

Technische Empfehlungen für die Gärrestaufbereitung



www.biogas-forum-bayern.de/bif31

Biogas Forum Bayern, Verfasser:

M. Effenberger
T. Nitzl

H. Möhrle
V. Kaiser

T. Krodel

M. Maciejczyk

T. Westermaier

K. Koch

Bayerische
Landesanstalt
für Landwirtschaft

Bayerisches
Landesamt
für Umwelt

Regierung von
Oberfranken

Fachverband
Biogas

Regierung von
Oberbayern
(Gewerbeaufsichtsamt)

TUM

Foren der ALB Bayern e.V.

ALB-Arbeitsblätter, ALB-Beratungsblätter, ALB-Infobriefe, ALB-Leitfäden und Fachinformationen werden in den Foren der Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und Landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V. erarbeitet.

Die Foren, denen Fachleute der jeweiligen Sachgebiete angehören, sind Expertenausschüsse zum Informationsaustausch und zur Wissensvermittlung in die landwirtschaftliche Praxis.

- ▶ Bau Forum Bayern (BaF),
Leitung: Jochen Simon, LfL-ILT
- ▶ Bewässerungsforum Bayern (BeF),
Leitung: Dr. Martin Müller, ALB
- ▶ Biogas Forum Bayern (BiF),
Leitung: Dr. Martin Müller, ALB
- ▶ Landtechnik Forum Bayern (LaF),
Leitung: Dr. Markus Demmel, LfL-ILT

Förderer



Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten



Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft



Ämter für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

Impressum

Herausgeber Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und Landwirtschaftliches Bauwesen in Bayern e.V.
 (ALB), Vöttinger Straße 36, 85354 Freising
 Telefon: 08161 / 887-0078
 Telefax: 08161 / 887-3957
 E-Mail: info@alb-bayern.de
 Internet: www.alb-bayern.de

2. Auflage Mai 2022
© ALB Alle Rechte vorbehalten
Titelfoto: Theresa Nitzl, LfL

Inhaltsverzeichnis

Seite

1.	Einleitung	4
2.	Verfahren der Gärrestaufbereitung	5
2.1	Mechanische Feststoffseparation	6
2.1.1	Pressschneckenseparator	6
2.1.2	Dekanter	6
2.2	Eindickung des Gärrests	7
2.3	Trocknung der separierten Feststofffraktion	7
2.4	Trocknung des Gärrests als Ganzes	7
2.5	Vakuumverdampfung	8
2.6	Kompostierung	9
2.7	Pelletierung	9
2.8	Membranverfahren	9
2.9	Strippung	10
2.10	Fällung	10
2.11	Biologische Behandlung	10
3.	Ammoniakrückhaltung	11
4.	Anforderungen zur Emissionsminderung nach dem Stand der Technik an Bau und Betrieb von Gärresttrocknungsanlagen	12
5.	Wasserwirtschaftliche Anforderungen an Anlagen zur Gärrestaufbereitung	13
6.	Arbeitssicherheit und Brandschutz	14
6.1	Explosionsschutz	15
6.2	Gesundheitsgefahren	15
6.3	Brandschutz	16
7.	Regelungen des EEG	16
8.	Quellen	17

1. Einleitung

Die Wärmenutzung zur Gärrest- / Gärprodukt-aufbereitung zum Zweck der Düngemittelherstellung berechtigt nach EEG 2009 bzw. 2012 zum Bezug des KWK- bzw. Wärmenutzungs-Bonus. Je nach Verfahren können durch eine Aufbereitung die Transportmengen und das Lagervolumen des Gärrestes deutlich reduziert sowie die Nährstoffgehalte der Produkte aus der Aufbereitung innerhalb gewisser Grenzen verändert werden. Folgende Gegebenheiten können also für eine Aufbereitung des Gärrestes sprechen:

- ▶ Es sind große Transportdistanzen mit entsprechendem Energieaufwand zu überwinden. Dies kann vor allem bei Anlagen der Fall sein, die Reststoffe vergären (z.B. Bioabfall) oder in Gebieten mit Nährstoffüberschüssen betrieben werden.
- ▶ Durch die Gärrestaufbereitung können zusätzliche Vermarktungsstrategien aufgebaut werden.

- ▶ Es können vor Ort keine ausreichenden Lagerkapazitäten zur Verfügung gestellt werden.
- ▶ Es sind keine wirtschaftlichen Alternativen zur Abwärmenutzung vorhanden.

Innerhalb von Betrieben mit NaWaRo-Biogasanlage oder Hofbiogasanlage ist die Entscheidung für oder wider eine Gärrestaufbereitung genau abzuwägen. Eine Gärrestaufbereitung ist stets so zu gestalten, dass nicht nur die Anforderungen des EEG an den Klimaschutz, sondern auch Vorgaben für den Umweltschutz und die Arbeitssicherheit (FvB 2022 – Sicherer Betrieb von Trocknungsanlagen) erfüllt sind. Auf den aktuellen Stand der Technik ist dabei besonders zu achten. In der vorliegenden Fachinformation werden einige Verfahren zur Gärrestaufbereitung genauer dargestellt, allerdings ohne Gewähr auf Vollständigkeit. Genaueres muss mit den zuständigen Behörden abgestimmt werden.

2. Verfahren der Gärrestaufbereitung

Die Trocknung dient der Stabilisierung und Massenreduktion des Gärrestes. Da die thermische Trocknung sehr energieintensiv ist, wird meist eine mechanische Entwässerung (Separierung) vorgeschaltet. Der Gärrest kann jedoch auch als Gesamtes direkt der Trocknung zugeführt wer-

den. Neben der Feststoffseparation und der Trocknung bzw. Eindampfung existieren weitere Verfahren zur Feststoffentnahme und zur Behandlung der Feststoffe und der Flüssigphase (vgl. Abbildung 1).

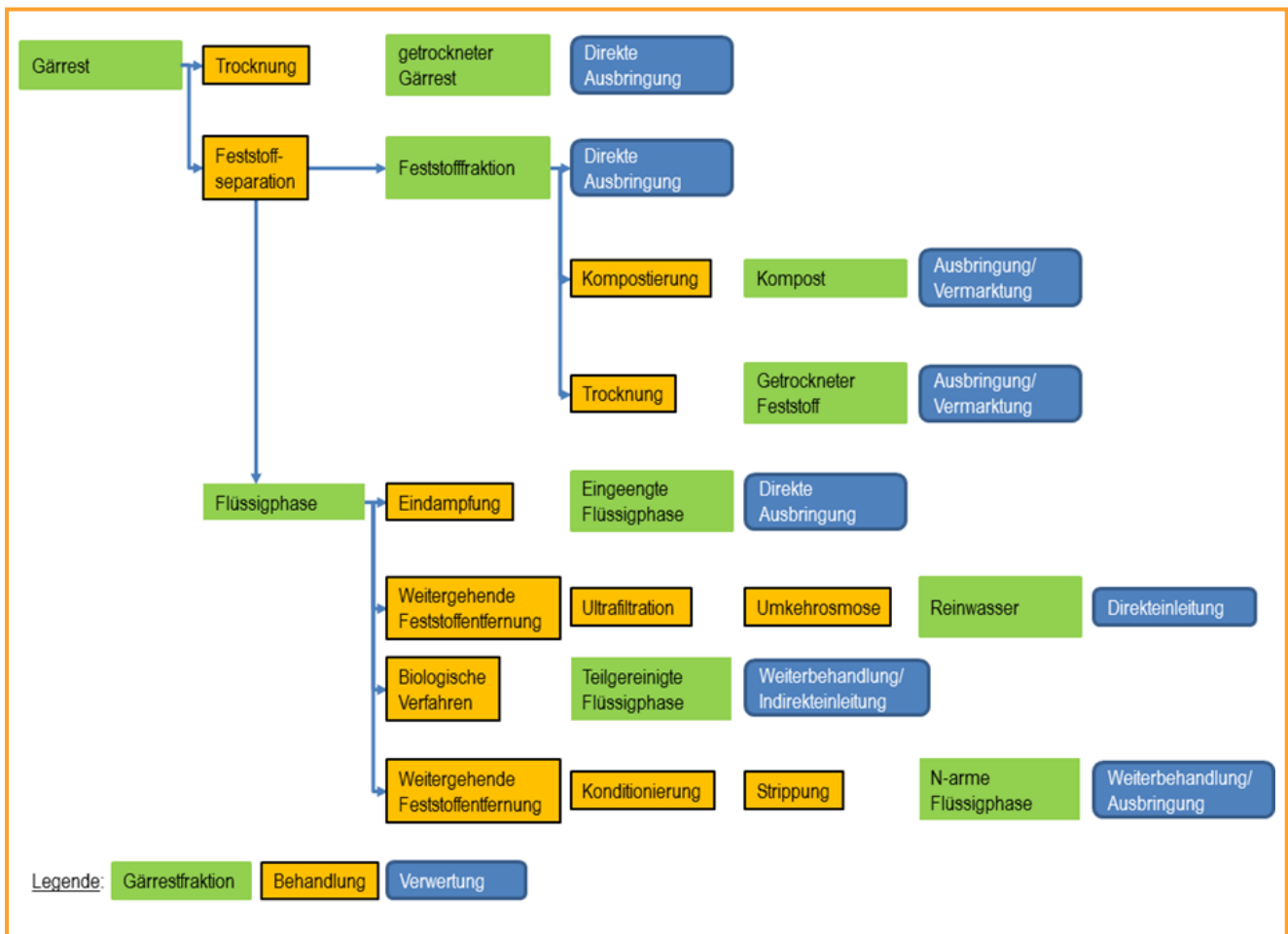


Abb. 1: Übersicht über Verfahren zur Gärrestaufbereitung (verändert nach Fuchs 2010)

2.1 Mechanische Feststoffseparation

2.1.1 Pressschneckenseparator

Standardverfahren für die mechanische Feststoffabtrennung im landwirtschaftlichen Bereich ist der Pressschneckenseparator („Schneckenpresse“). Der Feststoffabscheidegrad kann hier durch die Wahl der Maschenweite des Siebkorbens variiert werden. Die flüssige Phase (Filtrat) aus diesem Prozess enthält stets kleinere Parti-

kel (< 0,5 - 1 mm Durchmesser), so dass deren Feststoffanteil mindestens 3 – 4 % beträgt. Der TS-Gehalt der Feststofffraktion liegt im Bereich von 20 bis 30 %. Die tatsächliche Abscheideleistung der Pressschnecke ist stark abhängig von den Eigenschaften des Gärrestes (vgl. Tabelle 2).

Tab 1: Typische Abscheidegrade im Feststoff aus Pressschneckenseparatoren (nach KTBL 2007)

	TS	C	NH ₄ ⁺ -N	N _{ges}	P ₂ O ₅	K ₂ O
Abscheidegrad in %	20 - 55	22 - 52	3 - 11	8 - 25	8 - 28	6 - 13

Tab 2: Exemplarische Zusammensetzung der Fraktionen aus der Feststoffseparation von Gärresten mit Pressschnecke (eigene Daten)

Einsatzstoffe*		TS (%)	oTS (%)	NH ₄ ⁺ -N (g kg ⁻¹)	N _{ges} (% TS)	P ₂ O ₅ (% TS)	K ₂ O (% TS)
Kleegrassilage, Rindermist, Geflügelmist, Maissilage	fest	31,7	25,5	3,4	-	1,2	3,2
	flüssig	10,6	6,5	5,0		1,7	10,4
Maissilage, Hähnchenmist	fest	25,1	22,4	4,1	7,5	5,2	6,1
	flüssig	6,7	4,3	5,5	8,1	4,2	8,2
Maissilage, GPS (Grünroggen / Sudangras), Rasenschnitt	fest	24,6	22,8	2,2	5,1	1,9	6,4
	flüssig	6,8	5,0	2,5	6,0	1,7	7,4

* Haupteinsatzstoffe in der Biogasanlage (> 5 % Massenanteil) in der Reihenfolge abnehmender Massenanteile

2.1.2 Dekanter

Beim Einsatz eines Dekanters haben die Trommeldrehzahl, die Differenzdrehzahl der innenliegenden Schnecke, die Höhe des Überlaufwehres und der Materialdurchsatz einen Einfluss auf den Abtrenngrad (Fuchs und Drosig 2010). Einstufige Dekanter erzielen eine Massenabtren-

nung um 15 %, mehrstufige bis zu 30 % (Möbius 2017). Allerdings sind die Abtrenngrade auch bei einem Dekanter von den Eigenschaften des Gärrestes abhängig. Durch den Einsatz von Flockungsmitteln können die Abtrenngrade grundsätzlich angehoben werden (siehe Kapitel 2.8).

2.2. Eindickung des Gärrests

Durch Eindickung kann im Gärrest ein TS-Gehalt von maximal 12 % erzielt werden. Hierfür wird der nicht separierte Gärrest in dünnen Schichten durch einen Luftstrom geführt, der vom BHKW-Kühlwasserkreislauf erwärmt wird. Zur Aufnahme des Gärrest dienen beispielsweise Schaufelräder (System „Mississippi“, AgroEnergien, Varel; Romberger Maschinenfabrik GmbH, Anzenkirchen; Fliegl Agrartechnik GmbH, Mühlendorf a. Inn) oder rotierende Lamellenplatten (System „Cascata“, Dorset Agrar- und Umwelttechnik GmbH, Radensleben). Daneben sind auch Trocknersysteme mit komplett geschlosse-

nen Trockenkammern verfügbar (System Regenis GT), die andere Eigenschaften aufweisen. Eine höhere Temperatur der Warmluft kann durch Nutzung der BHKW-Abgase erzielt werden. Die Abluft aus der Eindickungsanlage ist unbedingt einer Reinigung zu unterziehen, um das Ammoniak zurückzuhalten (siehe Kap. 3). Bei diesem Verfahren ist generell zu bedenken, dass der eingedickte Gärrest bei der Ausbringung wesentlich schwieriger zu handhaben ist. Ziel des Verfahrens ist es lediglich den Gärrest einzudicken und nicht wie bei einer Trocknung vollständig zu trocknen.

2.3 Trocknung der separierten Feststofffraktion

Die Trocknung von separiertem Feststoff ist eine alternative zur Trocknung des gesamten Gärrests und dient weniger der Verringerung des Massestroms des Gärrests als vielmehr der verbesserten Vermarktbarkeit. Durch die mechanische Entwässerung des Gärrests kann der thermische Energiebedarf für die Trocknung der festen Fraktion verringert werden. Gärresttrockner sind als Bandtrockner, Trommeltrockner, Schubwendetrockner, Rührwerkstrockner und Wirbelschichttrockner verfügbar. Die Trocknung erfolgt nach dem Prinzip der Konvektion durch Übertragung von Wärmeenergie auf das Trockengut. Dies kann durch Warmluft (Abwärme BHKW durch Wärmetauscher = indirekte Trocknung) oder durch die direkte Nutzung der BHKW-Abgase (= direkte Trocknung) erfolgen. Bei der Kontakt Trocknung erfolgt die Wärmeübertragung über beheizte Flächen (vgl. Vaku-

umverdampfung, Kap. 2.5). Der hohe Energiebedarf für die thermische Trocknung resultiert hauptsächlich aus der Verdampfungswärme von Wasser. Der spezifische Wärmebedarf liegt je nach Trocknungsverfahren und Temperaturniveau im Bereich von 0,8 bis 1,1 kWh je kg verdampftes Wasser.

Ein alternatives Verfahren ist die solare Trocknung, für die das Trockengut in Gewächshaus ähnlichen Leichtbauhallen auf dem Boden verteilt und durch schienengebundene Schubwender oder selbstfahrende Roboter durchmischt/gewendet wird. Eine effektive Trocknung ausschließlich mit Solarenergie kann in unseren Breitengraden nur in den Sommermonaten erzielt werden. Zusätzliche Wärmeenergie (aus dem BHKW) kann über eine Fußbodenheizung oder Luftwärmetauscher eingetragen werden.

2.4 Trocknung des Gärrests als Ganzes

Mit dem Rückmischverfahren können Gärreste ab einem TS-Gehalt von 6 % als Ganzes ohne vorgeschaltete Feststoffseparation auf einen TS-Gehalt von bis zu 90 % getrocknet werden. Hierbei wird der unbehandelte Gärrest vor der Einbringung in den Trockner mit bereits getrocknetem Feststoff vermischt. Im Vergleich zu ge-

trockneten Feststoffen aus der Separation wird hierdurch ein getrockneter Gärrest mit deutlich höherer Nährstoffkonzentration und Schüttdichte erzeugt. Außerdem können Konzentrationspitzen bei der Abluftwäsche vermieden werden. Der getrocknete Gärrest kann anschließend auch pelletiert werden.

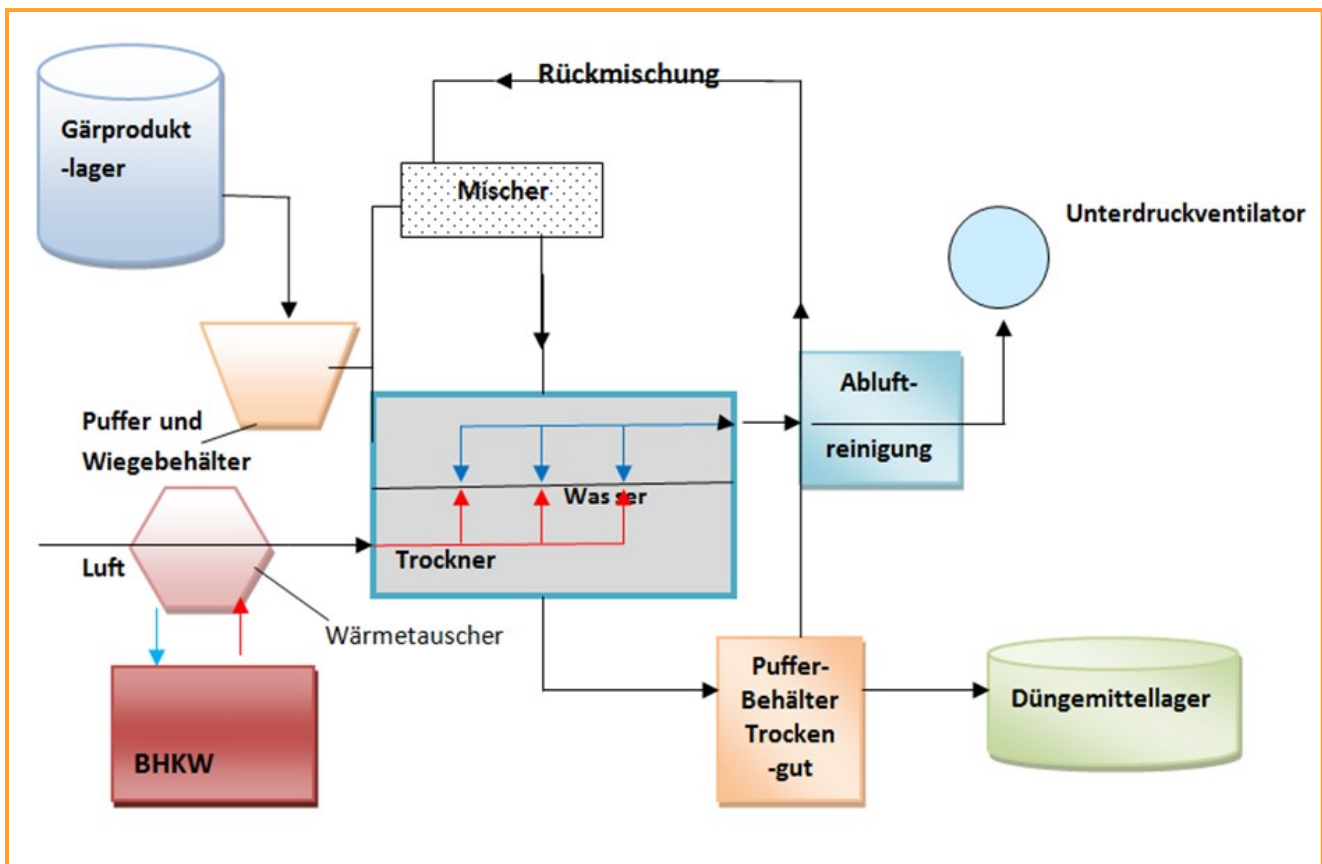


Abb. 2: Verfahrensschema „Rückmischung“ (Quelle: Fa. DORSET Agrar- und Umwelttechnik GmbH, Radensleben)

2.5 Vakuumverdampfung

Für die indirekte Trocknung durch Vakuumverdampfung wird der Gärrest (TS-Gehalt ca. 6 – 10 %) zunächst separiert. Die flüssige Phase mit einem TS-Gehalt von ca. 5 % und einer Partikelgröße von ca. 0,2 – 0,5 mm wird in den Vakuumverdampfer gezogen und dort bei einer Temperatur von 50 - 60 °C und einem Unterdruck von ca. 130 - 200 mbar in zwei Stoffströme geteilt: Dampf und Konzentrat. Dieser kontinuierliche Trennprozess wird als Destillation mittels Vakuumverdampfung bezeichnet. Der Verdampfer wird mit Heißwasser vom BHKW (ca. 80 °C Vorlauf) gespeist. Der Innenraum des Verdampfers ist über eine externe Station evakuiert, um den Siedepunkt im Stoffgemisch abzusenken und den Wirkungsgrad der Verdampfung in der Praxis bis auf das 2,5-fache zu erhöhen. Der TS-Gehalt des faserfreien Konzentrats ist einstellbar (je nach Wärmezufuhr), so dass dieses den Verdampfer pumpfähig verlässt (joghurtartige Konsistenz).

Der Dampf wird durch einen Brüdenwäscher geleitet, wo technisch reine Schwefelsäure zugeführt wird, um das im Dampf enthaltene Ammoniak auszuwaschen. Die dadurch im Wäscher gebildete Ammoniumsulfatlösung (ASL = handelbarer mineralischer N-Dünger) wird getrennt vom Gärrest-Konzentrat aus dem Verdampfer sequenziell abgepumpt und im Flüssigdüngerlager an der Biogasanlage gelagert. Sie darf nicht ins Gärrestlager zurückgeführt werden, da über die Zeitachse die Gefahr der biologischen H₂S Bildung besteht. Das Destillat (Wasser) wird in Sequenzen aus der Anlage gepumpt. Die Kondensationswärme wird kaskadenförmig zur Fermenterheizung, in Wärmenetzen, zur Trocknung des Gärrestes (Mengenreduktion bis 2/3 der Ausgangsmasse des Gärrestes), etc. genutzt oder muss über externe Wasser-Luft-Kühler oder einem Verdunstungskühler abgeführt werden. Der gesamte Verdampfer-Prozess wird von einer SPS-Steuerung anhand einer Reihe von

Messwerten überwacht.

Das abgepumpte Destillat (Wasser) wird anschließend durch einen Aktivkohlefilter geleitet, in dem Reste an enthaltener Organik durch aeroben Abbau reduziert werden, und anschließend je nach Bedarf in einem Pufferbehälter zur internen Anlagennutzung zwischengespeichert und von dort kontinuierlich abgepumpt. Je nach Anlagenvariante und örtlichen Gegebenheiten besteht die Möglichkeit der Einleitung in ein Fließgewässer oder die Abgabe an die Umgebungsluft mit einem Verdunstungskühler/Zerstäuber.

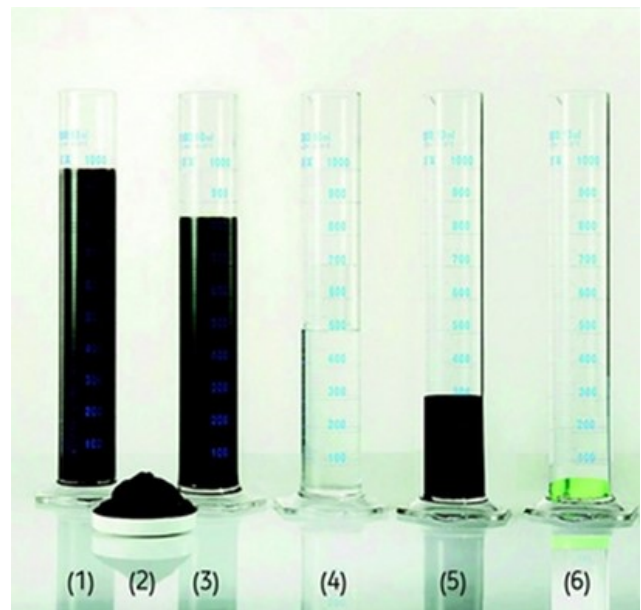


Abb. 3: Produkte der Vakuumverdampfung von Gärresten: (1) Gärrest aus dem Fermenter (2) Feste Phase durch Separation (3) Flüssige Phase nach Separation (4) Kondensat (H₂O) (5) Faserfreie Dickphase (6) Ammoniumsulfatlösung (ASL) – mineralische N-Dünger (Quelle: Fa. Biogastechnik Süd)

2.6 Kompostierung

Nach der Separation kann der feste Gärrest auch kompostiert werden. Dabei findet ein biologischer Ab- und Umbau hin zu stabilen organischen Verbindungen statt. Der dabei entstehenden

de Kompost kann als Bodenverbesserungs- und Düngemittel verwendet werden (Fuchs und Drosig 2010).

2.7 Pelletierung

Nach der Trocknung kann der Gärrest pelletiert werden, wofür allerdings ein TS-Gehalt von 85 - 90 % erforderlich ist. Bei der Pelletierung wird der getrocknete Gärrest durch Matrizen ge-

presst. Hierdurch entstehen hohe Temperaturen, welche die Oberfläche der Pellets verschmelzen lässt (Fechter 2019).

2.8 Membranverfahren

Beim Membranverfahren handelt es sich um ein physikalisches Verfahren, bei dem Stoffe aufgetrennt werden. Es findet eine Kombination von Filtrationsverfahren mit abnehmender Porengröße Anwendung. Diese sind die Mikro-, Ultra-, Nanofiltration und die Umkehrosmose. Dabei wird die flüssige Phase in eine aufkonzentrierte Phase und gereinigtes Wasser getrennt. Der

Einsatz von Flockungsmitteln bei der Separation ist oftmals nötig, um eine nahezu partikelfreie Flüssigphase zu generieren, da die Membranen sehr feststoffempfindlich sind (Fuchs und Drosig 2010). Die Einbringung der auf Polyacrylaten basierenden Flockungshilfsmittel (Mikroplastik) in die Böden ist allerdings kritisch zu hinterfragen.

2.9 Strippung

Bei der Strippung werden molekular gelöste Inhaltsstoffe aus der Flüssigkeit in die Gasphase überführt. Durch eine Temperaturerhöhung wird das Ammonium-Ammoniak-Dissoziationsgleichgewicht in Richtung des Ammoniaks verschoben, was zusätzlich durch eine vorhergehende Anhebung des pH-Werts unterstützt

wird. Es kann zwischen Luftstrippung und Dampfstrippung unterschieden werden, wobei die Luftstrippung einen geringeren Energiebedarf hat, jedoch einen höheren Laugeneinsatz benötigt (Fuchs und Drosig 2010; Fachverband Biogas e.V. 2019).

2.10 Fällung

Durch Fällung kann Magnesium-Ammonium-Phosphat (MAP) aus der Flüssigphase entfernt werden. Zuvor müssen allerdings alle Feststoffe aus der flüssigen Phase abgetrennt worden sein. Um das Löslichkeitsgleichgewicht von Phosphat zu verschieben, wird der pH-Wert an-

gehoben. Durch Zusatzstoffe und die Auswahl der Lauge wird die Zusammensetzung der Phosphatsalze beeinflusst. Das ausgefallene Salz kann anschließend abfiltriert werden (Fachverband Biogas e.V. 2019; Fuchs und Drosig 2010).

2.11 Biologische Behandlung

Die Flüssigphase kann alternativ auch mittels bekannter Verfahren aus der Abwasserreinigung behandelt werden. Dabei ist zu beachten, dass dabei i.d.R. nur eine Reduktion der gewünschten Inhaltsstoffe (z.B. Stickstoff) erzielt wird, für eine Einleitung des behandelten Wassers in entsprechende Vorfluter aber sämtliche Grenzwerte (auch bezüglich der organischen Belastung und der Phosphorkonzentration) einzuhalten sind. Insbesondere bei kleinen und damit sensiblen Gewässern sind die Vorgaben der maßgeblichen Behörden normalerweise derart streng, dass eine so weitestgehende Behandlung ökonomisch nicht sinnvoll ist.

Bei der Behandlung der Flüssigphase ist sicherlich in erster Linie die Reduktion der Stickstofffracht von Interesse. Dafür stehen zwei etablierte Verfahren zur Verfügung. Das traditionelle Verfahren ist eine Kombination aus Nitrifikation und Denitrifikation. Dazu wird das vorhandene Ammonium zunächst mittels zugeführten Sauerstoff über Nitrit zu Nitrat aufoxidiert (Nitrifikation). Dazu ist es nötig, dass die Flüssigkeit entsprechend belüftet wird, wobei der Energiebedarf dafür nicht zu unterschätzen ist,

da pro kg N etwa 2,8 kWh an Belüftungsenergie benötigt werden. Im Anschluss daran, wird das Nitrat dann unter Gabe einer externen Kohlenstoffquelle (z.B. Methanol) zu Luftstickstoff reduziert (Denitrifikation). Dafür werden 3 kg Methanol pro kg N benötigt. Insgesamt ist die Stickstoffelimination mittels Nitrifikation/Denitrifikation zwar sehr robust und vergleichsweise einfach realisierbar, aber auch mit erheblichen Kosten für Belüftung und Kohlenstoffquelle verbunden.

Eine Alternative dazu ist die sog. Deammonifikation, die sich in den letzten Jahren auch immer mehr in der Abwasserreinigung durchsetzt, da diese mit deutlich weniger Belüftungsenergie (1,0 kWh / kg N) auskommt und keine externe Kohlenstoffquelle benötigt. Dabei wird zunächst nur die Hälfte des Ammoniums und zwar lediglich zu Nitrit (sog. partielle Nitritation) aufoxidiert. In einem zweiten Schritt werden dann in einem autotrophen Prozess Ammonium und Nitrit zusammengeführt, wobei als Endprodukt ebenfalls Luftstickstoff entsteht. Die signifikante Energieeinsparung gegenüber der Kombination aus Nitrifikation und Denitrifikation wird dabei

durch einen deutlich instabileren Prozess erkaufte, der eine gute Überwachung und Regelung des Betriebes erfordert.

Eine Elimination der organischen Fracht (gemessen als chemischer Sauerstoffbedarf, CSB) kann durch das sogenannte Belebtschlammverfahren erreicht werden. Dabei mineralisieren Mikroorganismen unter Zuhilfenahme von Sauerstoff die organischen Verbindungen in der flüssigen Phase, weshalb ebenfalls eine energieintensive Belüftung nötig ist; dies kann sinnvollerweise in Kombination mit Nitrifikation bzw. Nitritation erfolgen.

3. Ammoniakrückhaltung

Der Ammoniakrückhaltung kommt bei allen beschriebenen Verfahren der Gärresttrocknung besondere Bedeutung zu. Über 50 % des Stickstoffs liegen im Gärrest aus der Biogasanlage in ammoniakalischer Form vor und würden bei einer Eindickung oder Trocknung ohne Ammoniakrückhaltung zu ca. 80 % entweichen. Dies ist aus zwei Gründen ökologisch nicht vertretbar: Erstens muss der verringerte N-Düngerwert durch Mineraldünger ersetzt werden, welcher nicht nur Kosten, sondern auch eine erhebliche

Phosphor kann am einfachsten durch die Zugabe geeigneter Salze (in der Abwasserreinigung kommen häufig Eisen- und Aluminiumsalze zum Einsatz) und eine entsprechende Ausfällung der Phosphate erreicht werden.

Wenn die Prozesse nicht sorgfältig kontrolliert und gesteuert werden, kann bei der biologischen Behandlung extrem klimaschädliches Lachgas (N_2O ; CO_2 -Äquivalent: 297) in beträchtlichem Umfang freigesetzt werden.

Umweltbelastung bei der Herstellung verursacht. Zweitens ist ein solcher unnötiger Eintrag von Stickstoff in die Umwelt zu vermeiden, da er dem europaweiten Umweltziel (NEC-RL) entgegensteht, die flächendeckend hohen Stickstoffbelastungen zu vermindern.

Bei der Eindickung oder indirekten Trocknung kommt in der Regel eine saure Abluftwäsche zum Einsatz. Dabei durchströmt die Trocknungsluft einen schwefelsäurehaltigen Wasserstrom,

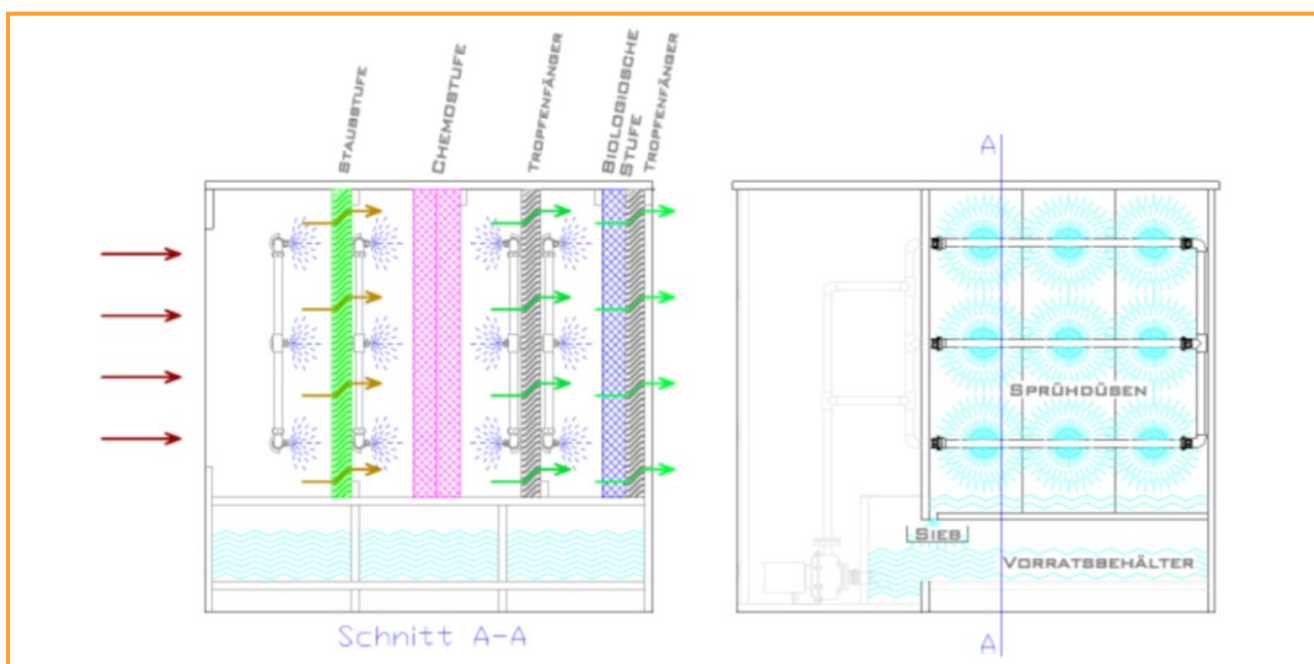


Abb. 4: Schnittzeichnung durch einen Abluftwäscher (Quelle: Fa. DORSET Agrar- u. Umwelttechnik GmbH)

der über Füllkörper rieselt (vgl. Abbildung 4). Das gasförmige Ammoniak in der Abluft verbindet sich mit der Schwefelsäure zu Ammoniumsulfat. Die erzeugte Ammoniumsulfatlösung (ASL) kann als mineralisches Düngemittel eingesetzt werden, wenn mindestens 5 % Ammoniumstickstoff und 6 % wasserlöslicher Schwefel enthalten sind (Kirsch 2018).

Um bei der sauren Abluftwäsche dauerhaft hohe Abscheidegrade zu erreichen, sind bestimmte Voraussetzungen zu erfüllen:

- ▶ Regelung der Schwefelsäurezufuhr in Abhängigkeit der zu trocknenden Gärrestmenge und des pH-Wertes in der Waschflüssigkeit, mit pH-Anzeige und Alarmfunktion bei Ausfall oder Unterschreitung der Mindestmenge
- ▶ Abschlammung des Pumpensumpfs in Abhängigkeit von der Leitfähigkeit der Waschflüssigkeit oder in festgelegten Zeitintervallen
- ▶ Regelmäßige Wartung der Anlage, insbesondere mit Reinigung der Füllkörper und des Tröpfchenabscheiders (Revisionsöffnungen vorsehen!); empfehlenswert ist ein Wartungsvertrag mit dem Lieferanten der Anlage
- ▶ Ausreichende Dimensionierung des Wäschersystems

- ▶ Einhaltung der definierten Kontaktzeiten und –flächen
- ▶ Kontinuierliche Aufzeichnung und Dokumentation relevanter Betriebsparameter (v.a. Säuredosierung, Gärrestdurchsatz, ...), z. B. in Form eines elektronischen Betriebstagebuchs

Die regelmäßige Wartung ist für die Funktionstüchtigkeit der Anlage unbedingt erforderlich. Ist die Waschflüssigkeit gesättigt oder sind die Füllkörper bzw. der Tröpfchenabscheider mit Salzablagerungen verkrustet, kann es zu hohen Austrägen von Ammoniumsulfat kommen. Der Zweck der Anlage ist somit nicht erfüllt. Das Abschlämmwasser kann in die Biogasanlage eingeleitet werden.

Bei der direkten Trocknung des Gärrestes kann die Rückhaltung von Ammoniak bereits am Anfang der Verdampfungsphase durch Zugabe von Schwefelsäure unterstützt werden. Dabei bilden sich Ammoniumsalze, die nahezu vollständig in der Festphase verbleiben. Bei diesem Verfahren ist das Trocknerabgas durch einen Gewebefilter zu reinigen und der ammoniumsulfathaltige Staub wieder den Gärresten zuzuführen. Nachteilig bei dieser Vorgehensweise ist das durch die Ansäuerung bedingte Austreiben von Schwefelwasserstoff aus dem Gärrest.

4. Anforderungen zur Emissionsminderung nach dem Stand der Technik an Bau und Betrieb von Gärresttrocknungsanlagen

Aus Gärresttrocknungsanlagen werden verschiedene luftverunreinigende Stoffe freigesetzt. Relevante Emissionen aus Gärresttrocknungsanlagen im Sinne der TA Luft (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, 2021) sind im Wesentlichen Ammoniak, Staub und Gerüche.

Durch die Berücksichtigung von Emissionsminderungsmaßnahmen nach dem Stand der Technik entsprechend den Ausführungen dieses Arbeitspapiers sind günstige Emissionsverhältnisse erreichbar, so dass schädliche Umwelteinwirkungen vermieden werden.

Für Abluftreinigungsanlagen (i. d. R. saure Wäschersysteme) in Verbindung mit der Eindickung

oder Trocknung von Gärresten aus Biogasanlagen sind folgende Anforderungen zur Emissionsbegrenzung (bezogen auf die Abluft im Normzustand) einzuhalten:

- ▶ Ammoniak: max. 10 mg m^{-3} und mindestens 90 % Emissionsminderungsgrad
- ▶ Geruch¹: max. $500 \text{ GE}^2 \text{ m}^{-3}$
- ▶ Gesamtstaub: max. 10 mg m^{-3}
- ▶ Organische Stoffe (Cges): max. 50 mg m^{-3} oder $0,50 \text{ kg h}^{-1}$

¹Gemäß TA Luft 2021 nur Emissionsbegrenzung für Abfallanlagen; ggf. kann im Einzelfall auch für NaWaRo-Anlagen eine Begrenzung bzw. ein Auflagenvorbehalt hierzu sinnvoll sein. ²Geruchseinheit: Geruchsstoffkonzentration als Verdünnungsverhältnis einer Geruchsprobe

Die Abluftreinigungsanlage muss eine Ammoniakrückhaltung von mindestens 90 % erzielen. Damit dieser Wert im Betrieb durchgängig erreicht wird, muss die Anlage ausreichend dimensioniert, individuell eingestellt und im Falle einer Genehmigung nach BImSchG behördlich abgenommen werden. Auch bei nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen kann eine Abnahmemessung im Einzelfall behördlich angeordnet werden.

Für die Abnahmemessung sind vor und nach dem Wäscher geeignete Messstellenöffnungen vorzusehen. Die Messung sollte bei ungünstigen Betriebsbedingungen durchgeführt werden, d. h. mit frischem Material bei Eindickungsanlagen bzw. mit frisch zugeführtem Material bei kontinuierlichen Trocknungsanlagen. Die Randparameter bei der Messung müssen ermittelt werden (TS-Gehalt des frischen Substrates; pH-Wert und Leitfähigkeit der Waschflüssigkeit; Zustand der Anlage, insbesondere Verkrustungen an Sonden oder Füllkörpern). Befinden sich im Umfeld der Anlage stickstoffempfindliche Ökosysteme wie z. B. Wälder oder Magerrasen, so ist i. d. R. im Rahmen des Genehmigungsverfahrens eine Prüfung nach Nr. 4.8 TA Luft erforderlich.

Sofern Geruchsbeeinträchtigungen des Umfelds nicht ausgeschlossen werden können, ist unter Umständen eine weitergehende Abluftreinigung zur Geruchsminderung notwendig (z. B. nachgeschalteter Biofilter), da ein saurer Wäscher zur Geruchsminderung nicht geeignet ist (siehe Nr. 5.4.8.6.2d der TA Luft 2021).

Die wassergesättigte Abluft aus der Reinigungsanlage ist der freien Luftströmung zuzuführen, d. h. es ist in der Regel ein Schornstein mit einer Ableithöhe von mindestens 10 m über Erdgleiche und 3 m über First vorzusehen.

5. Wasserwirtschaftliche Anforderungen an Anlagen zur Gärrestaubbereitung

Gärrestaubbereitungsanlagen bestehen aus mehreren Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen im Sinne des § 62 Wasserhaushaltsgesetz - WHG. Somit sind die Anforderun-

gungen der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen - AwSV zu beachten.

- Zusammenfassung der Anforderungen an Bau und Betrieb von Abluft-Wäschersystemen:
- ▶ Ausreichende Dimensionierung auf Volumen-/Massenstrom: Einhaltung von Mindestverweilzeiten, Festlegung der max. Durchsatzleistung (Herstellergarantie), funktionstüchtig dimensionierter Tröpfchenabscheider
 - ▶ Automatische Steuer- und Regelungseinrichtungen: pH-Wertregelung (pH 1,5 bis max. 5), Säuredosierung und ausreichend Säurevorlage
 - ▶ Alarmfunktion: bei Ausfall der Säuredosierung oder Unterschreitung der Mindestmenge
 - ▶ Leitfähigkeits- bzw. Dichtemessung: für Abschlammrate, Füllstandsregelung für Washwasser
 - ▶ Führung eines Betriebstagebuchs: Säureverbrauch, Abschlammrate, Trocknerleistung, Durchsatzmenge, Wartungsintervalle, Reinigungsintervalle (Filterflächen, Sonden), Auffälligkeiten, TS-Gehalt, Verwendungszweck des Gärrestes.
 - ▶ Wartung und Reinigung: Festgelegte Reinigungsintervalle (z. B. pH-Sonde: alle 6 Wochen), Revisionsöffnungen zur Reinigung der Füllkörper und des Tröpfchenabscheiders von Salzablagerungen und Staub.

Die Anforderungen an Gärrestaufbereitungsanlagen bei Biogasanlagen, in denen ausschließlich mit Gärsubstraten landwirtschaftlicher Herkunft zur Gewinnung von Biogas umgegangen wird und bei denen keine wassergefährdende Stoffe zugegeben werden, werden im Abschnitt 10.2 Arbeitsblatt DWA-A 793-1 (TRwS 793-1) Technische Regel wassergefährdender Stoffe – Biogasanlagen – Teil 1: „Errichtung und Betrieb von Biogasanlagen mit Gärsubstraten landwirtschaftlicher Herkunft“ in Verbindung mit dem Abschnitt 5.1 konkretisiert, der wegen der weitgehenden Stoffidentität auf das Arbeitsblatt DWA-A 792 (TRwS 792) Technische Regel wassergefährdende Stoffe – „Jauche-, Gülle- und Silagesickersaftanlagen (JGS-Anlagen)“ verweist. Die Gärrestaufbereitungsanlagen sind keine JGS-Anlagen nach § 2 Abs. 13 und Anlage 7 AwSV.

Für Anlagen zur Aufbereitung von Gärresten unter Zugabe von wassergefährdenden Stoffen gilt laut Abschnitt 10.2 TRwS 793-1 das Arbeitsblatt DWA-A 779 (TRwS 779) Technische Regel wassergefährdender Stoffe - „Allgemeine Technische Regelungen“. Die TRwS 779 gilt auch wenn mit weiteren wassergefährdenden Stoffen wie z. B. Säuren, Laugen oder Ammoni-

umsulfatlösung umgegangen wird. Behälter, Rohrleitungen und Auffangwannen sowie Überfüllsicherungen mit allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen oder mit allgemeinen Bauartgenehmigungen des Deutschen Instituts für Bautechnik, die den jeweiligen Anwendungsfall (Stoff in Medienliste) abdecken, sind hierfür geeignet (siehe Anlagenbezogener Gewässerschutz | DIBt - Deutsches Institut für Bautechnik).

Weitere Informationen zu den wasserwirtschaftlichen Anforderungen an Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und zu den zuständigen Ansprechpartnern sind auf der Homepage des Bayerischen Landesamtes für Umwelt zu finden:

https://www.lfu.bayern.de/wasser/umgang_mit_wgs/anlagenverordnung/index.htm

Fällt bei der Aufbereitung des Gärrestes Wasser an, das in ein Gewässer oder in eine öffentliche Abwasseranlage eingeleitet werden soll, so ist das Kapitel 2.2.4.7 Biogashandbuch Bayern (Oktober 2021) zu beachten:

<https://www.lfu.bayern.de/energie/biogashandbuch/doc/kap224.pdf>

6. Arbeitssicherheit und Brandschutz

Im Zuge der Gärproduktaufbereitung können sich zusätzliche Gefährdungen für den Betreiber und den an der Biogasanlage tätigen Personen ergeben. Hierzu gehören u.a. folgende Gefährdungen:

- ▶ Selbstentzündung von feuchten oder aufbereiteten Gärprodukten (insbesondere im Bereich von 55 - 70 % TS-Gehalt)
- ▶ Brandgefahren bei getrockneten Gärprodukten (insbesondere bei Trocknungssystemen), hohen Staubansammlungen, etc. bei Vorhandensein solcher brennbarer Substanzen können Brände u.a. durch elektrische Defekte, Überhitzungen oder auch in der Folge von Wartungsarbeiten (Schweißen etc.) ausgelöst werden
- ▶ Explosionsgefahren, sofern das Auftreten brennbarer Gase/Dämpfe/Stäube nicht sicher verhindert werden kann
- ▶ Gesundheitsgefahren durch Gärprodukte bzw. aus den Gärprodukten entstehender Stoffe (Ammoniak, Methan, Schwefelwasserstoff, Biostoffe etc.)
- ▶ Gesundheitsgefahren durch eingesetzte Betriebsmittel/Chemikalien (z.B. Schwefelsäure, Laugen etc.)

Zur Minimierung dieser Gefährdungen müssen daher auf der Grundlage einer Gefährdungsbeurteilung die zum Schutz der Gesundheit und Sicherheit von Beschäftigten sowie anderer Personen im Gefahrenbereich der Anlage erforderlichen technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen festgelegt werden.

Im Folgenden einige wesentliche Schutzmaßnahmen beim Betrieb von Gärproduktaufbereitungssystemen:

6.1 Explosionsschutz

Grundsätzlich gelten für Bereiche, in denen das Auftreten einer explosionsfähigen Atmosphäre nicht sicher ausgeschlossen werden kann, folgende Maßgaben:

- ▶ Es ist ein Explosionsschutzdokument gemäß GefStoffV zu erstellen. Aus diesem muss hervorgehen, dass die Explosionsgefährdungen ermittelt und angemessene Vorkehrungen zum Explosionsschutz getroffen wurden.
- ▶ Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen sind vor der erstmaligen Inbetriebnahme und nach prüfpflichtigen Änderungen sowie wiederkehrend mindestens alle sechs Jahre nach den Vorgaben der BetrSichV durch eine Zugelassene Überwachungsstelle oder eine

zur Prüfung befähigte Person auf Explosions-sicherheit zu prüfen (§ 15, 16 BetrSichV).

- ▶ Zusätzlich sind Geräte, Schutzsysteme, Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen im Sinne der ATEX-Richtlinie mit ihren Verbindungseinrichtungen als Bestandteil einer Anlage in einem explosionsgefährdeten Bereich und deren Wechselwirkungen mit anderen Anlagenteilen wiederkehrend durch eine Zugelassene Überwachungsstelle oder durch eine zur Prüfung befähigte Person mindestens alle drei Jahre zu prüfen.
- ▶ Das Ergebnis der Prüfungen ist aufzuzeichnen und der zuständigen Behörde auf Verlangen vorzulegen.

6.2 Gesundheitsgefahren

Zur Minimierung der u.a. nachstehend aufgeführten Gefährdungen

- ▶ Gefahr durch Einatmen von Biostoffen, insbesondere Schimmelpilzen in Form von Aerosolen, Stäuben, etc.
- ▶ Gefahr durch eingesetzte Betriebsmittel/Chemikalien (z.B. Schwefelsäure, Laugen, etc.)
- ▶ Gesundheitsgefahren durch Biogasbestandteile (Methan, Schwefelwasserstoff, Ammoniak, etc.)

sind die einschlägigen Vorgaben der GefStoffV sowie der BioStoffV zu beachten.

Bei der Festlegung der erforderlichen Schutzmaßnahmen ist grundsätzlich folgende Rangfolge einzuhalten:

1. Die Freisetzung gesundheitsschädlicher Substanzen ist durch geschlossene Anlagenteile grundsätzlich soweit wie möglich zu vermeiden
2. kann eine Freisetzung nicht vollständig verhindert werden ist durch weitere technische Maßnahmen sicherzustellen, dass Arbeitsplatzgrenzwerte sicher eingehalten werden können; dies kann insbesondere durch den Einsatz von Gaswarngeräten und eine ausreichende Lüftung erreicht werden
3. darüber hinaus ist geeignete persönliche Schutzausrüstung (Atemschutz, Schutzkleidung, etc.) bereitzustellen und zu benutzen, wenn dies aufgrund der Gefährdungsbeurteilung in bestimmten Situationen erforderlich ist

6.3 Brandschutz

Bei der Gärrestaufbereitung (insbesondere durch die Trocknung) kann es zu erhöhten Brandgefahren und Brandlasten kommen. Aus diesem Grund sind in Abstimmung mit der zuständigen Brandschutzbehörde wirksame Brandschutzmaßnahmen festzulegen und im notwendigen anlagenspezifischen Brandschutzkonzept sowie Feuerwehrplan zu dokumentieren. Im Folgenden eine kurze Auswahl relevanter Brandschutzmaßnahmen:

- ▶ Konstruktiver/technischer Brandschutz bereits bei der Errichtung: Auswahl geeigneter Materialien (feuerhemmend, Elektroinstallation), Sicherheitsabstände, Vermeidung von brennbaren Staubablagerungen bzw. Brandlasten (z.B. durch regelmäßige Reinigung

gem. Herstellervorgaben) und Reduzierung von möglichen Zündquellen (Lager, Motoren etc.)

- ▶ Organisatorischer Brandschutz: ordnungsgemäße Instandhaltung (Reinigung), Erstellung von Brandschutzkonzepten und Feuerwehrplänen, regelmäßige Prüfung der Betriebsmittel (DGUV V3), ggf. Sicherheitseinrichtungen (Temperaturüberwachung etc.), Qualitätskontrolle der aufbereiteten Gärprodukte, Vermeidung von Rückbefeuchtung der Gärprodukte etc.
- ▶ Abwehrender Brandschutz: angepasste Löschwasservorhaltung, ggf. Löschhilfeeinrichtungen in den Aufbereitungssystemen zur gezielten Brandbekämpfung.

7. Regelungen des EEG

Für Strom aus Biogas, der nach EEG 2009 vergütet wird, erhöht sich die Vergütung um den sogenannten KWK-Bonus, wenn es sich um Strom im Sinne von § 3 Abs. 4 KWK-Gesetz handelt und eine Wärmenutzung im Sinne der Positivliste in Anlage 3 zum EEG 2009 vorliegt. Hierunter fällt die Nutzung als Prozesswärme zur Aufbereitung von Gärresten zum Zweck der Düngemittelherstellung.

Im EEG 2012 wurde der Vergütungsanspruch daran gekoppelt, dass ab dem zweiten Kalenderjahr mindestens 60 % des erzeugten Stroms in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt werden (ausgenommen Biogasanlagen mit Einsatz von mindestens 80 % Gülle oder von Bioabfällen). Auch hier steht die Wärmenutzung zur Aufbereitung von Gärresten zum Zweck der Düngemittelherstellung auf der Positivliste.


Die Prüfung, ob im Sinne des §1 EEG 2009 bzw. 2012 die Wärmenutzung die volkswirtschaftlichen Kosten der Energieversorgung auch durch die Einbeziehung langfristiger externer Effekte verringert und fossile Energieressourcen geschont werden, obliegt dem Umweltgutachter. Insbesondere im Interesse des Klima- und Umweltschutzes ist die Nachhaltigkeit der Energieverwendung zu prüfen. Die Begründung der Maßnahme ist daher für jede Einzelanlage zu diskutieren und darzulegen.

Das EEG 2014 kennt keine Vergütungsboni mehr und fordert eine Stromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplung nur für Anlagen, in denen Biomethan eingesetzt wird.

Quellenangaben

- ▶ FUCHS, Werner; DROSG, Bernhard: Technologiebewertung von Gärrestbehandlungs- und Verwertungskonzepten. Wien: Eigenverlag der Universität für Bodenkultur Wien, 2010, 215 S. - ISBN 978-3-900962-86-9
- ▶ Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) & Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) (Hrsg.): Faustzahlen Biogas. Darmstadt: 2007 - ISBN 978-3-939371-46-5
- ▶ Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) (Hrsg.): Gülzower Fachgespräche Band 30. Gärrestaufbereitung für eine pflanzenbauliche Nutzung - Stand und F+E-Bedarf. Gülzow: 2009 - ISBN 978-3-9803927-5-4; <https://mediathek.fnr.de/tagungsbeitraege/bioenergie/biogas/band-30-garrestaufbereitung-fur-eine-pflanzenbauliche-nutzung-stand-und-f-e-bedarf.html>
Zugriff: 18.02.2015
- ▶ Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) (Hrsg.): Gülzower Fachgespräche Band 32. Biogas in der Landwirtschaft - Stand und Perspektiven. Tagungsband zum KTBL/FNR-Biogas-Kongress vom 15. bis 16. September 2009 in Weimar. Gülzow: 2009 - ISBN 978-3-942147-00-2
<https://mediathek.fnr.de/broschuren/sammlungen/schriftenreihe-gulzower-fachgesprache/band-32-tagungsband-biogas-in-der-landwirtschaft-stand-und-perspektiven.html>; Zugriff: 12.05.2022
- ▶ Arends, F.: Gärresttrocknung in Biogasanlagen - Mehr als nur Bonusoptimierung? Vortrag auf der Veranstaltung „Immissionsrechtliche Beurteilung von Gärresttrocknungen“ der Energieberatung der Bst. Bremervörde, 24.05.2011, Niedersachsenhof Verden
<http://www.lwk-niedersachsen.de/download.cfm/file/349,72f31439-237d-eebf-5e3606d7a475daa0~pdf.html>; Zugriff: 18.02.2015
- ▶ Fechter, Maximilian (2019): Technischer Vergleich von Aufbereitungsverfahren für Gärreste in der Biogastechnik. Dissertation. Technische Universität Berlin, Berlin
- ▶ Fachverband Biogas e.V. (Hg.) (2019): Düngen mit Gärresten. Anwendung, Aufbereitung und Vermarktung. Biogas Wissen
- ▶ Möbius, Jörg (2017): Gülle-Separation: 6 Verfahren im Vergleich. Hg. v. agrarheute/traction.
<https://www.agrarheute.com/technik/ackerbautechnik/guelle-separation-6-verfahren-vergleich-537465>, Zugriff: 27.09.2021
- ▶ Fachverband Biogas e.V. (Hg.) (2022): Arbeitshilfe A-029 „Sicherer Betrieb von Trocknungsanlagen
- ▶ Kirsch, Andreas (2018): Aufbereitung von Gärresten kann sinnvoll sein. In: H&K aktuell (1), S. 9–10.

Zitiervorlage: Effenberger, M., Kaiser, V.; Koch, T.; Möhrle, H.; Nitzl, T. und Westermaier, T. (2022): Technische Empfehlungen für die Gärrestaufbereitung. In: Biogas Forum Bayern bif31, Hrsg. ALB Bayern e.V., <https://www.biogas-forum-bayern.de/bif31>, Stand [Abrufdatum].



Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und
Landwirtschaftliches Bauwesen (ALB)
in Bayern e.V.

Vöttinger Straße 36, 85354 Freising

Telefon: 08161 / 887-0078

Telefax: 08161 / 887-3957

E-Mail: info@alb-bayern.de

Internet: www.alb-bayern.de