

Verwertung klimarelevanter Emissionen flüssiger Gärreste als Verbrennungsluft im BHKW

Abschlussbericht

Langtitel: Vermeidung klimarelevanter Emissionen unter Einhaltung der Anforderungen der VDI 3475 Blatt 5 durch technisch gasdichten Abschluss des Lagers für flüssige Gärreste, Erfassung der mit Außenluft verdünnten Gasphase und Verwendung als Verbrennungsluft im BHKW

Aktenzeichen: 23-223/24

Ansprechpartner: Gerald Balthasar
Dr. Lutz Bühle
Abfallwirtschaft Rems-Murr AÖR
Stuttgarter Straße 110
71332 Waiblingen

Eckhard Haubrich
Rolf Schneider
Ingenieurgruppe RUK GmbH
Auf dem Haigst 21
70597 Stuttgart

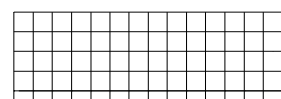
Dezember 2020

Gefördert durch:



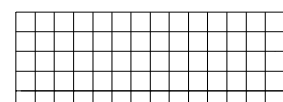
Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT



Inhaltsverzeichnis:

Zusammenfassung	1
1 Aufgabenstellung und Projektziele des Vorhabens	2
1.1 Rahmenbedingungen	2
1.1.1 Zu Projektbeginn vorhandene Anlagen	2
1.1.2 Zu Projektbeginn geplante Anlagenerweiterung	2
1.1.3 Umzusetzende rechtliche Rahmenbedingungen	2
1.2 Nachteile bei Anwendung des Standes der Technik	2
1.3 Aufgabenstellung und Projektziel	3
2 Projektabwicklung	4
3 An der BVA Backnang-Neuschöntal umgesetzte Anlagentechnik	4
3.1 FD-Speicher 3	4
3.2 Niederdruckgasspeicher auf dem FD-Speicher 3	6
3.3 Erneuerung der beiden BHKW-Containermodule	6
3.4 Anlagen für die Gärrestabluft	7
4 Anlagentechnik im Rahmen des Fördervorhabens	8
5 Erkenntnisse aus dem Betrieb der Anlage bezüglich der Projektziele	9
5.1 Erkenntnisse bezüglich der zusätzlich verwerteten Methanfracht	9
5.2 Erkenntnisse bezüglich Leckagen bei der Gärrestabluftverwertung in den BHKW-Containermodulen	11
5.3 Erkenntnisse bezüglich des besonderen Betriebszustandes für die Sandentnahme aus dem FD-Speicher 3	11
5.4 Erkenntnisse bezüglich Regelbetrieb der Gärrestabluftabsaugung aus dem FD-Speicher 3	12

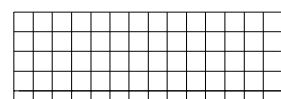


Abbildungsverzeichnis:

Abb. 1:	Luftbild aus der Bauphase der Anlagenerweiterung	5
Abb. 2:	Foto des FD-Speichers 3 mit umgebendem Havariebecken	5
Abb. 3:	Zuführstelle der Gärrestabluft direkt über den Luftfiltern eines der beiden BHKW-Module	7
Abb. 4:	Im Jahr 2017 prognostizierte Methanfracht in der Gärrestabluft	10

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
BetrSichV	Betriebssicherheitsverordnung
BHKW	Blockheizkraftwerk
BVA	Bioabfallvergärungsanlage
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
FD	Flüssigdünger = flüssiger Gärrest, welcher beim Abpressen von festem Gärrest entsteht
kW _{el.}	Kilowatt elektrisch = elektrische Leistung beispielsweise eines Blockheizkraftwerks (BHKW)
Mg	Megagramm = 1.000 Kilogramm
ppm	parts per million = 1 Millionstel = 0,0001 % = Angabe der Stoffkonzentration
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
UEG	untere Explosionsgrenze = unterer Grenzwert der Konzentration eines brennbaren Stoffes (hier Methan bzw. Biogas) in einem Gemisch mit Außenluft, in dem sich nach dem Zünden eine Flamme gerade nicht mehr selbstständig fortpflanzen kann
ÜDS	Überdrucksicherung
UDS	Unterdrucksicherung
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
Vol.-%	Volumenprozent = Konzentrationsangabe als dimensionslose Verhältnisgröße, bei denen ein Volumen auf ein anderes Volumen bezogen wird



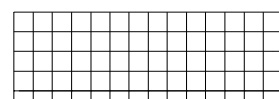
Zusammenfassung

Die Abfallwirtschaft Rems-Murr AöR betreibt seit dem Jahr 2011 die Biovergärungsanlage Backnang-Neuschöntal zur Behandlung des im Rems-Murr-Kreis anfallenden Bioabfalls (ca. 36.000 Mg/a). Neue gesetzliche Vorgaben sowie technische und wirtschaftliche Optimierungspotenziale haben auf der Biovergärungsanlage umfangreiche Neu- und Umbaumaßnahmen erforderlich gemacht. Dazu zählen die Erweiterung um einen 3. Speicher für flüssige Gärreste (Flüssigdünger, FD) mit aufgesetztem Niederdruckgasspeicher für Biogas, die Erneuerung der bestehenden BHKW und die energetische Nutzung der in den FD-Speichern gebildeten schwach kalorischen Gärrestemissionen. Bei den Planungen zu dem Vorhaben waren folgende Rahmenbedingungen zu berücksichtigen

- Bei einer Bioabfallvergärungsanlage müssen FD-Speicher aufgrund des Sandgehalts im Bioabfall jährlich geöffnet und von Sedimenten befreit werden und
- FD weist eine nicht unerhebliche Restbiogasbildung auf.

Bei praxisüblichen und gasdicht abgedeckten FD-Speichern werden bei jeder Sedimentausträumung mehrere 1.000 m³ Biogas in die Umwelt entlassen. Zudem ist für einen gewissen Zeitraum ein explosionsfähiges Gemisch im FD-Speicher vorhanden. Alternative war bisher die Nutzung einer Abdeckung, bei der permanent Frischluft nachströmt und Abluft über einen Biofilter abgesaugt wird. Allerdings findet im Biofilter kein relevanter Methanabbau statt.

Der neue FD-Speicher wurde in diesem Vorhaben mit einem bislang einzigartigen 3-schaligen Gasspeicher mit Trennfolie unter dem Biogasspeicher zum Luftraum über dem Gärrest abgedeckt. Dies ermöglicht eine Gasspeicherung für eine flexible Stromerzeugung und gleichzeitig eine regelmäßige Sedimentausträumung ohne Biogasemissionen an die Umwelt. Aus dem Luftraum über dem Gärrest wird methanhaltige Gärrestabluf abgesaugt und dem Biogasmotor als Verbrennungsluft zugeführt. Dadurch werden nicht nur die Methanemissionen an die Umwelt vermieden, sondern zusätzlich das Methan in der Gärrestabluf zur Erzeugung von klimaneutraler Energie genutzt. Durch die erfolgreiche Umsetzung dieses Förderprojekts kann in der Bioabfallvergärungsanlage der Abfallwirtschaft Rems-Murr AöR ein Methanvolumen von insgesamt ca. 131.400 m³/a zusätzlich zur Erzeugung von erneuerbarer Energie genutzt werden, das bislang ungenutzt blieb. Abzüglich des Eigenstrombedarfs entspricht dies einer zusätzlichen jährlichen Stromerzeugung von 385.000 kWh. In der Summe aus der Vermeidung von Methanemissionen und der Einsparung von fossilen Brennstoffen ergibt sich eine jährliche Einsparung klimaschädlicher Emissionen von mindestens 2.000 Tonnen CO₂-Äquivalenten pro Jahr.



1 Aufgabenstellung und Projektziele des Vorhabens

1.1 Rahmenbedingungen

1.1.1 Zu Projektbeginn vorhandene Anlagen

Die Abfallwirtschaft Rems-Murr AöR verwertet seit dem Jahr 2011 die Bioabfälle des Rems-Murr-Kreises in der Bioabfallvergärungsanlage (BVA) Backnang-Neuschöntal. Nach der Fermentation erfolgt mittels Schneckenpressen eine Auftrennung in feste und flüssige Gärreste. Flüssige Gärreste gelangen zum Zweck einer Abtrennung mineralischer Bestandteile zunächst in ein Sedimentationsbecken unterhalb der Pressen. Zur Lagerung der flüssigen Gärreste (= Flüssigdünger, FD) stehen zwei FD-Speicher 1 und 2 mit insgesamt etwa 6.300 m³ Speichervolumen zur Verfügung.

1.1.2 Zu Projektbeginn geplante Anlagenerweiterung

Folgende Anlagenerweiterung bzw. Erneuerung war zu Projektbeginn Anfang des Jahres 2016 geplant:

- Erweiterung des Speichervolumens für Flüssigdünger um einen 3. FD-Speicher.
- Bau eines Niederdruckgasspeichers auf dem FD-Speicher 3.
- Erneuerung der bestehenden BHKW mit Vergrößerung der Verwertungskapazität (Ziel: Flexibilisierung der Stromerzeugung).
- Ertüchtigung der Biogasaufbereitung
- Energetische Nutzung des in den FD-Speichern gebildeten Biogases

1.1.3 Umzusetzende rechtliche Rahmenbedingungen

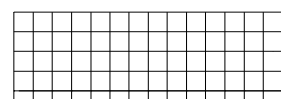
Die VDI 3475 Blatt 5 vom Oktober 2015¹ fordert einen technisch gasdichten Abschluss von Gärrestlagern und deren Anschluss an die Gasverwertung. Es war zu Projektbeginn zu erwarten, dass diese Anforderungen auch Eingang in die Fortschreibung der TA Luft finden und dadurch einen verbindlicheren Charakter erhalten wird. Dies hat sich mit der zwischenzeitlich vorliegenden TA Luft² bestätigt.

1.2 Nachteile bei Anwendung des Standes der Technik

Stand der Technik für einen technisch dichten Abschluss von Gärrestspeicherbehältern ist das Aufbringen eines 2-schaligen Niederdruckgasspeichers mit Tragluftraum und Biogasspeicherraum direkt über dem Flüssigkeitsspiegel sowie einem Anschluss an das Gassystem der Biogasanlage.

¹: VDI-Richtlinie: VDI 3475 Blatt 5 Emissionsminderung - Biologische Abfallbehandlungsanlagen - Vergärung und Nachbehandlung; Ausgabedatum 2015-10

²: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Kabinettsbeschluss zur Neufassung der Ersten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft), Veröffentlichungsdatum: 10.12.2020



Da beim Abpressen von Bioabfallgärresten ein großer Teil des Sandes in den FD übergeht und sich der Sand im Laufe der Zeit am Boden der Lagerbehälter absetzt, hätte ein solches System im Fall des FD-Speichers 3 die folgenden Nachteile:

- Wird die Sandschicht nicht mehrmals jährlich aus den Lagerbehältern entfernt, würde das Beseitigen der Sandschicht immer aufwändiger und teurer.
- Der Austrag der Sandschicht kann wegen deren Konsistenz nach Entleeren der Flüssigphase nur manuell mit geeignetem Räumgerät erfolgen, was die ständige / kontinuierliche Bewetterung des Räumbereiches erfordert.
- Flüssige Gärreste weisen eine nicht unerhebliche Restbiogasbildung auf. Bei gasdicht abgedeckten Gärrestspeichern muss das im Behälter befindliche Biogas vor jeder Sedimentausräumung durch Außenluft und danach die Außenluft wieder durch Biogas verdrängt werden. Bis zu ca. 1 % des gesamten an der BVA erzeugten Biogases würden dadurch in die Atmosphäre emittieren. Zudem muss bei der Verdrängung jedes Mal die Explosionszone durchfahren werden.

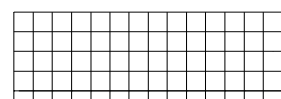
1.3 Aufgabenstellung und Projektziel

Aufgabenstellung war die Umsetzung einer Alternative ohne die genannten Nachteile durch folgende grundsätzliche Maßnahmen.

- Schaffung einer Gasspeichermöglichkeit für eine flexible Stromerzeugung bei gleichzeitiger Verhinderung der Emissionen während der Vorbereitung des Sandaustrages und bei der Wiederherstellung der Biogasatmosphäre beim neuen FD-Speicher 3 durch Trennung von Biogasraum und Abluftraum über dem Flüssigkeitsspiegel des FD.
- Energetische Verwertung der RestmethanAusgasung aus allen vier FD-Lagerbehältern (FD-Speicher 1 bis 3 und Sedimentationsbecken) durch Absaugung der Gärrestabluft und Nutzung dieser nach einer Aufbereitung als Verbrennungsluft in den BHKW.

Projektziel ist der Bau und anschließende Betrieb einer Anlage mit folgenden Eigenschaften:

- Zur Trennung des Biogas-Niederdruckgasspeichers vom FD-Lagerraum ist beim FD-Speicher 3 die Installation eines innovativen 3-schaligen Systems mit einer ortsfesten Gasspeicherfolie auf Höhe des Gurtsystems und einem darüber angeordneten üblichen zweischaligen System zu bauen. Hierdurch kann entkoppelt von der Flüssigkeitsbewirtschaftung im FD-Speicher über der ortsfesten Gasspeicherfolie Biogas gespeichert werden. Unter der ortsfesten Gasspeicherfolie muss das aus dem FD gebildete Restmethangas weit genug unter die UEG verdünnt werden. Dadurch kann das Gasgemisch nach einer Reinigung dem BHKW zur energetischen Nutzung als



Verbrennungsluft zugeführt werden. Für die Verdünnung unter die UEG ist die Nachlieferung von Außenluft durch Zuluftgebläse erforderlich.

- Im Fall der drei bestehenden Lager (FD-Speicher 1, 2 und Sedimentationsbecken) mit den dort jeweils vorhandenen Emissionsabdeckungen (einschalige Dächer) ist eine Absaugung derart erforderlich, dass an den begrenzt vorhandenen Öffnungen zur umgebenden Atmosphäre eine Strömungsrichtung in die Behälter hinein und damit ebenfalls die Verdünnung unter die UEG gewährleistet wird. Die Strömungsrichtung in den Behälter hinein sorgt für eine nahezu vergleichbar geringe Emission wie bei einem gasdicht abgedeckten Lager.
- Die Abluft aus dem Gasraum der vier Lagerbehälter wird aufbereitet (Entfernen von in hohen Konzentrationen vorhandenem Ammoniak aus der Gärrestabluf) und den neuen BHKW als Verbrennungsluft zugeführt.

Projektziel ist zudem, die an der BVA Backnang-Neuschöntal entwickelte und umgesetzte Verfahrenskombination durch einfache Anpassung auf ähnlich gelagerte Fälle übertragen zu können.

2 Projektabwicklung

Die Projektrealisierung erfolgte mit folgenden wesentlichen Meilensteinen:

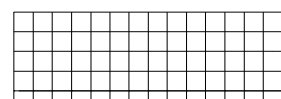
Monat(e)	Meilenstein
03/2016	Zuwendungsbescheid
bis 05/2017	Ermittlung der Bemessungsdaten
05/2018	Genehmigungsbescheid
11/2018	Baubeginn Tiefbau
11/2019	Inbetriebnahme des FD-Speichers 3
12/2019	Probetrieb, Leistungsfahrten und Abnahme der beiden neuen BHKW ohne Gärrestablufverwertung
12/2020	Leistungsnachweise und Abnahme für die Biogaspendelung zum Gasspeicher und die Gärrestablufabsaugung und -verwertung

3 An der BVA Backnang-Neuschöntal umgesetzte Anlagentechnik

Das Fördervorhaben erfolgte im Rahmen der Erweiterung der BVA Backnang-Neuschöntal insbesondere mit den in den folgenden Unterkapiteln beschriebenen Baumaßnahmen.

3.1 FD-Speicher 3

Es erfolgte der Bau des FD-Speichers 3 mit 37 m Innendurchmesser und 10,4 m Wandhöhe, welcher in einem Havariebecken aufgestellt ist. Im Havariebecken (Ringraum) sind



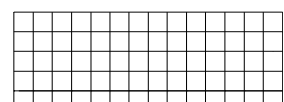
Blitzfangstangen installiert. Die Bodenplatte besitzt ein Leckageerkennungssystem. Abb. 1 zeigt ein Luftbild aus der Bauphase. Das Luftbild ist von Süd-Osten aus aufgenommen. Im Osten ist der neue FD-Speicher 3 mit aufgesetztem 2-schaligem Niederdruckgasspeicher zu erkennen. Die BHKW-Containermodule befinden sich im Nordwesten der bestehenden Anlage. Zu sehen sind die beiden Abgaskamine hinter der Halle. In Abb. 2 ist der Zugang zum Servicepodest West des FD-Speichers 3 zu sehen.



Abb. 1: Luftbild aus der Bauphase der Anlagenerweiterung



Abb. 2: Foto des FD-Speichers 3 mit umgebendem Havariebecken



Servicepodest West dient dem Zugang u. a. zu den Über- und Unterdrucksicherungen für den Biogasraum und den Gärrestabluftraum. Vor Servicepodest West befindet sich der Container mit dem Maschinenraum, in dem die Bewirtschaftungseinrichtungen für Biogas und Gärrestabluft installiert sind. Neben dem Maschinenraum steht die Gaswaschtrocknung zur Ammoniakentfernung aus der Gärrestabluft. Ganz vorne ist die Deckplatte des Kombischachtes mit Einstiegs Luke zu sehen. Dort befinden sich u. a. die Einrichtungen zur Bewirtschaftung des FD-Speichers 3 mit FD.

3.2 Niederdruckgasspeicher auf dem FD-Speicher 3

Es erfolgte der Bau eines Niederdruckgasspeichers auf dem FD-Speicher 3 mit den folgenden drei Schalen:

- Wetterschutzfolie über dem Tragluftraum,
- oberer Biogasspeicherfolie über dem Biogasspeicherraum und
- unterer Biogasspeicherfolie über dem Gärrestabluftraum.

Die Bewirtschaftung der genannten Luft-/Gasräume geschieht wie folgt:

- Für die Bewirtschaftung des Traglufttraumes stehen 2 unterschiedlich große Tragluftgebläse zur Verfügung. Abhängig vom Druck im Tragluftraum wird eines der beiden und bei großer Gasentnahme beide Tragluftgebläse betrieben.
- Ab einer maximalen Druckhöhe vor den BHKW erfolgt über eine Pendelleitung die Zuführung von Biogas in den Biogasraum. Dies erfolgt mittels Membranventil in der Pendelleitung derart dosiert, dass ein Mindestdruck vor den BHKW nicht unterschritten wird.
- Ab einer minimalen Druckhöhe vor den BHKW erfolgt die Zuführung von Biogas aus dem Biogasraum zum BHKW. Dies erfolgt über die gleiche Pendelleitung im Bypass zu dem im vorigen Absatz erwähnten Membranventil mittels eines Biogasverdichters neben dem FD-Speicher 3.
- Die Bewirtschaftung des Gärrestablufttraumes erfolgt durch Absaugung eines konstanten Volumenstromes bei zeitgleicher Außenluftzuführung auf der anderen Seite des Gärrestablufttraumes. Die Luftzuführung erfolgt abhängig vom Druck im Gärrestabluftraum frequenzgesteuert mit einem oder beiden vorhandenen Zuluftgebläsen.

3.3 Erneuerung der beiden BHKW-Containermodule

Es erfolgte der Ersatz der beiden vorhandenen BHKW-Containermodule mit einer elektrischen Leistung von 800 kW_{el.} durch zwei BHKW-Containermodule mit 1 x 1.200 kW_{el.} und 1 x 1.560 kW_{el.} elektrischer Leistung als Voraussetzung für eine Flexibilisierung der



Stromerzeugung nach EEG³. Die beiden neuen BHKW-Containermodule verfügen jeweils über Einrichtungen für eine Gärrestabluftzuführung als Voraussetzung für den Betrieb der Module zur Gärrestabluftverwertung. In Abb. 3 ist die Zuführstelle der Gärrestabluft direkt über den Luftfiltern eines der beiden BHKW-Module dargestellt. Eine Zuführung der methanhaltigen Gärrestabluft aus den FD-Speichern erfolgt ausschließlich bei Betrieb des betreffenden BHKW. Die zugeführte Gärrestabluft wird dann aufgrund des dort anstehenden Unterdrucks vollständig in die Luftfilter eingesaugt.



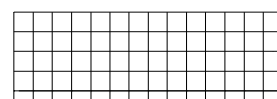
Abb. 3: Zuführstelle der Gärrestabluft direkt über den Luftfiltern eines der beiden BHKW-Module

3.4 Anlagen für die Gärrestabluft

Es erfolgte der Bau verfahrenstechnischer Anlagen für die Gärrestabluftbewirtschaftung, bestehend im Wesentlichen aus den folgenden Aggregaten und Betriebsmitteln:

- Zwei Zuluftgebläse auf der einen Seite des FD-Speichers 3.
- Je eine Absaugleitung aus den 3 FD-Speichern. Die drei Absaugleitungen sind in einem Sammelbalken zusammengeführt.
- Gaswaschtrockner zur Entfernung von Ammoniak bei der gesammelten Gärrestabluft aus den FD-Speichern.

³: Gesetz für den Ausbau erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) vom 21. Juli 2014, zuletzt geändert: 21. Dezember 2020



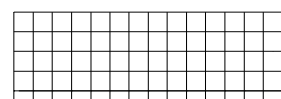
- Gaswaschtrockner zur Entfernung von Ammoniak bei der Gärrestabluft aus dem Sedimentationsbecken.
- Ableitung der gesammelten Gärrestabluft in Richtung BHKW mittels einer Gebläsestation mit redundant ausgeführtem Gebläse im Bereich der FD-Speicher.
- Im Normalbetrieb abgeschiebbarer Abzweig aus dieser Leitung zum Biofilter für den Fall, dass kein BHKW zur Verwertung von Gärrestabluft zur Verfügung steht.
- Absaugleitung aus dem Sedimentationsbecken mit einem im Normalbetrieb abgeschiebbaren Abzweig zur Hallenabluftabsaugung für den Fall, dass kein BHKW zur Verwertung von Gärrestabluft zur Verfügung steht.
- Ableitung der Gärrestabluft aus dem Sedimentationsbecken mittels Gebläse in Richtung eines Anschlusspunktes an die Gärrestabluftableitung aus den FD-Speichern Richtung BHKW.
- Energetische Verwertung der gesammelten Gärrestabluft als Verbrennungsluft im BHKW.

Die Flüssigdüngerspeicher müssen wiederkehrend entleert und der dort abgesetzte Sand entfernt werden. Beim FD-Speicher 3 ist vor der Räumung der zuvor gegebene Druck im Gärrestablufttraum abzubauen und nach der Räumung der erforderliche Druck im Gärrestablufttraum wieder herzustellen. Dazwischen erfolgt während der Räumung eine Bewetterung mit dem hierfür fest installierten Bewetterungsgebläse. Für die Bewetterung gibt es auf der gegenüberliegenden Seite zur Zufahrt in den Behälter eine Bewetterungstür am oberen Ende des FD-Speichers. Nach dem Öffnen der Bewetterungstür und dem Verlegen der erforderlichen Lutten kann der Behälter bewettert werden. Das Bewetterungsgebläse läuft nur an, wenn die gegenüberliegende Drucktür an der Zufahrt geöffnet ist und damit durch einen Näherungsschalter die Spannungsversorgung des Bewetterungsgebläses frei gegeben ist.

4 Anlagentechnik im Rahmen des Fördervorhabens

Zielstellung zu Projektbeginn war die Umsetzung der folgenden Verfahrenstechnik und deren Kombination:

- „Notverbrennungseinrichtung“, ausgelegt auf die zu entsorgende Gärrestabluft
- Gebläsestation mit redundant vorhandenem Gebläse für die Gärrestabluftabsaugung.
- Analysestation sowie sonstige Messtechnik (insbesondere zur Druckaufnahme) zur Messung an verschiedenen Stellen der Ableitung der Gärrestabluft.
- Rohrleitungen zwischen den Gärrestlagerbehältern, vom Gärrestlager zum BHKW und zur Notverbrennungseinrichtung sowie Zuluftöffnungen inkl. gesteuerter Klappen.
- 3-schaliger Gasspeicher auf dem neuen FD-Speicher 3.



- Steuer- und Regelungstechnik einschließlich Prozesssteuerung sowie Inbetriebnahme und Probetrieb der genannten Technik.

Von dieser Zielstellung zu Projektbeginn wurde abgewichen. Zu nennen sind insbesondere die folgenden Änderungen:

- Eine Notverbrennungseinrichtung ist nicht erforderlich und nicht umgesetzt, denn der Betrieb eines der beiden BHKW reicht aus, die gesamte Gärrestabluft zu verwerten. Damit haben die beiden BHKW jeweils für das andere BHKW den Charakter einer Notverbrennungseinrichtung.
- Die durch den Verzicht auf die Notverbrennungseinrichtung in dem Projekt freiwerdenden finanziellen Mittel wurde kostenneutral für die zwingend notwendige Gärrestabluftbehandlung eingesetzt. Eine solche war bei der Erstellung der Projektskizze noch nicht vorgesehen, da deren Erfordernis bei der Projektantragstellung noch nicht abzusehen war.
- Vom Sachverständigen nach BetrSichV⁴ wurde wegen der Gefahr einer zu hohen Methankonzentration zusätzlich zu den beiden Messungen in den Analysestationen mit Messstellenumschalter jeweils eine kontinuierliche Messung der Methankonzentration in der Gärrestabluft aus dem Sedimentationsbecken und in der Gärrestabluft aus den FD-Speichern gefordert. Diese kontinuierliche Messung führt sicherheitsgerichtet bei Überschreitung eines Hauptalarmwertes zum Auslösen einer Sicherheitsabschaltung der Gärrestabluftzuführung zum BHKW.

5 Erkenntnisse aus dem Betrieb der Anlage bezüglich der Projektziele

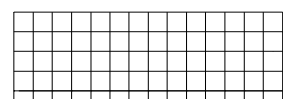
5.1 Erkenntnisse bezüglich der zusätzlich verwerteten Methanfracht

Es bestätigte sich die im Jahr 2017 prognostizierte Methanmenge in der Gärrestabluft. Basis der prognostizierten Methanmenge waren die Erkenntnisse aus Gasanalysen in den Jahren 2016/17. Die Prognose aus dem Jahr 2017 ist in der Abb. 4 dargestellt.

Klimaschutzeffekte durch das Projekt:

- Wird ein mit der Gärrestabluft zusätzlich zum Biogas gefasster Methanvolumenstrom von im Jahresmittel 15 m³/h in 8.760 h/a angesetzt, so ergibt sich bei der BVA Backnang-Neuschöntal eine zusätzliche Methanerfassung von 131.400 m³/a.

⁴: Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung - BetrSichV) vom 03.02.2015, zuletzt geändert: 30. April 2019



- Mit den neuen BHKW entspricht dies einer zu erzeugenden Strommenge von etwa 550.000 kWh/a. Abzuziehen sind etwa 30 % für den Stromverbrauch zur Gärrestabluftabsaugung und -aufbereitung, so dass ohne Eigenverbrauch etwa 385.000 kWh/a mehr an Strom eingespeist werden können
- Dies bedeutet:
 - Eine Steigerung gegenüber der zuvor erzeugten Strommenge um etwa 5 % und
 - eine Menge an eingesparten CO₂-Äquivalenten von wenigstens 2.000 Mg/a in der Summe aus eingesparten Methan-Emissionen und substituierten fossilen Brennstoffen⁵.

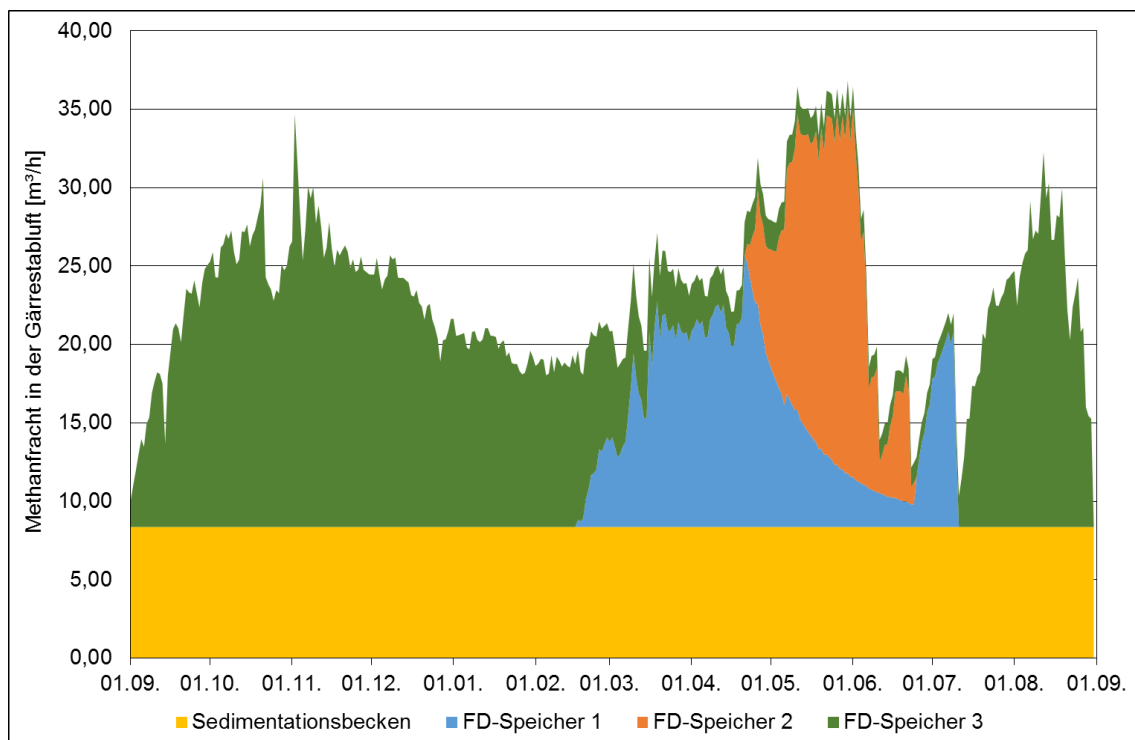
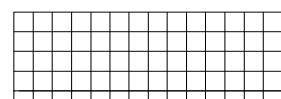


Abb. 4: Im Jahr 2017 prognostizierte Methanfracht in der Gärrestabluft

Der Stromverbrauch dürfte aktuell über dem prognostizierten Stromverbrauch liegen. Optimierungspotential bezüglich des Stromverbrauchs wurde erkannt, wird aber erst im Jahr 2021 umgesetzt, wenn die Anlage über eine längere Zeit betrieben und damit mehr Erfahrung gewonnen wurde.

⁵: Für das Jahr 2019 wird gemäß Umweltbundesamt für den deutschen Strommix eine Emission von 401 g CO₂ pro kWh geschätzt. Dieser Wert wurde in der Betrachtung angesetzt. Hierzu ist anzumerken, dass der Anteil der fossilen Brennstoffe im deutschen Strommix in den letzten Jahren stark rückläufig ist. Das letzte Jahr mit hochgerechneten und nicht nur geschätzten Zahlen ist das Jahr 2018 mit hochgerechnet 468 g CO₂ pro kWh.



5.2 Erkenntnisse bezüglich Leckagen bei der Gärrestabluftverwertung in den BHKW-Containermodulen

Bei Betrieb des kleinen BHKW (=> grundsätzlich ungünstigerer Fall wegen des geringeren Verbrennungsluftbedarfs) wurde mit einem Gasschnüffler (Anzeige ab 1 ppm) die Methankonzentration am Auslass der Gärrestabluft über dem Luftfilter des Motors gemessen, mit folgendem Ergebnis:

- Direkt an der Ansaugung des Luftfilters unterhalb des Gärrestabluftauslasses wurde erwartungsgemäß eine Methankonzentration von 0,4 Vol.-% gemessen, was der Konzentration an den Messtellen innerhalb der Gärrestabluftleitung am Tag der Messungen entspricht.
- Maximal 2 cm neben dem Gärrestabluftauslass wurde eine Methankonzentration von zumeist 0 ppm und nur an einer Stelle eine Methankonzentration von 5 ppm gemessen. Auch an dieser Stelle wurde dann in einer Entfernung > 2 cm eine Methankonzentration von 0 ppm gemessen.
- Direkt über dem Luftfilter aber weiter weg vom Gärrestabluftauslass wurde ebenfalls eine Methankonzentration von 0 ppm gemessen.

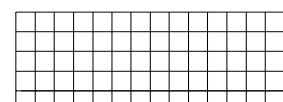
Die Analysen haben gezeigt, dass die Gärrestabluft unmittelbar unter dem Auslass vollständig in den Luftfilter gesaugt wird.

Zusätzlich wurde getestet, ob die Gärrestabluftzuführung bei einem Schnellstopp des BHKW schnell genug stoppt, damit Methan aus der Gärrestabluft nicht in den Motoraufstellraum des BHKW eindringt. Dabei wurde nachgewiesen, dass der Stopp des BHKW unmittelbar zum Schließen der Klappen in der Gärrestabluftzuführung Richtung BHKW führt und dies ausreicht, die Gärrestabluft vollständig in den Motor zu saugen. Unmittelbar nach dem Stopp war rund um den Luftfilter keine messbare Methankonzentration mehr festzustellen.

5.3 Erkenntnisse bezüglich des besonderen Betriebszustandes für die Sandentnahme aus dem FD-Speicher 3

Der Biogasspeicher wird mit Reingas beschickt, das zuvor bei etwa 5-7 °C entfeuchtet wurde, so dass prinzipiell mit keinem relevanten Kondensatanfall zu rechnen ist. Falls dennoch Kondensat anfallen sollte, ist im Normalbetrieb zur Vermeidung von Wassersäcken die untere Gasspeicherfolie durch den im Gärrestabluftraum eingestellten Druck in Kugelsegmentform nach oben aufgeblasen. Dadurch ist an jeder Stelle der Folie ein Gefälle zum Behälterrand mit weiterer Kondensatableitung vorhanden.

Für die Räumung des Sandes muss zuvor der Druck aus dem Gärrestabluftraum langsam abgebaut werden. Würde der Druck zu schnell abgelassen, fällt die untere Gasspeicherfolie so schnell auf die Höhe des Gurtsystems ab, dass das Tragluftgebläse den



erforderlichen Tragluftdruck nicht halten kann. Im ungünstigsten Fall würde dadurch die Wetterschutzfolie ihre Form verlieren und dadurch anfällig für Windangriff. Die Statik des Daches wäre in diesem Fall also temporär nicht ausreichend gewährleistet.

Um die beschriebenen Zustände zu vermeiden wurden im Gärrestabluflraum 2 Lüftungsclappen zur Umgebung verbaut, Bei abgeschalteter Absaugung und abgeschalteten Zuluftgebläsen kann der Druck über diese Lüftungsclappen langsam derart abgebaut werden, dass die Tragluftnachführung mit den Tragluftgebläsen immer ausreicht, den erforderlichen Druck im Tagluflraum und damit die Statik des Daches aufrechtzuerhalten.

Das Aufblasen der unteren Gasspeicherfolie nach Abschluss der Behälterräumung und Wiederinbetriebnahme des Flüssigdüngerspeichers bedarf eines Betriebs beider Nachführgebläse ohne Gärrestabluftabsaugung über weniger als 1 Stunde. Danach kann die Gärrestabluftabsaugung aus FD-Speicher 3 wieder gestartet werden

5.4 Erkenntnisse bezüglich Regelbetrieb der Gärrestabluftabsaugung aus dem FD-Speicher 3

Grundsätzlich ist die Drucksteuerung im Gärrestabluflraum derart eingestellt, dass der Druck im Gärrestabluflraum immer 0,3 mbar über dem Biogasspeicherdruck liegt oder maximal 4,4 mbar beträgt. Damit sind Bedingungen gewährleistet, bei denen immer die untere Gasspeicherfolie aufgeblasen ist. Der Druck im Gärrestabluflraum steuert die Frequenz der Zuluftgebläse und/oder das Erfordernis des Betriebs beider Zuluftgebläse.

Die Gärrestabluftabsaugung aus dem FD-Speicher 3 ist entsprechend der Bemessungsergebnisse aus den vorlaufenden Untersuchungen auf einen konstanten Volumenstrom von 800 m³/h eingestellt. Die Regelung erfolgt mit einer Klappe und einem Membranventil im Bypass. Die Klappe stellt sich ein auf 0 %, 33,3 %, 66,6 % oder 100 %, den Rest regelt das Membranventil.

Neben der Funktion zum langsamen Ablassen des Druckes haben die Lüftungsclappen auch die Funktion einer Vorabsicherung vor dem Ansprechen der als Berstsicherung eingesetzten Über- und Unterdrucksicherung (ÜDS/UDS). Die Lüftungsclappe öffnet bei einem Druck von +4.5 mbar bzw. -0,3 mbar ausreichend früh vor dem Ansprechen der ÜDS bei 5 mbar bzw. dem Ansprechen der UDS bei -2 mbar. Spricht dennoch die ÜDS an, so wird dies durch Kontaktschalter erfasst und die Zuluftgebläse werden gestoppt. Spricht dennoch die UDS an, so wird dies durch Kontaktschalter erfasst und die Gärrestabluftabsaugung wird gestoppt.

