



# KompaGG-N

## Komplettaufbereitung von Gülle und Gärresten:

Verfahrensentwicklung unter Berücksichtigung  
regionaler Stoffstromkonzepte für Nähr- und  
Schadstoffe

Anhang A – Fraktionierte Eindampfung (BIOESTEC)

Förderkennzeichen: 02WQ1516A-D

Laufzeit: 01.08.2019 – 28.02.2023

KMU-innovativ

Vorfahrt für Spitzenforschung  
im Mittelstand

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

## Inhaltsverzeichnis

<b>Anhang A</b>	<b>Fraktionierte Eindampfung</b>	<b>2</b>
A.1	Laborversuche .....	2
A.2	Anlagenbeschreibung der halbtechnischen Versuchsanlage zur fraktionierten Eindampfung und Rektifikation .....	2

## Bildverzeichnis

Bild A.1	Mobile Versuchsanlage zur Fraktionierten Eindampfung und Rektifikation .....	3
Bild A.2	Fließschema der halbtechnischen Versuchsanlage zur fraktionierten Eindampfung und Rektifikation .....	4

## Anhang A Fraktionierte Eindampfung

### A.1 Laborversuche

Im Rahmen von Vorversuchen wurde zunächst im Labor die grundsätzliche Überführung des Stickstoffs aus landwirtschaftlichen Substraten in ein Kondensat sowie dessen Aufteilung in den jeweiligen Fraktionen untersucht. Zur Ermittlung des Einflusses vorbehandelnder Verfahren zur weitergehenden Feststoffseparation wurden darüber hinaus auch die aus der durch das DVGW-EBI durchgeführten Membranfiltration resultierenden Stoffströme eingedampft und hinsichtlich Ammoniumkonzentrationen analysiert. Einen weiteren Schwerpunkt der Laborversuche stellte die Viskositätsbestimmung in den resultierenden Konzentraten dar. Die Viskositätsbestimmung diente dabei zur Beurteilung der Pumpfähigkeit der Konzentrate und damit zur Bestimmung einer maximal möglichen Volumenreduzierung.

Die fraktionierte Eindampfung im Rahmen der Vorversuche erfolgte in einem Rotationsverdampfer (Hei-VAP Value, Heidolph Instruments GmbH & Co. KG) in einem Glaskolben mit einem Fassungsvermögen von 5 L unter atmosphärischen Bedingungen bei Temperaturen zwischen 110 – 120 °C. Die Substrate (separierter und unseparierter Gärrest, Gülle) wurden bis zu einer Volumenreduktion von 50 – 60 % eingedampft, wobei der Abzug des resultierenden Kondensats gemäß zuvor festgelegten Volumina in Fraktionen erfolgte. Darüber hinaus wurden auch die aus der Membranfiltration resultierenden Stoffströme (Feed, Permeat, Konzentrat) eingedampft, welche zuvor durch das DVGW-EBI produziert wurden. Das Ziel war hierbei eine Untersuchung des Einflusses einer weitergehenden Feststoffseparation auf die erzielbare Volumenreduktion sowie auf den Stickstoffübergang in das Kondensat.

Die Laboruntersuchungen zur Bestimmung der Viskosität im eingedickten Konzentrat nach der Eindampfung dienten zur Beurteilung der Pumpfähigkeit und damit zur Ermittlung einer maximal möglichen Volumenreduktion. Die Viskositätsbestimmung erfolgte mittels eines Rotationsviskosimeters (HAAKE Viscotester VT0170, Fa. Thermo Fischer Scientific Inc.). Für die Ermittlung eines Zusammenhangs zwischen dem Trockensubstanzgehalt und der Viskosität wurden während eines Eindampfversuchs mehrere Konzentratproben bei jeweils unterschiedlicher Volumenreduktion entnommen. Die Viskositätsbestimmung erfolgte bei einer Substrattemperatur von 20 °C.

### A.2 Anlagenbeschreibung der halbtechnischen Versuchsanlage zur fraktionierten Eindampfung und Rektifikation

Rahmen des Forschungsprojekts wurde eine auf einem PKW-Anhänger konzipierte mobile Versuchsanlage errichtet und an verschiedenen Standorten betrieben. Neben der Eindampfung von Gärresten und Gülle wurde auch die weitere Aufkonzentrierung des erzeugten Kondensats mittels Rektifikation untersucht. Die Versuchsanlage ist in Bild A.1 abgebildet, das Verfahrensschema kann Bild A.2 entnommen werden.

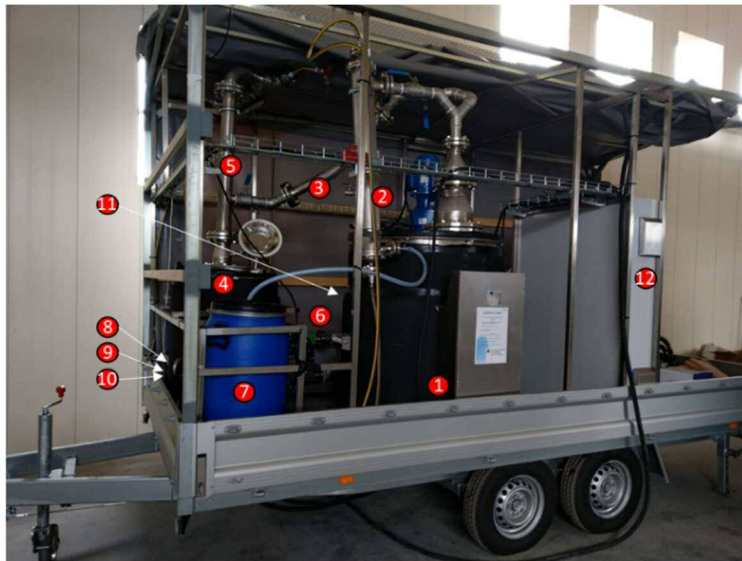
Die Versuche erfolgten im Batch-Betrieb. Die Eindampfung erfolgte in einem doppelwandigen elektrisch beheizten Rührwerksbehälter mit einem Fassungsvermögen von 570 L und einer Heizleistung von 24 kW (Inox Behälter GmbH). Zur Umwälzung des Substrats diente ein Ankerrührwerk mit einer Drehzahl von 21 UPM bei 0,75 kW. Das Substrat wurde mittels einer Schlauchpumpe (Verderflex Dura) aus einem IBC in den Eindampfbehälter gefördert. Die Erfassung des Durchflusses erfolgte im Zu- und Ablauf des Behälters über einen magnetisch induktiven Durchflussmesser (JUMO flowTRANS MAG S01). Die Eindampfung erfolgte unter atmosphärischen Bedingungen bei Temperaturen zwischen 110 – 130 °C. Der

entstehende Dampf kondensierte in einem Rohrbündelwärmetauscher und wurde in einem Auffangbehälter gesammelt, bis das zuvor festgelegte Volumen einer Kondensatfraktion erreicht war. Anschließend wurde die Leitfähigkeit gemessen (JUMO digiLine Ci HT10) und eine Probe zur späteren Laboranalyse genommen. Die höher konzentrierten Kondensatfraktionen wurden für anschließende Rektifikationsversuche bereitgestellt. Das resultierende Konzentrat wurde nach Versuchsende in einen IBC gefördert und gemeinsam mit dem übrigen Kondensat entsorgt.

Die durch das ISAH durchgeführten Laboranalysen umfassten neben den Stickstoffparametern  $\text{NH}_4\text{-N}$  und  $\text{N}_{\text{ges}}$  auch Bestimmungen der CSB-Konzentration sowie des pH-Werts und des Trockenrückstands TR und oTR und sind in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** beschrieben.

Die verfahrenstechnische Apparatur einer Rektifikationsanlage besteht im Wesentlichen aus einer senkrecht stehenden, rohrartigen Rektifikationskolonne, einem Verdampfer sowie einem Kondensator am oberen Ende der Kolonne. Die Verdampfung des Kondensats erfolgte in einem doppelwandigen elektrisch beheizten Behälter mit einem Fassungsvermögen von 97 L (INOX Behälter GmbH). Die Befüllung mit zuvor gesammeltem Kondensat aus der Eindampfung erfolgte mittels Schlauchpumpe (PCM DELASCO). Am Ende der Rektifikationskolonne befand sich ein Rohrbündelwärmetauscher, in welchem der Dampf kondensierte (Rektifikat) und in einem Auffangbehälter gesammelt wurde, wo eine Messung der Leitfähigkeit erfolgte. Das abgezogene Rektifikat konnte zur weiteren Aufkonzentrierung über einen Rücklauf in variablen Verhältnissen zurück in den Kolonnenkopf zirkulieren.

Die Laboranalysen des ISAH umfassten im Rahmen der Rektifikationsversuche die  $\text{NH}_4\text{-N}$  und CSB-Konzentrationen sowie den pH-Wert jeweils für den Input, das Rektifikat und den Kolonnensumpf.



- 1 Elektrisch beheizter Behälter (Eindampfung)
- 2 Kondensator
- 3 Zulauf Rektifikation
- 4 Elektrisch beheizter Behälter (Rektifikation)
- 5 Rektifikationskolonne
- 6 Schlauchpumpe Substrat
- 7-9 Behälter Kondensat
- 10 Schlauchpumpe Kondensat
- 11 Kaltwassersatz
- 12 Schaltschrank

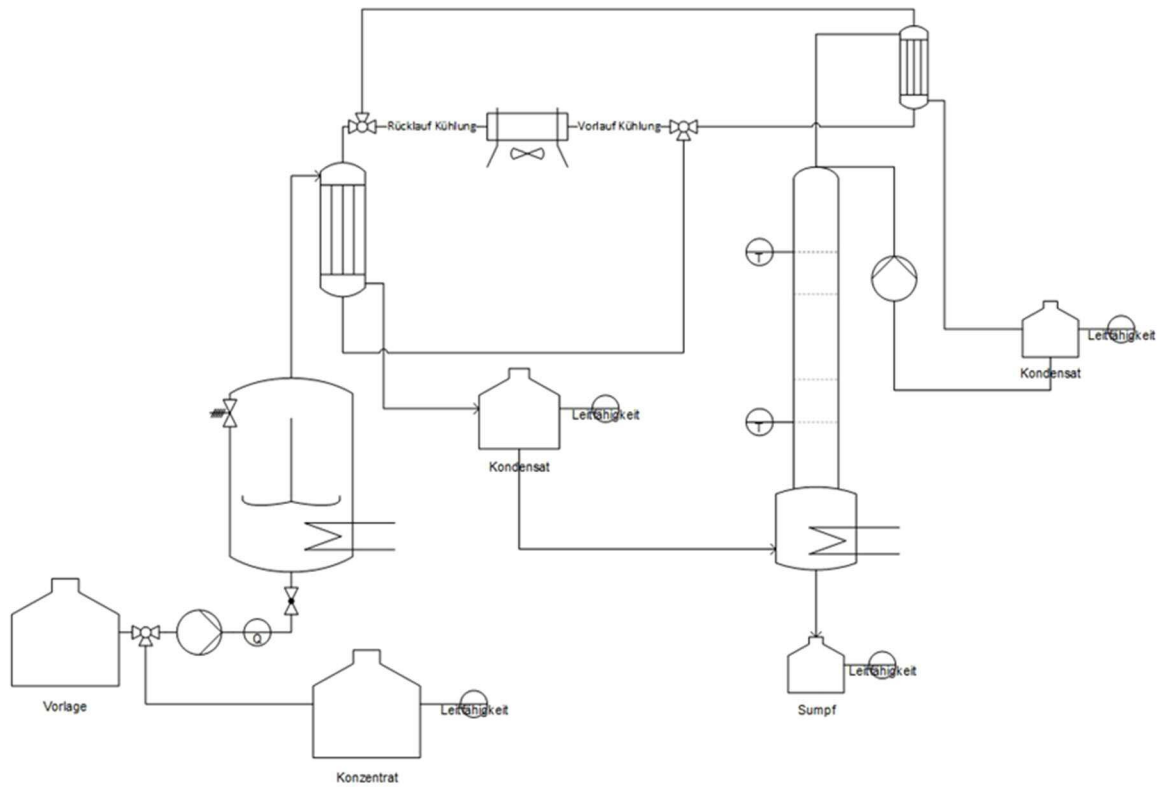
**Bild A.1 Mobile Versuchsanlage zur Fraktionierten Eindampfung und Rektifikation**

Die Rektifikation stellt ein Trennverfahren für Flüssigkeitsgemische dar. Die verfahrenstechnische Apparatur besteht im Wesentlichen aus einer senkrecht stehenden, rohrartigen Rektifikationskolonne, einem Verdampfer sowie einem Kondensator am oberen Ende der Kolonne.

Die Verdampfung des Kondensats erfolgte in einem doppelwandigen elektrisch beheizten Behälter mit einem Fassungsvermögen von 97 L (INOX Behälter GmbH). Die Befüllung mit zuvor gesammeltem Kondensat aus der Eindampfung erfolgte mittels Schlauchpumpe (PCM DELASCO). Am Ende der Rektifi-

kationskolonne befand sich ein Rohrbündelwärmetauscher, in welchem der Dampf kondensierte (Rektifikat) und in einem Auffangbehälter gesammelt wurde, wo eine Messung der Leitfähigkeit erfolgte. Das abgezogene Rektifikat konnte zur weiteren Aufkonzentrierung über einen Rücklauf in variablen Verhältnissen zurück in den Kolonnenkopf zirkulieren.

Die Laboranalysen des ISAH (vgl. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) umfassten die  $\text{NH}_4\text{-N}$  und CSB-Konzentrationen sowie den pH-Wert jeweils für den Input, das Rektifikat und den Kolonnensumpf.



**Bild A.2** Fließschema der halbtechnischen Versuchsanlage zur fraktionierten Eindampfung und Rektifikation