

Rechtliche Veränderungen 2018

Im Zuge der Novellierung verschiedener Verordnungen ergeben sich für Biogasbetreiber erhebliche Veränderungen ab dem Jahr 2018 an den Betrieb einer Biogasanlagen. Hierzu hat die Bundesrepublik durch Abwicklung eines nationalen Aktionsprogramms zum Schutze der Gewässer vor Belastungen durch Nitrat auf EU - Forderungen (WRRL) verschiedene Verordnungen novelliert.

Nach novellierter Düngeverordnung (DüV) vom 25.05.2017 wird im § 12 gefordert, dass die sichere Lagerung der Gärreste für 6 Monate sicherzustellen ist. Ergänzt wird das durch die Zielforderung, dass für Anlagen, die über keine eigenen Ausbringflächen verfügen, ab dem 01.01.2019 die Lagerkapazität auf 9 Monate erweitern muss.

Sehr viel restriktiver stellen sich die zukünftigen Möglichkeiten der Ausbringung von Gärresten (und Klärschlamm) dar. So wird nach § 3 der Nährstoffgehalt aller Dünger (also auch Gärreste) voll in die Nährstoffbilanz einbezogen. Bisher wurde dieser nicht oder nur teilweise berücksichtigt. In § 6 der DüV wird pro Hektar und Jahr eine maximale Aufbringmenge an Gesamtstickstoff von 170 kg genannt. Zusätzlich gilt das Aufbringverbot für Ackerflächen nicht ab dem 01. November eines Jahres, sondern schon ab der Ernte der letzten Hauptfrucht des Ackers bis zum 31. Januar des Folgejahres.

Die genannten und zusätzlichen Änderungen in gesetzlichen Vorschriften haben zur Folge:

- der Zubau der neuen Endlagerkapazität bis spätestens 01.01.2020 abgeschlossen sein muss (Lagervolumen dann 9 Monate im Jahr)
- Genehmigung der Anlage nach § 12 BImSchV – Störfallverordnung wegen eventuell möglicher Überschreitung der Speichermenge an Biogas > 10 t
- Aus dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG) ergibt sich beim Bau der Endlager: Leckageerkennung bei ebenerdigen Behälter / Umwallung bei Hochbehältern; bei Anlagen, die Bioabfälle einsetzen: Diskussion um eine doppelwandige Ausführung der Behälter
- Investition in neue Fahrzeuge (Ausbringfahrzeuge für die Ackerflächen und Zubringer – Lkw zu den Ackerflächen), da das Zeitfenster im Frühjahr für die Ausbringung großer Mengen von Gärresten sehr knapp bemessen ist; neue Zeit effektivere Einbringtechniken für den Gärrest
- für Bioabfallanlagen ist auf Forderungen der Genehmigungsbehörden eine Sicherheitsleistung für den Fall einer Insolvenz für die gesamte gelagerte Gärrestmenge zu hinterlegen. Das kann eine Bankbürgschaft oder eine Versicherung etc. sein.

Die vorstehenden gesetzlichen Anforderungen verlangen von einem Betreiber einer Biogasanlage erhebliche finanzielle Aufwendungen, wenn nicht eine alternative Möglichkeit der Gärrestbehandlung gefunden wird.

Gärrestbehandlung nach dem PEGA - Verfahren

Grundüberlegungen/ Ansatz für die Gärrestbehandlung

Die Zusammensetzung von Biogasgülle auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen, Tiergülle/ -kot, Lebensmittelresten und sonstigen organischen Rückständen ist aufgrund seines Gehaltes von Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Kalium und Calcium per se für eine Düngung von Feldfrüchten gut geeignet. Allerdings muss die Düngung in Maßen im Sinne einer nachhaltigen Nutzung von landwirtschaftlichen Böden erfolgen. Massentierhaltung und große industrielle NaWaRo – Biogasanlagen haben u.a. zu einer Überdüngung der Felder und mit zu den Steigerungen von Nitratkonzentrationen in Grund- und Oberflächengewässer geführt.

Ein weiterer Bestandteil des Gärrestes stellt der organische Kohlenstoff (TOC) dar. Herausragende Bedeutung hat das Element, um Biogas in Form von Methan und Kohlendioxid in wechselnder Zusammensetzung zu bilden und daraus durch Verstromung/ Wärmegewinnung und/ oder Fraktionierung zu Biomethan (Grüngas) mit Einspeisung ins Erdgasnetz den ökonomischen Hauptertrag einer Biogasanlage zu sichern. Allerdings erreicht durch verschiedene verfahrenstechnische Umstände die gewünschte vollständige

Umsetzung zu Biogas sehr oft nicht ihr Ziel. Nach eigenen Erfahrungen liegt die Umsatzrate eher bei 60 – 75 % des zugeführten Kohlenstoffpools im Substrat. Zurückbleibend im Gärrest führt die weiter fortlaufende Umsetzung zur Bildung von "Restmethan" – in der Umwelt als Klimagas wegen der Erderwärmung unerwünscht. Auf dem Acker sorgt der Humus-C-Gehalt für einen weiteren positiven Effekt bei der Düngung.

Unsere Firmengruppe hatte in den letzten mehr als 10 Jahren die Gelegenheit, die Gärreste einiger Biogasanlage systematisch zu untersuchen. Der mittlere Gehalt an gelösten Kohlenstoff lag dabei im Schnitt bei knapp 18 kg/m³ TOC im Gärrest.

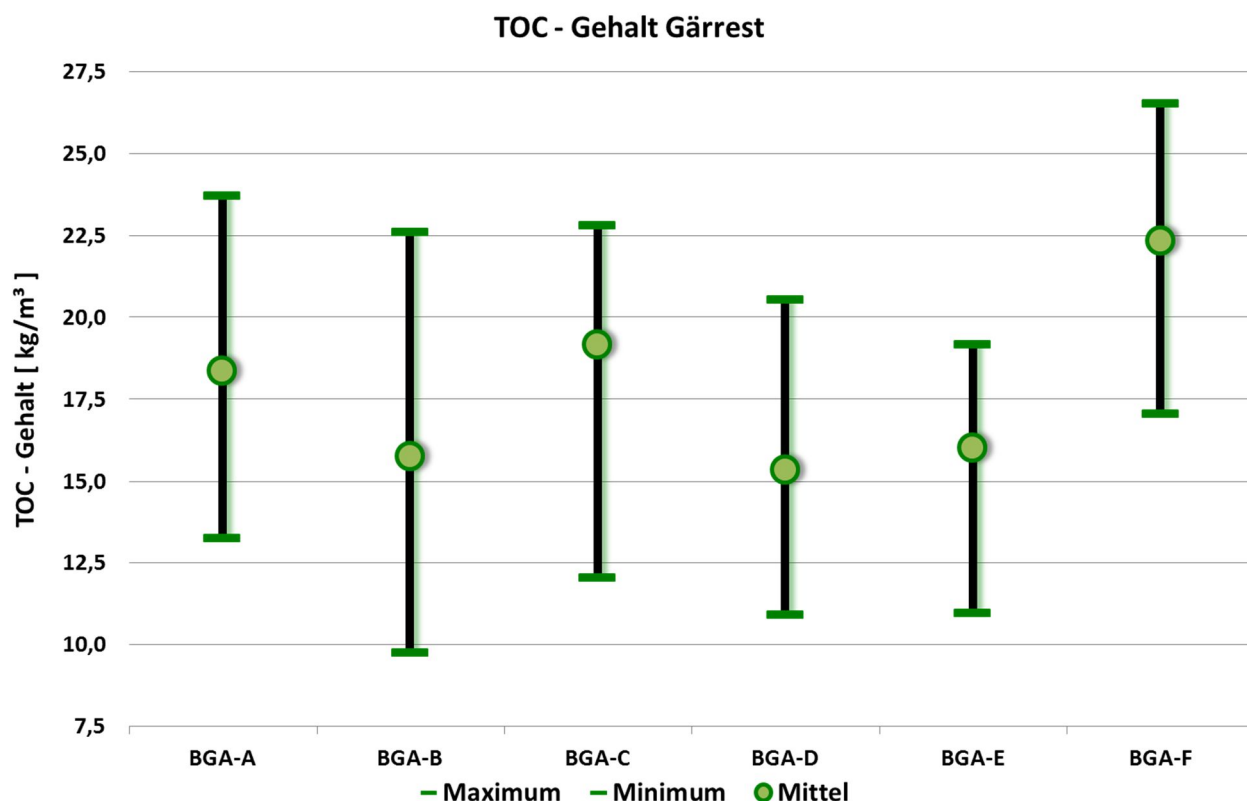


Abb. 1: Zusammenfassung der Messergebnisse auf TOC – Gehalte der Gärreste von 6 Biogasanlagen - der mittlere TOC – Gehalt beträgt 17,83 kg/m³ (die Kurzbeschreibung der Anlagen siehe Text)

Erläuterung der Typen der Biogasanlage des Untersuchungsprogramms:

- BGA-A: 2,2 MW Anlage zur Speiseresteverwertung/ BHKW mit Strom-/ Wärmeverwertung (Anzahl Messungen = 52)
- BGA-B: 2,0 MW Anlage zur Speiseresteverwertung/ Gaseinspeisung/ BHKW für Eigenstrom (Anzahl Messungen = 34)
- BGA-C: 2,1 MW Anlage zur Speiseresteverwertung/ Gaseinspeisung/ BHKW für Eigenstrom/ Flexbetrieb (Anzahl Messungen = 11)
- BGA-D: 2,7 MW Anlage zur Speiseresteverwertung & Gülle/ BHKW mit Strom-/ Wärmeverwertung für Eigenbedarf (Anzahl Messungen = 28)
- BGA-E: 0,85 MW Anlage zur Speiseresteverwertung/ BHKW mit Strom-/ Wärmeverwertung für Eigenbedarf (Anzahl Messungen = 11)
- BGA-F: 2,0 MW Anlage mit Nawaro (Rüben/ Maissilage) & Gülle/ BHKW mit Strom-/Wärmeverwertung; dazu neu errichtete Anlage mit Gaseinspeisung (Anzahl Messungen = 28)

Ein zentraler Ansatzpunkt für das von uns entwickelte PEGA – Verfahren (PRO - Entec[®] Gärrest - Aufbereitung) ist die weitergehende Stickstoff- und Phosphorentfernung aus dem vorher separierten Gärrest mittels

eines modifizierten Belebungsverfahrens sicherzustellen. Dabei soll der Kohlenstoff TOC so weit wie möglich in den Schlamm gebunden werden. Den Kohlenstoff angereicherten Schlamm nutzen wir bei einer nahezu kompletten Rückführung in den Fermenter, um wiederum sehr hoch angereichertes Biogas mit Methangehalten $\sim 80\%$ zu bilden (im Laborreaktor).

PEGA – Verfahren

Für das PEGA – Verfahren ist der Einsatz eines Separators mit einer Siebweite von $\leq 500\ \mu\text{m}$ unbedingte Voraussetzung, um Störstoffe aus der PEGA – Biologie fernzuhalten (insbesondere bei Nawaro – Anlagen). Wir konnten in der Biogasanlage F einen Unterschied im TR – Gehalt zwischen unbehandelt und gesiebt von durchschnittlich 17% feststellen.

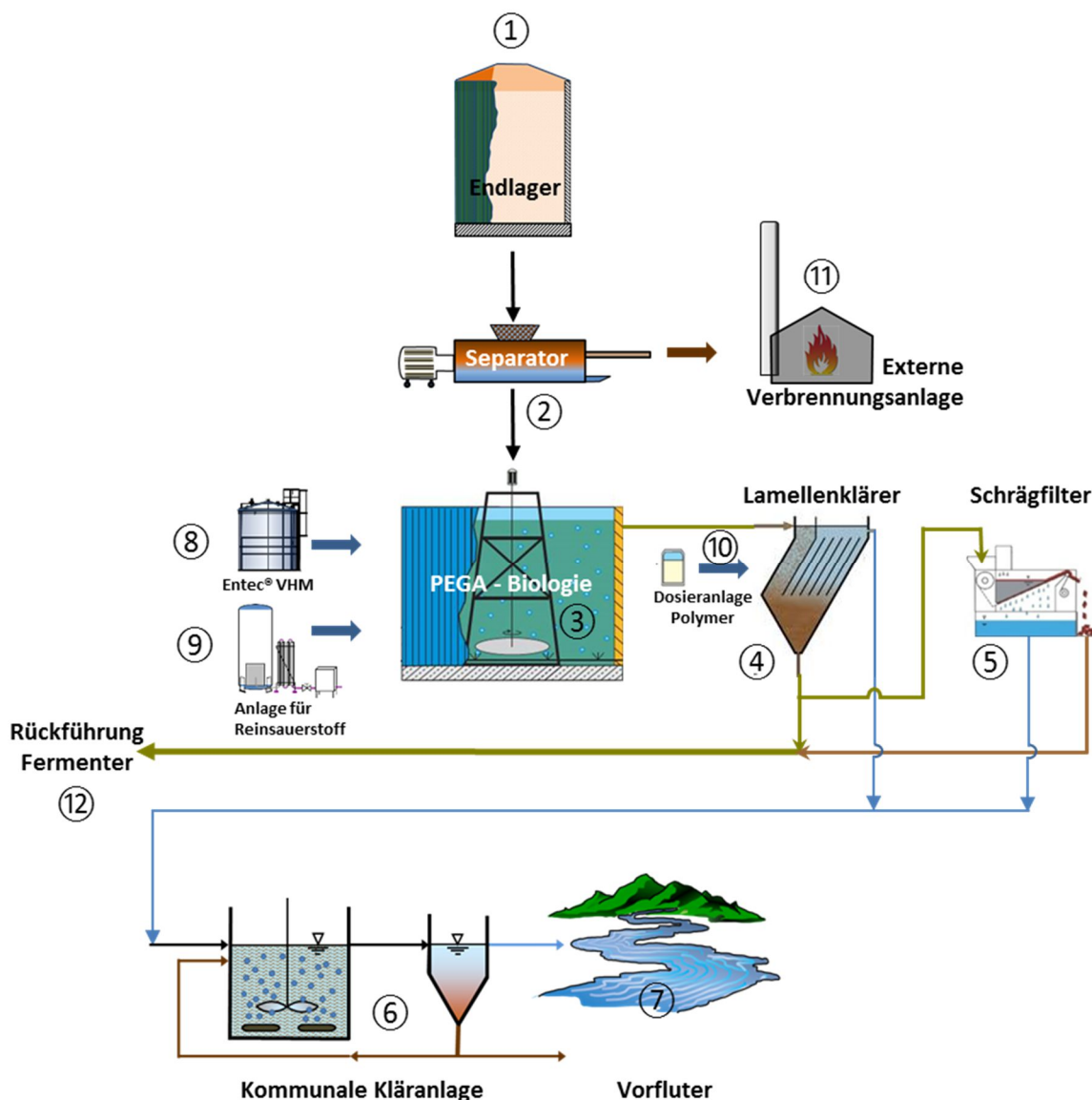


Abb. 2: Grobes Blockbild einer PEGA – Anlage mit Rückführung des PEGA-Schlammes in den Fermenter. Das vorgereinigte Wasser gelangt beispielhaft in eine Kläranlage

Das Substrat soll mit einem hohen Wirkungsgrad von etwa 90% in Biogas umgewandelt werden. Dazu setzen wir zur Unterstützung und Stärkung der Prozessstabilität unseren Fermentationskatalysator Entec® FK600 ein (nicht zwingend notwendig). Der entstehende Gärrest aus dem Endlager ① wird täglich durch

den Separator ② von abtrennbaren festen/ groben Störstoffen befreit, die thermisch intern/ extern verwertet werden können ⑪.

Das Fugat aus dem Separator wird in der PEGA – Biologie ③ mit einem modifizierten Belebtschlammverfahren behandelt. Das Verfahren ist in der Offenlegungsschrift DE 10 2015 118 988 A1 2017.05.11 zum Patent von Herrn Albert angemeldet. Die grobe Ausrüstung der Biologie ist im folgendem grob aufgelistet:

- Belebtschlammbecken mit geeigneten Volumen mit Rührwerk, Füllstandsmessung und Sensortechnik bestückt (pH-Wert, Redox – Potential, Leitfähigkeit, Sauerstoffmessung, Ammonium- und Nitratsonde etc.)
- Lamellenabscheider ④ o.ä. als erste Schlammabtrennung; in der zweiten Stufe ein Schrägfilterband ⑤ mit Rückführung des eingedickten Schlamms in den Fermenter ⑫
- Reinsauerstoffanlage ⑨ für die Begasung der Biologie mit effektiven Eintragssystem
- Dosieranlagen für die notwendig einzusetzenden Chemikalien ⑧ für den biologischen Prozess; Regulierung/ Korrektur von pH – Werten
- Eventuell Einsatz von Polymeren ⑩ bei ungenügender Abscheiderleistung im Lamellenabscheider
- Geeignete Pumpen zur Förderung der Stoffströme/ Chemikalien
- Steuer- und Regelungsanlage für den Gesamtprozess inkl. Datenvisualisierung/ -speicherung/ -auswertung

Mit dieser Ausrüstung ist ein kompletter Ausstieg aus der landwirtschaftlichen Gärrestverwertung gesichert. Die PEGA behandelten Fugate können z.B. zur endgültigen Reinigung in einer kommunalen Kläranlage ⑥ nahezu vollständig gereinigt und in den Vorfluter ⑦ abgeleitet werden. Täglich können die Gärreste ohne Speicherung verarbeitet und abgeführt werden – eine jahreszeitliche Begrenzung entfällt beim PEGA – Verfahren. De facto ist das ein kompletter Ausstieg einer Biogasanlage aus der bodenbezogenen Verbringung in die Landwirtschaft.

Repowering durch Rückführung von PEGA – Schlamm

Die Dünnphease aus dem Separator enthält wie bei einigen Biogasanlagen festgestellt noch genügend **gelösten** Kohlenstoff, um in der PEGA – Biologie per biologisch/ fermentativen Umwandlung einen C- angereicherten Schlamm zu erzeugen. Der wiederum ist dem anaeroben Abbau im Fermenter nun erneut zugänglich. Der Austrag von TOC aus der PEGA – Biologie ist nahezu gleich Null. Die Verluste an CO₂ in die Umgebungsluft begrenzen wir durch restriktiven Einsatz der Reinsauerstoff – Begasung. Damit verbleibt nur der Weg in den "Überschussschlamm" der PEGA - Biologie.

Folgender Rechengang soll das zusätzliche Gaspotential mit Basis 100 m³/d separierten Gärrest (Dünnphease) aufzeigen:

(1) 100 m³/d Dünnphease • 17,83 kg/m³ TOC = 1.783 kg/d TOC in die PEGA – Biologie^[1]

Nach eigenen Versuchen verbleiben etwa 10 % des Kohlenstoffs in der in den Fermenter rückgeführten Biomasse zurück und CO₂ – Bildung in der PEGA - Biologie, der Rest wandelt sich in Biogas um.

(2) 1.783 kg/d TOC • 90 % = 1.504,7 kg/d TOC im Biogas

Davon sind bis zu 80 % als Methan (eigene Messungen) im Biogas enthalten (CH₄-C):

(3) 1.504,7 kg/d TOC • 80 % = 1.233,8 kg/d CH₄-C

Umrechnung auf Methangas aus den Atom-/ Mol – Gewichten von C und CH₄:

(4) 1.233,8 kg/d • 16 ÷ 12 = 1.645,1 kg/d CH₄

^[1] da die TOC – Fracht im Ablauf der PEGA – Biologie fast gleich Null ist, ist das auch die Menge an Kohlenstoff, der in die Biomasse eingebaut wird

Mit der Dichte des Methans = $0,65 \text{ kg/m}^3$ macht das ein Gasvolumen von:

(5) $1.645,1 \text{ kg/d} \div 0,65 \text{ kg/m}^3 = 2.530,9 \text{ Nm}^3/\text{d CH}_4$ (z.B. in die Gasaufbereitung)

Mit einem BHKW – Wirkungsgrad von $\eta = 38 \%$ ergibt sich die Menge an Methangas, dass in elektrische Energie umgewandelt wird.

(6) $2.530,9 \text{ Nm}^3/\text{d} \cdot 38 \% = 961,7 \text{ Nm}^3/\text{d CH}_4$ zur Verstromung

Mit 1 m^3 Methan entspricht 10 kWh/m^3 ermittelt man:

(7) $961,7 \text{ Nm}^3/\text{d} \cdot 10 \text{ kWh/m}^3 = 9.617 \text{ kWh/d mehr Strom}$

Der obige Rechengang zeigt die Möglichkeit auf, aus dem Kohlenstoffpool der Flüssigphase des separierten Gärrests bisher nicht genutzte Potentiale in der anaeroben Faulung zu ziehen (Repowering).

Bilanz des PEGA - Verfahrens

Die Betriebskosten für eine PEGA – Anlage hängt sehr stark von dem Stickstoffgehalt der separierten Gärreste ab. Weiterhin entscheidend ist das Reinigungsziel der behandelten Dünnphease bezüglich der Parameter CSB, TOC, BSB₅, TN, NH₄-N und P_{ges}. Es soll ein Szenario untersucht werden, dass die bisherige Betriebsweise (Status Quo) einer Biogasanlage (plus notwendigen Zubau von Gärrestlagerkapazität) mit dem Ausstieg aus der bodenbezogenen Verwertung mittels PEGA – Verfahren (Evolution) vergleicht. Beide Prozesse haben wir zum Vergleich auf $100 \text{ m}^3/\text{d}$ normiert (erste Praxisergebnisse der BGA-C).

Tagesbilanz PEGA – Verfahren versus Status Quo:

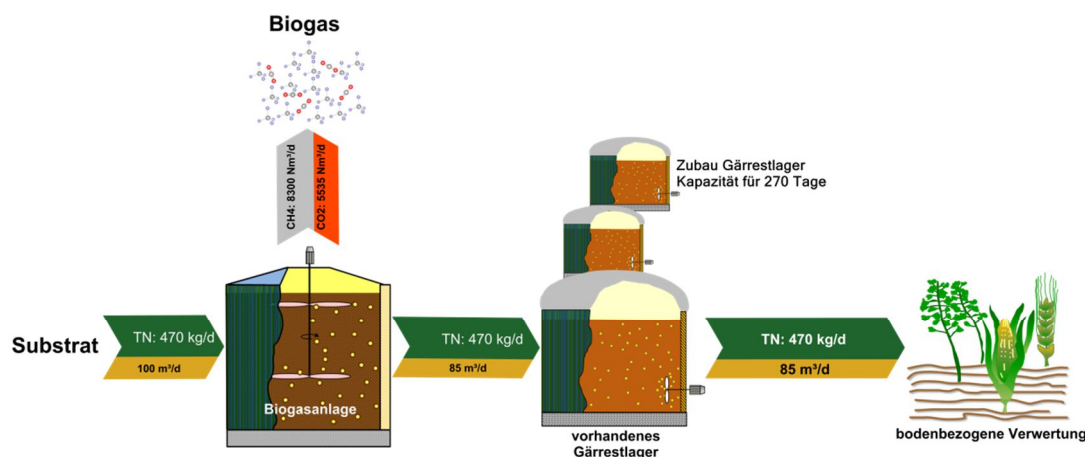
- + Der Substrateinsatz vermindert sich durch Rückführung von PEGA – Schlamm auf $- 20 \text{ m}^3/\text{d}$
- + Die Methangasausbeute steigt um $\sim 700 \text{ m}^3/\text{d}$ und können aufbereitet oder in Strom mit einem BHKW ($\eta = 38 \%$) $\sim 2.660 \text{ kWh/d}$ umgewandelt werden
- + die bisher anfallende Gärrestmenge von $85 \text{ m}^3/\text{d}$ entfällt. Die Erhöhung der Gärrestlagerkapazität auf 270 Tage erübrigt sich – keine Investitionen notwendig – de facto Ausstieg aus der bodenbezogenen Gärrestentsorgung
- + aufgrund der geringeren Menge an N – Verbindungen im rückgeführten PEGA – Schlamm sinkt die N – Belastung im Fermenter um $\sim 45 \text{ kg/d}$ (stärkt die CH₄ – Bildung)

Dafür aber:

- Zur Kläranlage müssen $59 \text{ m}^3/\text{d}$ behandeltes Wasser abgeleitet werden (Gebühren)
- im Schnitt fallen $6 \text{ m}^3/\text{d}$ Feststoff aus der Separation an (Kosten der thermischen Behandlung/ Abfuhr)

Damit ergibt sich auf das Jahr gesehen folgende Umweltbilanz:

- $7.300 \text{ m}^3/\text{a}$ Substrat zum Fermenter – geldwerter Vorteil
- + $255.500 \text{ m}^3/\text{a CH}_4$ zur Gasaufbereitung bzw.
- + 970.900 kWh/a in einem BHKW mit $\eta = 38 \%$ elektrisch
- $31.025 \text{ m}^3/\text{a}$ Gärrest – Ausstieg aus der landwirtschaftlichen Verwertung
- 15.425 kg/a TN – Belastung in den Fermenter – Weniger NH₃ bedeutet Stärkung der Methangasbildung!
- keine Stickstoffverbindungen mehr auf den Acker; maximale Entlastung für Nitratbelastung von Grund- und Oberflächengewässer
- $250.000 \text{ kg/a CO}_2$ weniger aus Biogas, weil höhere CH₄ - Ausbeuten



171.550 kg/a N-Dünger
in die Landwirtschaft
Überschuss in Niedersachsen:
80.600.000 kg/a N-Dünger

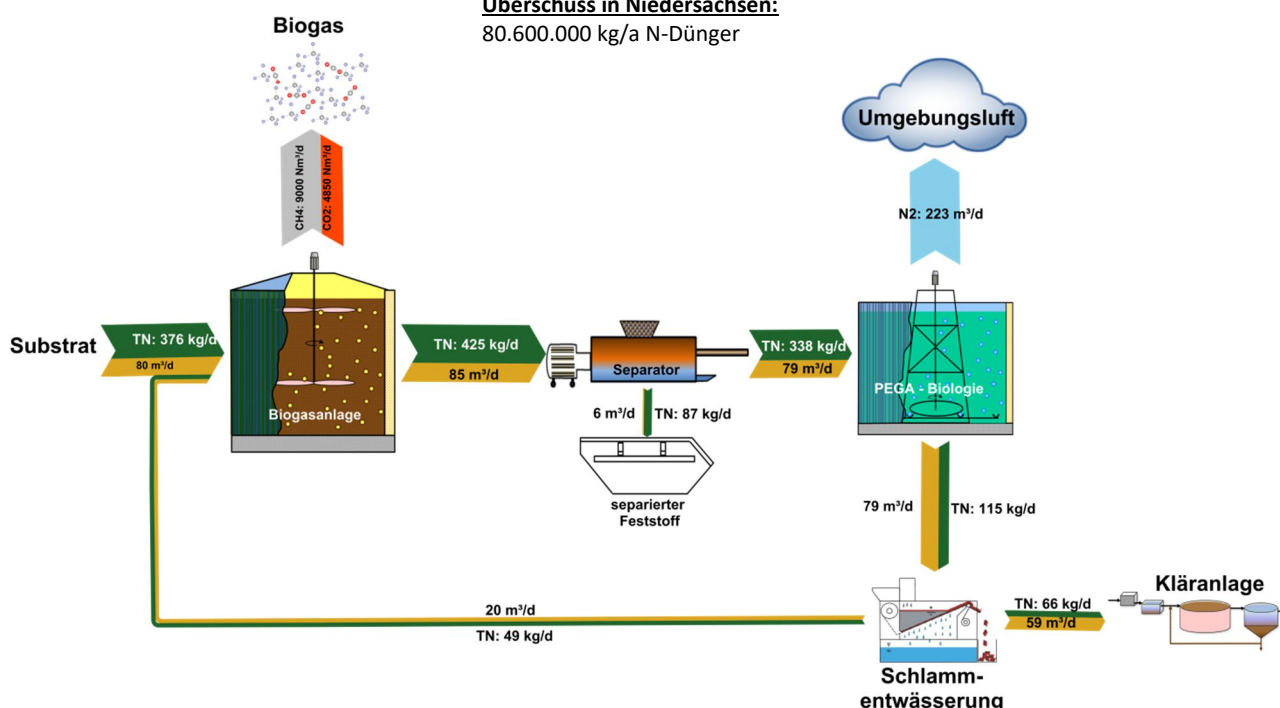


Abb. 3: Vergleich konventionellem Betrieb einer Biogasanlage mit dem einer PEGA integrierten Anlage – neben dem Ausstieg aus der Gärrestentsorgung entlastet das Verfahren die NO₃-N – Belastung der Grund – und Oberflächengewässer

In der vorstehenden Grafik wird der Weg von Ammonium und organisch gebundenen Stickstoff beschrieben. Bei dem Durchgang durch einen Fermenter reichern sich die Stickstoffbestandteile an, weil organische Masse in Biogas verwandelt wird. Normalerweise gelangt der Stickstoff dann auf den Acker als düngewirksames Substrat. Wegen der hohen Nitratbelastung einiger Regionen stellt aber die Umwandlung der separierten Flüssigphase in elementaren Stickstoff, Wasser und Asche mittlerweile die umweltschonendere Methode dar.

Das abgetrennte, nur noch schwach belastete Wasser gelangt in diesem Beispiel in eine kommunale/ industrielle Kläranlage. Dort verwandelt die klassische Biologie NH₄-N und NO₃-N ebenfalls in N₂ – Gas um (Nitrifikation/ Denitrifikation). In den Vorfluter gelangen dann nur noch geringste Mengen an Ammonium, Nitrit und Nitrat.

Stickstoffabbau in der PEGA - Anlage

Wegen der hohen N – Überschüsse durch die Landwirtschaft in einigen Regionen der Bundesrepublik kommt es dort zu hohen Nitratkonzentrationen in Grund- und Oberflächenwasser. In Niedersachsen sind das z.B. 85.000 t/a Gesamtstickstoff. Es handelt sich dabei also nicht mehr um ein Verteilungsproblem, sondern um einen Überschuss, der nicht nur auf den Schultern von Wasserwerken/ Verbrauchern ausgetragen werden sollte.

In den letzten Jahrzehnten haben Wissenschaftler den "klassischen" Weg der Nitrifikation/ Denitrifikation Alternativen gegenübergestellt, die hier kurz angerissen werden sollen:

- ANAMMOX – Verfahren: Anaerobe Ammoniumoxidation
- SHARON – Verfahren: Single reactor for high activity ammonia removal over nitrite
- DEAMMON – Verfahren der PURAC z.B. in Schweden auf der KA Himmerfjärden
- TERRA – N/D – Verfahren: Deammonifikation der Fa. SÜD – Chemie z.B. auf der KA Fulda – Gläserzell mit Tonkörpern als Festbett
- PNAA – Verfahren: Partielle Nitrifikation/ Anaerobe Ammoniumoxidation z.B. auf der ARA Zürich – Werdhölzli
- DEMON – Verfahren: Deammonifikation z.B. auf der KA Strass

Erst jüngst haben Wissenschaftler das Comammox Bakterium (complete ammonia oxidizers) aufgespürt, das den bisher symbiotischen zweistufigen Schritt der Ammoniumoxidation über Nitrit zu Nitrat als einstufigen Prozess darstellt. Der PEGA – Prozess vereinigt einige Aspekte der oben beschriebenen Varianten der N – Elimination. Andererseits zeigt die PEGA – Biologie Reaktionen, die den beschriebenen Verfahren widersprechen. Ob das mit den speziell entwickelten Additiven zusammenhängt, lässt sich momentan nicht beurteilen. Auf jeden Fall lässt sich die Reaktion an hoch belasteten $\text{NH}_4\text{-N}$ haltigen Wässern reproduzierbar anwenden (z.B. Fugate aus Kläranlagen, Biogasanlagen, Deponiesickerwässern, Industrieabwässern etc.).

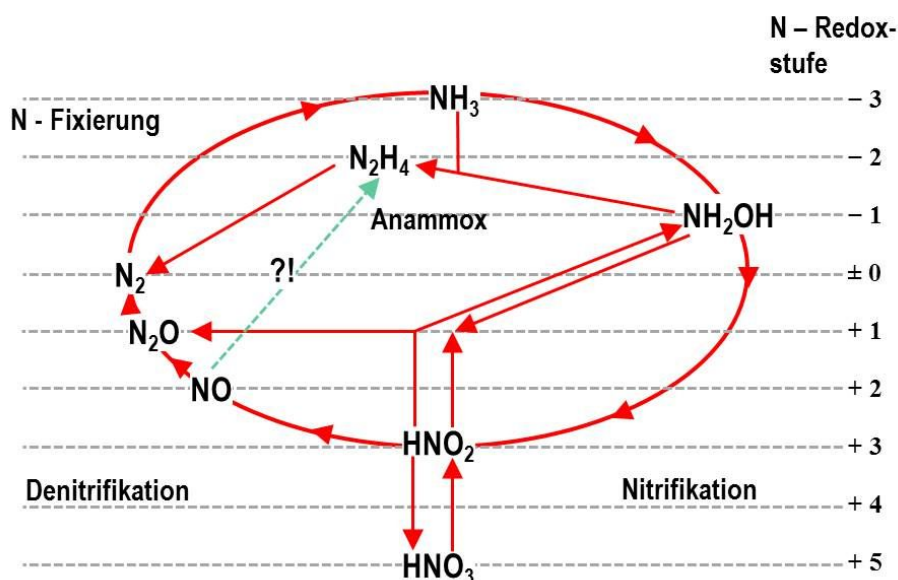


Abb. 4 Stickstoffkreislauf unter Einbeziehung neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse modifiziert nach Strous (zitiert in^[2])

^[2] Egli, K.R.: "On the use of anammox in treating ammonium-rich wastewater" Dissertation 2003 ETH Zürich (DISS. ETH NO. 14886)

Gärrestaufbereitung PEGA mit Repowering

In Biogas – Gülle sind je nach Herkunft/ Kombination der Einsatzstoffe unterschiedliche Gehalte an Stickstoff enthalten. Der prozentuelle Anteil von $\text{NH}_4\text{-N}$ am Gesamtstickstoff TN variiert aufgrund der organisch gebundenen Anteile im Substrat. Die nachfolgende Tabelle 1 gibt einen Überblick der Stickstoffgehalte in organisch - mineralisch enthaltenen Dünger.

org. - mineral. Dünger	TS	pH	N_{ges}	$\text{NH}_4\text{-N}$	P_2O_5	K_2O	MgO	CaO	S
	[% FM]	[-]	[kg/t FM]						
Gülle (n = 53)	9,1	7,4	4,2	1,8	1,7	4,0	1,0	2,0	0,4
	(6,5 - 9,1)	(6,9 - 7,4)	(1,1 - 6,5)	(0,3 - 4,3)	(0,1 - 6,1)	(1,4 - 7,0)	(0,2 - 2,5)	(0,6 - 6,8)	(0,1 - 0,8)
NaWaRo (n = 173)	7,1	8,3	4,6	2,7	1,7	4,8	0,8	2,0	0,3
	(7,9 - 8,6)	(7,9 - 8,6)	(1,3 - 8,5)	(0,7 - 5,5)	(0,4 - 5,3)	(1,0 - 12,0)	(0,1 - 4,4)	(0,6 - 5,8)	(0,1 - 0,7)
BioAbf (n = 25)	6,3	8,2	4,5	2,7	1,8	4,2	0,6	2,0	0,3
	(4,1 - 7,7)	(7,9 - 8,7)	(2,1 - 10,6)	(1,5 - 6,6)	(0,7 - 4,0)	(1,2 - 7,0)	(0,1 - 1,5)	(0,6 - 4,5)	(0,1 - 0,7)

Tabelle 1: Zusammensetzung der wertgebenden Stoffe in organische – mineralische Dünger unterschiedlicher Herkunft^[3] (TOC-Gehalte: ϕ 377,2 kg/t TR; Max. = 516,1 kg/t TR; Min. = 222,2 kg/t TR (eigene Messungen))

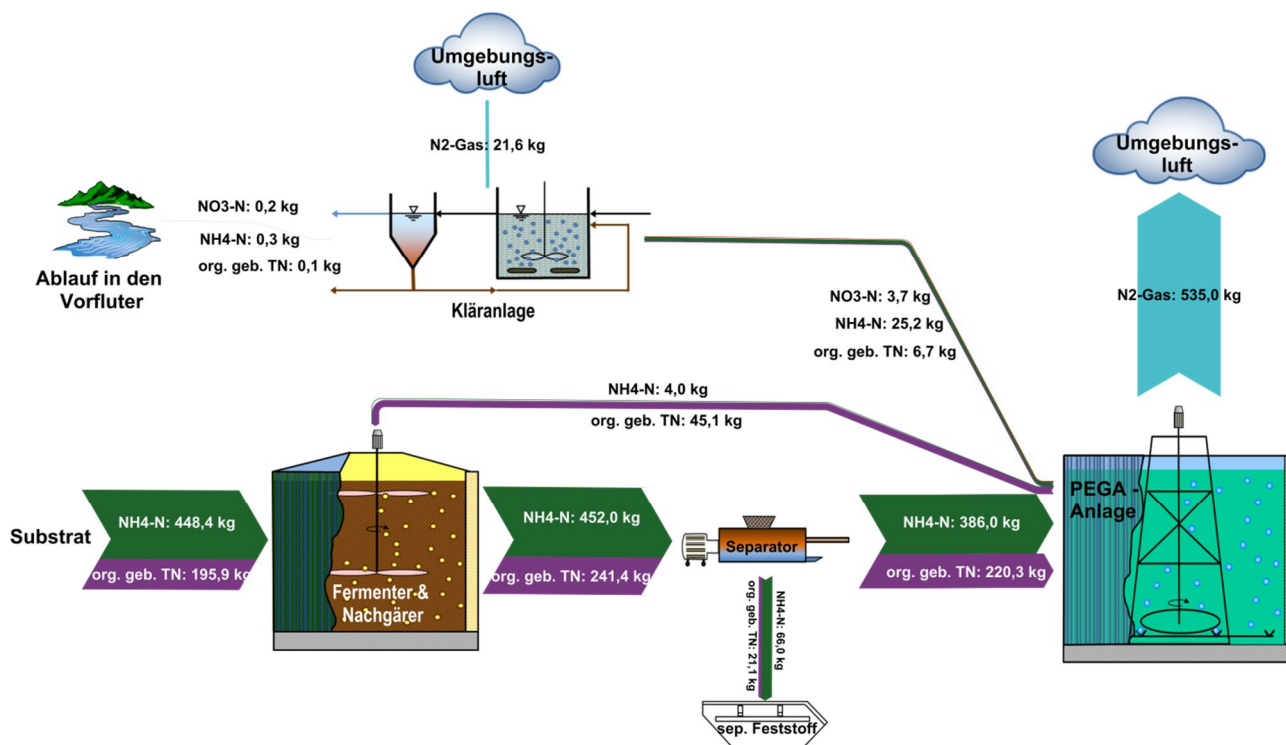


Abb. 5: Abbauwege von Gesamtstickstoff (TN) und Ammonium ($\text{NH}_4\text{-N}$) in einer Biogasanlage mit dem PEGA - Verfahren und indirekten Einleitung in eine kommunale/ industrielle Kläranlage (eigene Messungen)

^[3] Schneider-Götz, N.; Effiziente und ökologische Verwertung von Gärreststoffen, Landwirtschaftliches Technologiezentrum (LTZ) Augustenberg, Außenstelle Forchheim, Kutschenweg 20, 76287 Rheinstetten

http://www.tll.de/ainfo/pdf/epfl/epf08_08.pdf

Der Weg des Stickstoffs durch eine Biogasanlage bleibt bei der Passage durch die Anaerobstufe von Fermentern/ Nachgärer in der Fracht nahezu unverändert. Ein erster Verlust ergibt sich durch den abgetrennten Feststoff per Separator.

In der PEGA – Biologie wandelt sich der organisch gebundene Stickstoff und der ohnehin vorhandene $\text{NH}_4\text{-N}$ – Gehalt hauptsächlich in elementaren Stickstoff um. Der N_2 entweicht als klimaneutrales Gas den Bilanzraum (Hauptbeitrag der Stickstoffentfernung). Kleinere Mengen hauptsächlich an organisch gebundenen Stickstoff gelangt über die Schlammrückführung wieder in den anaeroben Teil der Biogasanlage.

Mit dem Hauptwasserstrom gelangen dann geringe Mengen an $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ und organisch gebundener Stickstoff in die kommunale/ industrielle Kläranlage. Auf klassischem Wege der Nitrifikation/ Denitrifikation gelangt wiederum ein Hauptteil der zugeführten Stickstoffverbindungen in die Luft als N_2 – Gas. Das Resultat einer modernen Kläranlage ist eine weitergehende Stickstoffentfernung mit geringster Vorfluterbelastung als Direkteinleiter. Grund- und Oberflächengewässer bleiben unbelastet; das Thema P_{ges} – Eintrag/ Belastung ist keins, da die Entfernung des Phosphors nicht über den Wasserpfad verläuft, sondern fast vollständig im Feststoff des Separators bzw. im PEGA – Schlamm verbleibt.

Zusammenfassung

Das PEGA – Verfahren stellt eine Alternative zur bodenbezogenen landwirtschaftlichen Verwertung von Gärresten dar. Dabei richtet sich der Fokus auf die nahezu vollständige, klimaneutrale Stickstoffentfernung aus dem Fugat einer mechanischen Separation. Das Fugat verliert dabei seine Eigenschaft als Dünger und kann nach Genehmigung durch die Behörde verregnet, versickert oder in eine Kläranlage zur endgültigen Einleitung in einen Vorfluter gelangen. Die Ausschleusung von Gärresten ist damit ohne zeitliche Limitierung ganzjährig möglich.

Vorteile in der Übersicht:

- Ganzjährige "Entsorgung" von Gärresten ohne zeitliche Einschränkungen – kein Zubau von Gärrestlagern für 270 Tage Kapazität – Ausstieg aus der bodenbezogenen Gärrestverwertung
- Steigerung der Gasausbeute und –qualität durch Anhebung der Methangehalte im Rohgas durch Rückführung von kohlenstoffreichen Schlamm aus der PEGA – Biologie
- Verminderung des Substrat – Einkauf durch den PEGA – Schlamm. Mit weniger Inputmaterial höhere Rohgaserträge und per se kleinere Gärrestmengen
- Keine Vermarktung von selbst erzeugten, konzentrierten Düngern wie MAP, ASL, Pellets etc.
- Abkopplung von der sicherlich steigenden Kosten der landwirtschaftlichen Gärrestverwertung, keine Betriebsunterbrechungen durch zu geringe Lagerkapazität für die Gärreste

Die Kosten des Verfahrens liegen für die Additive/ Verbrauchsmaterialien je nach Belastung bei 4,00 €/m³ bis 7,50 €/m³ Gärrest. Die Investitionen der PEGA – Anlage bewegen sich weit unter denen eines Zubaus auf ein Lagervolumen von 270 Tagen. Zusätzliche Einnahmen genießen die höheren Rohgasmengen/ Steigerung der CH_4 – Qualität und der um etwa 20 – 25 % geringere Zukauf von Substraten.

Für die Auslegung einer Vollanlage stehen folgende Schritte zur Verfügung:

- Durchführung eines Abbautests nach dem PEGA – Verfahren in einer 60 L – Laboranlage. Neben der Bestimmung der zu erreichenden Abbaugrade in einem 6-wöchigen Versuch lassen sich die Dimensionierung der Vollanlage und die groben Kosten für die Anlage voraussagen
- Stellung einer kleinen Containeranlage mit Fernsteuerung mit 2 Reaktoren zu je 1,2 m³ Reaktionsvolumen für den Zeitraum von 6 Monaten. Dabei erfasst der Versuch die täglichen Schwankungen in der Zusammensetzung der Substrate und stellt die PEGA – Biologie darauf ab.
- Bau einer Großanlage mit vorhandenen Behältern oder neu errichteten Behältern aus einer Genehmigung/ Planung der Anlage.