke mit nachgeschalteter Dekanterzentrifuge nur sinnvoll, wenn starke Phosphoraufkonzentration im Feststoff erzielt werden soll
- Neben den mechanischen Verfahren bieten sich auch chemisch-physikalisch wirkende Verfahren, wie die Luftstrippung oder die Vakuumverdampfung an
- Ammonium-Stickstofffracht der flüssigen Phase des Gärprodukts kann um bis zu 91,0% gesenkt und eine marktfähige Ammoniumsulfatlösung (ASL) gewonnen werden.



Kontaktdaten

Cem Hanrath, B.Sc.
Wissenschaftlicher Mitarbeiter



Stegerwaldstraße 39
48565 Steinfurt
Tel.: 02551 9 62044
E-Mail: cem.hanrath@fh-muenster.de



Übersicht der aktuellen Forschungs- und Entwicklungsprojekte

Prof. Elmar Brügging
Forschungsteamleitung,
Professur „Abwassertechnik
und Biomassenutzung“



Stegerwaldstraße 39
48565 Steinfurt
Tel.: 02551 9 62420
Mob.: 0179 5495281
E-Mail: bruegging@fh-muenster.de



Institut für Energie
und Prozesstechnik

Literaturverzeichnis

- [1] Forschungszentrum Jülich, EnArgus: Schenkenpresse,
https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d11154-2/*/*/Schneckenpresse.html?op=Wiki.getwiki,
accessed 20 November 2024.
- [2] Flottweg SE, Funktionsweise einer Dekanterzentrifuge,
<https://www.flottweg.com/de/produktlinien/dekanter/dekanter-funktionsweise/>, accessed 20 November 2024
- [3] Biogastechnik Süd, Vapogant: Gärrestverdampfung **2024**, <https://biogastechnik-sued.de/btsued/produkte/gaerrestverdampfung-vapogant/>.
- [4] K. Li, R. Liu, C. Sun, *Bioresource technology* **2015**, 198, 133–140. DOI: 10.1016/j.biortech.2015.08.151.