

Zuwendungsbescheid

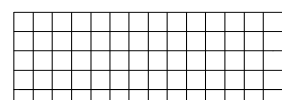
- vom 09.03.2016,
- in Höhe von insgesamt 371.500 €
- Aktenzeichen 23-223/24
- **Fördermittelgeber:**
Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg
Kernerplatz 9, 70182 Stuttgart

Abschlussbericht

Thema/Kurztitel: Verwertung klimarelevanter Emissionen flüssiger Gärreste als Verbrennungsluft im BHKW

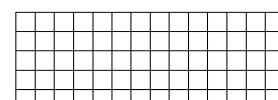
Langtitel: Vermeidung klimarelevanter Emissionen unter Einhaltung der Anforderungen der VDI 3475 Blatt 5 durch technisch gasdichten Abschluss des Lagers für flüssige Gärreste, Erfassung der mit Außenluft verdünnten Gasphase und Verwendung als Verbrennungsluft im BHKW

erstellt im Auftrag der Abfallwirtschaft Rems-Murr AöR
von der Ingenieurgruppe RUK GmbH
im Dezember 2020



Inhaltsverzeichnis:

Zusammenfassung	1
1 Aufgabenstellung und Projektziele des Vorhabens	2
1.1 Rahmenbedingungen zu Projektbeginn	2
1.1.1 Zu Projektbeginn vorhandene Anlagen	2
1.1.2 Zu Projektbeginn geplante Anlagenerweiterung	2
1.2 Aufgabenstellung des Vorhabens	2
1.2.1 Hintergründe der Aufgabenstellung	2
1.3 Aufgabenstellung und Projektziel	4
2 Projektabwicklung	6
3 An der BVA Backnang-Neuschöntal umgesetzte Anlagentechnik	7
3.1 Umgesetzte Technik	7
3.1.1 Ergänzung um einen dritten Flüssigdüngerspeicher	7
3.1.2 Bau und Betrieb eines Niederdruckgasspeichers auf dem neuen Flüssigdüngerspeicher	8
3.1.3 Erneuerung der beiden bestehenden BHKW-Containermodule	11
3.1.4 Bau und Betrieb verfahrenstechnischer Anlagen für die Gärrestabluft- und die Biogasbewirtschaftung	14
3.2 Abweichungen gegenüber der in der Projektskizze beschriebenen Anlagentechnik	19
4 Erkenntnisse aus dem Betrieb der Anlage bezüglich der Projektziele	23
4.1 Erkenntnisse bezüglich der zusätzlich verwerteten Methanfracht	23
4.2 Erkenntnisse bezüglich Leckagen bei der Gärrestabluftverwertung in den BHKW-Containermodulen	28
4.3 Erkenntnisse bezüglich Motorenbetrieb mit Gärrestabluft als Verbrennungsluft	29
4.4 Erkenntnisse bezüglich des besonderen Betriebszustandes für die Sandentnahme aus dem FD-Speicher 3	30
4.5 Erkenntnisse bezüglich Regelbetrieb der Gärrestabluftabsaugung aus dem FD-Speicher 3	31



4.6	Erkenntnisse bezüglich Regelbetrieb beim Zuführen der Gärrestabluft zur Verwertung in den BHKW	32
4.7	Erkenntnisse bezüglich Sicherheitsabschaltungen aufgrund der kontinuierlichen SIL-Messung der Methankonzentration in der Gärrestabluft	33
5	Erfüllung der im Zuwendungsbescheid festgelegten Erfolgskriterien oder Kennzeichen nach Nr. 7.4 ANBest-K	35
6	Maßnahmendauer sowie Finanzierungs- und Kostenplan	37

Tabellenverzeichnis:

Tab. 1:	Finanzierungs- und Kostenplan zum Zeitpunkt Ende 2020	37
---------	---	----

Abbildungsverzeichnis:

Abb. 1:	Luftbild aus der Bauphase der Erweiterung	7
Abb. 2:	Foto des Flüssigdüngerspeichers mit umgebendem Havariebecken	8
Abb. 3:	Foto vom Membranventil mit Bypass zur Biogaspendingung auf der Seite des BHKW	10
Abb. 4:	Schnitt durch den FD-Speicher 3 mit aufgesetztem Niederdruckgasspeicher	11
Abb. 5:	Foto vom BHKW-Standort mit noch offener Baugrube für die Rohrleitungs- und Kabelverlegung sowie die Verlängerung des Fundamentes	12
Abb. 6:	Foto vom BHKW-Standort beim Aufstellen von einem der beiden BHKW-Container	12
Abb. 7:	Zuführstelle der Gärrestabluft direkt über den Luftfiltern eines der beiden BHKW-Module	13
Abb. 8:	Foto des Sammelbalkens für Gärrestabluft aus den drei FD-Speichern im Maschinenraum	16
Abb. 9:	Konstruktionszeichnung des Anlagenlieferanten zur Aufstellung im Maschinenraum	17
Abb. 10:	Foto von der Bewetterungsseite des FD-Speichers 3	18
Abb. 11:	Gärrestabluftabsaugung beim Sedimentationsbecken	21
Abb. 13:	Screenshot der Visualisierung vom 17.12.2020 bezüglich der Flüssigdüngerbewirtschaftung	25
Abb. 14:	Screenshot der Visualisierung vom 17.12.2020 bezüglich der Gärrestabluftabsaugung im Bereich der Flüssigdüngerspeicher	26

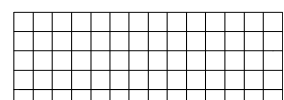
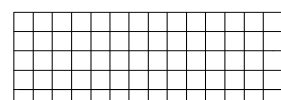


Abb. 15: Screenshot der Visualisierung vom 17.12.2020 bezüglich der Gärrestabluftabsaugung im Bereich von Sedimentationsbecken und Gärrestabluft

27

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



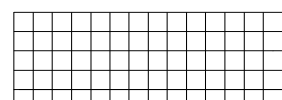
Zusammenfassung

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 Gärrestabluft abgesaugt und dem Biogasmotor als Verbrennungsluft zugeführt. Dadurch werden nicht nur die Methanemissionen an die Umwelt vermieden, sondern zusätzlich das Methan in der Gärrestabluft 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 zu Projektbeginn

1.1.1 Zu Projektbeginn vorhandene Anlagen

Die Abfallwirtschaft Rems-Murr AöR (bei Förderantragstellung noch Abfallwirtschaftsgesellschaft des Rems-Murr-Kreises mbH) verwertet seit 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 (Innendurchmesser jeweils 27 m, Gesamthöhe jeweils 6 m, nutzbare Höhe jeweils 5,5 m) 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 aufgrund höherer als erwarteter FD-Mengen und zur Vorhaltung einer Mindestlagerkapazität für FD von neun Monate.
- 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

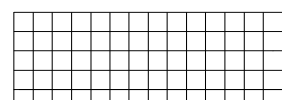
1.2 Aufgabenstellung des Vorhabens

1.2.1 Hintergründe der Aufgabenstellung

Die VDI 3475 Blatt 5 vom Oktober 2015¹ fordert in Kapitel 8.1.2.3.4 (Lagerung flüssiger Gärreste): „Ein gasdichter Abschluss des Lagers und Anschluss an die Gasverwertung ist ... einzuhalten“. In Kapitel 6.2.4 (Lagerung flüssiger Gärreste) ist präzisiert: „Das Lager ist technisch gasdicht auszuführen.“

Es war zu Projektbeginn zu erwarten, dass diese Anforderungen auch Eingang in die Fortschreibung der TA Luft finden und dadurch einen verbindlicheren Charakter erhalten

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



wird. Dies hat sich mit der zwischenzeitlich vorliegenden TA Luft² bestätigt. Hierbei ist die dortige Nr. 5.4.8.6.2 Buchstabe k in Verbindung mit Nr. 5.4.1.15 Buchstabe j relevant. Demnach gilt: „Die Lagerung von flüssigen Gärresten soll in mindestens technisch dichten Behältern erfolgen, die an Gasverwertungseinrichtungen angeschlossen sind.“

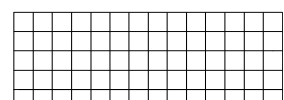
Ein technisch dichter Abschluss des Lagerbehälters für flüssige Gärreste und Anschluss an die Gasverwertung lässt sich beim neuen FD-Speicher 3 durch den Bau eines 2-schaligen Niederdruckgasspeichers mit Tragluftraum und Biogasspeicherraum direkt über dem Flüssigkeitsspiegel auf diesem Speicher sowie einem Anschluss an das Gas-system der Biogasanlage realisieren, was dem Stand der Technik entspricht.

Für die Ausführung des technisch gasdichten Abschlusses des FD-Speichers 3 sind die Eigenschaften des gelagerten FD zu beachten. Beim Abpressen von Bioabfallgärrest geht ein großer Teil des Sandes in den FD über. Bei der FD-Lagerung setzt sich der Sand im Lauf der Zeit am Boden der Lagerbehälter ab. Diese Eigenschaft führt zu den folgenden Nachteilen:

- Wird die Sandschicht nicht mehrmals jährlich aus den Lagerbehältern entfernt, würde das Beseitigen aufgrund deren Konsistenz sowie der Tendenz einer zunehmenden Verfestigung der Sandschicht immer aufwändiger und teurer.
- Der Austrag der Sandschicht kann wegen deren schlickartiger Konsistenz und dadurch großem Volumen 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 Sedimentausträumung 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. Damit würden diese dort als Treibhausgas wirken und stünden für eine motorische Nutzung nicht zur Verfügung. Zudem muss bei der Verdrängung jedes Mal die Explosionszone durchfahren werden.

Bei den bestehenden Lagern und dem Sedimentationsbecken wäre der Umbau zu einem technisch gasdichten Lager mit unverhältnismäßigem Aufwand verbunden. Bei Belassen der jeweils als sogenannte Emissionsabdeckung ausgeführten einschaligen Dächer kann allerdings eine nahezu gleichwertige Vermeidung der Emission aus den Lagerbehältern durch ständiges definiertes Absaugen erreicht werden. Bei entsprechender

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



Dimensionierung führt dies an den begrenzt vorhandenen Öffnungen zur umgebenden Atmosphäre zu einer Strömungsrichtung in die Behälter hinein.

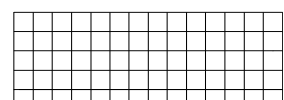
1.3 Aufgabenstellung und Projektziel

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

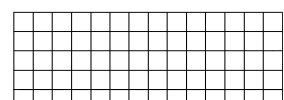
- Schaffung einer Gasspeichermöglichkeit für eine flexible Stromerzeugung bei gleichzeitiger Verhinderung der Emissionen während der Vorbereitung des Sandaustrages und bei der Wiederherstellung der Biogasatmosphäre beim neuen FD-Speicher 3 durch Trennung von Biogasraum und Abluftraum über dem Flüssigkeitsspiegel des FD.
- Energetische Verwertung der Restmethanogasung 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-Lageraum 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 Gärrestabluft) 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.



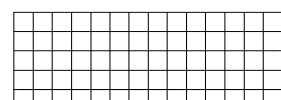
2 Projektentwicklung

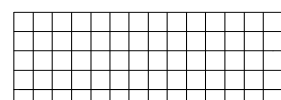
Das Projekt bestand aus den folgenden beiden Schritten:

1. Erstellung eines technischen Vorkonzepts zur begründeten Auswahl der umzusetzenden Verfahrenskombination mit:
 - Ermittlung der Bemessungsdaten anhand mehrerer Messungen von Konzentrationen und Frachten an der Gärrestabluft der bestehenden Lager bei verschiedenen Betriebszuständen (Sedimentationsbecken und FD-Speicher 1 + 2) und der Durchführung einer Gasprognose auf dieser Basis.
 - Auswahl und Festlegung der geeignetsten Verfahrenstechnik auf Basis der Bemessungsdaten.
2. Umsetzung der Anlagentechnik an der BVA Backnang-Neuschöntal.

Die Projektrealisierung erfolgte in folgendem Zeitablauf mit Corona-bedingten Verzögerungen im Jahr 2020:

Monat(e)	Meilenstein
01/2016	Einreichung Projektskizze Vorhaben
03/2016	Zuwendungsbescheid
06/2016 bis 05/2017	Messungen an vier Terminen zur Ermittlung der Konzentrationen in der Gärrestabluft bei unterschiedlichen Betriebszuständen zur Durchführung einer Gasprognose auf Basis der gewonnenen Daten als Bemessungsgrundlage
11/2017	Genehmigungsantrag BImSchG (letzte Ergänzung 03/2018)
05/2018	Genehmigungsbescheid
06/2018	Submission einer ersten Ausschreibung in 2 Losen ohne verwertbares Ergebnis (kein Angebot für die Bautechnik)
09/2018	Submission der Neu-Ausschreibung in 6 Losen und Vergabe
11/2018	Baubeginn Tiefbau
07/2019	Fertigstellung Betonbau FD-Speicher 3
08/2019	Abbau der alten und Aufstellen der neuen BHKW-Container
10/2019	Fertigstellung Niederdruckgasspeicher auf dem FD-Speicher 3
11/2019	Inbetriebnahme des FD-Speichers 3
12/2019	Probetrieb, Leistungsfahrten und Abnahme der beiden neuen BHKW ohne Gärrestabluftverwertung
10/2020	Inbetriebsetzung der Verfahrenstechnik für die Biogaspendingung zum Gasspeicher und die Gärrestabluftabsaugung und -verwertung als Gesamtanlage nach vorlaufenden I/O-Checks
12/2020	Leistungsnachweise und Abnahme für die Biogaspendingung zum Gasspeicher und die Gärrestabluftabsaugung und -verwertung





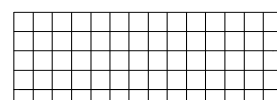
Ein Foto des Flüssigdüngerspeichers mit umgebendem Havariebecken, aufgesetztem Niederdruckgasspeicher und Blitzfangstangen zeigt die Abb. 2. Die Aufnahme zeigt die Ansicht von Süd-Westen mit dem Zugang zum Servicepodest West, wo sich u. a. die Über- und Unterdrucksicherungen für den Biogasraum und den Gärrestabluftraum befinden. Aus dieser Richtung vor dem Flüssigdüngerspeicher befindet sich der Container mit dem Maschineraum, 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 Deckelplatte des Kombischachtes mit Einstiegs Luke zu sehen.



Abb. 2: Foto des Flüssigdüngerspeichers mit umgebendem Havariebecken

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:

- Die Bewirtschaftung des Traglufttraumes erfolgt mit 2 unterschiedlich großen Tragluftgebläsen, welche abhängig vom Druck im Tragluftraum zum Einsatz kommen, sowie Tragluftauslässen auf der gegenüberliegenden Seite des Traglufttraumes. Bei Betrieb beider BHKW laufen immer beide Tragluftgebläse.
- Die Bewirtschaftung des Biogasraumes erfolgt für das Pendeln von Biogas in den Biogasraum mit dem Druck des Gasverdichters, welcher für das in den Fermentern gebildete Biogas nach der Gasaufbereitung eingesetzt wird. Genutzt wird eine Pendelleitung mit Abgang zwischen der Gasaufbereitung und den BHKW. Gependelt wird damit Biogas nach Gasaufbereitung. Die zum Gasspeicher gependelte Biogasmenge ergibt sich abhängig vom Druck vor den BHKW. Anhand dieser Stellgröße regelt am Abgang der Pendelleitung ein Membranventil die gependelte Menge derart, dass der Druck vor dem BHKW sich nicht ändert. Auf der Seite des Gasspeichers strömt das Biogas über einen Bypass zum im folgenden Absatz erwähnten Verdichter in den Biogasspeicher.

Die Bewirtschaftung des Biogasraumes erfolgt für das Pendeln aus dem Biogasraum zum BHKW über die gleiche Pendelleitung mittels eines Biogasverdichters neben dem FD-Speicher 3. Auf der Seite des BHKW strömt das Biogas über einen Bypass zu dem im vorigen Absatz erwähnten Membranventil in die Zuführleitung zum BHKW. Die Frequenz des Biogasverdichters neben dem FD-Speicher 3 wird derart nachgeregelt, dass der Druck vor dem BHKW sich nicht ändert. Die Abb. 3 zeigt ein Foto vom Membranventil mit Bypass zur Biogaspendingung auf der Seite des BHKW.

- Die Bewirtschaftung des Gärrestablufttraumes erfolgt durch Absaugung auf der einen Seite des Gärrestablufttraumes bei zeitgleicher Außenluftzuführung mit zwei Zuluftgebläsen auf der anderen Seite. Die Absaugung erfolgt mit konstantem Volumenstrom. Die Zuluftzuführung erfolgt abhängig vom Druck im Gärrestabluftraum, der auf mindestens 0,3 mbar über dem Druck im Biogasraum eingestellt ist. Durch den 0,3 mbar höheren Druck im Gärrestabluftraum gegenüber dem Biogasraum wird gewährleistet, dass die untere Gasspeicherfolie mit einer Gewichtskraft pro m² Behältergrundfläche von knapp 15 N/m² entsprechend 0,15 mbar in der aufgeblasenen Schalenform verbleibt und nicht auf das Gurtsystem absinkt. Beim Absinken könnten sich Vertiefungen bilden, in denen sich Kondensatwasser ansammeln kann.

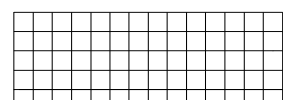
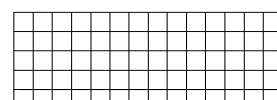




Abb. 3: Foto vom Membranventil mit Bypass zur Biogaspendingung auf der Seite des BHKW

In der Abb. 4 ist ein Schnitt durch den FD-Speicher 3 mit aufgesetztem Niederdruckgaspeicher und darunter vorhandenem Gärrestablufräum dargestellt.

Das geometrische Volumen zwischen unterer und oberer Folie des Biogasspeichers liegt rechnerisch bei etwa 4.800 m³. Nach Herstellerangaben sind davon zwischen 0 und 100 % Befüllung etwa 4.160 m³ für die Biogasspeicherung nutzbar. Die Mindermenge ergibt sich dadurch, dass durch ungleichmäßiges Aufeinandersaugen der beiden Folien beim Leeren des Biogasspeichers Restgasmengen in Falten verbleiben. Für die Gasspeicherung wird im Normalbetrieb der Bereich zwischen 15 % Füllstand und 90 % Füllstand genutzt. Für den Flexbetrieb ist aktuell ein Volumen zwischen 5 % Füllstand und 95 % Füllstand frei gegeben, also ein Volumen von etwa 3.750 m³.



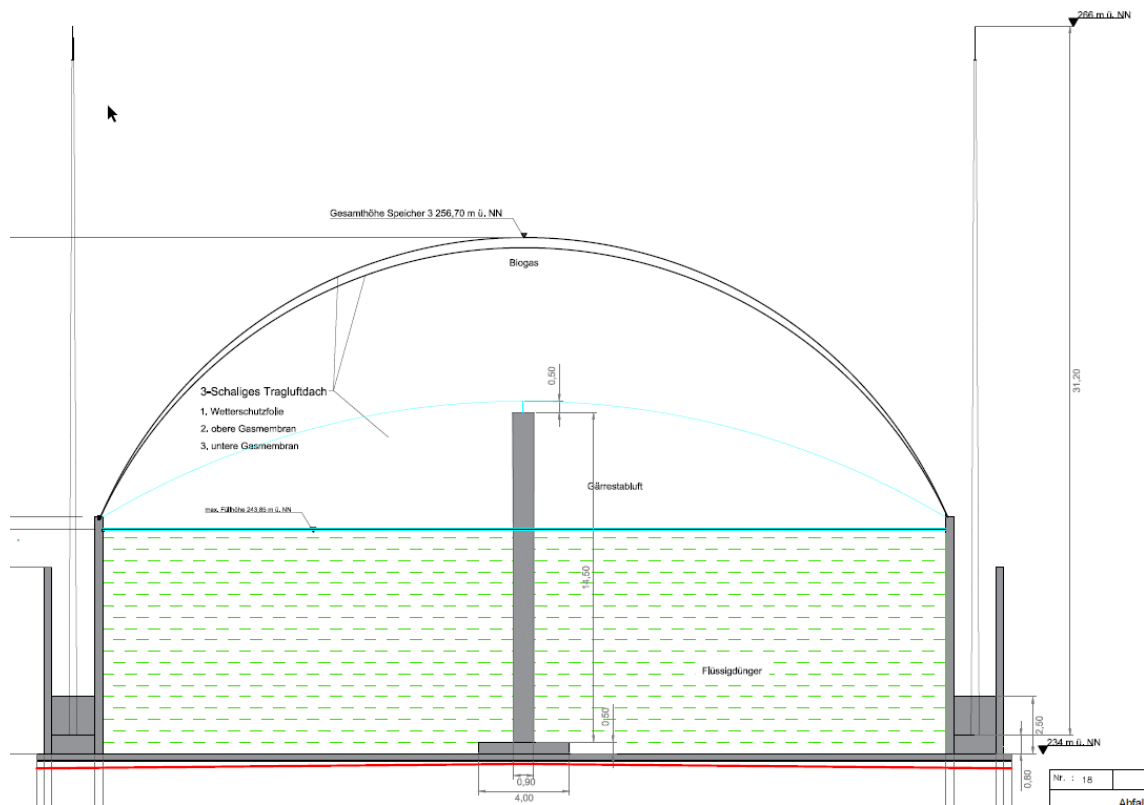


Abb. 4: Schnitt durch den FD-Speicher 3 mit aufgesetztem Niederdruckgasspeicher

3.1.3 Erneuerung der beiden bestehenden BHKW-Containermodule

Es erfolgte der Ersatz der beiden vorhandenen BHKW-Containermodule mit einer elektrischen Leistung von 800 kW_{el.} durch zwei größere 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 Abb. 5 und die Abb. 6 zeigen Fotos vom Aufstellen der neuen BHKW-Containermodule. Die Abb. 5 zeigt den Zustand mit noch offener Baugrube für die Rohrleitungs- und Kabelverlegung sowie die Verlängerung des Fundamentes für das Aufstellen der größeren BHKW-Container. Die Abb. 6 zeigt den Zeitpunkt des Aufstellens von einem der beiden BHKW-Container, nach Herstellung der Fundamentverlängerung und einer Fundamentverstärkung. Das alte BHKW war zu diesem Zeitpunkt noch in Betrieb. Am rechten Bildrand zu sehen sind die Lamellen der Zuluftöffnung.

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

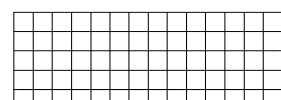
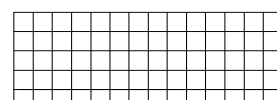




Abb. 5: Foto vom BHKW-Standort mit noch offener Baugrube für die Rohrleitungs- und Kabelverlegung sowie die Verlängerung des Fundamentes



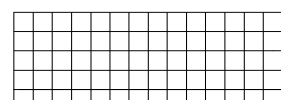
Abb. 6: Foto vom BHKW-Standort beim Aufstellen von einem der beiden BHKW-Container



In der Abb. 7 ist die Zuführstelle der Gärrestabluft direkt über den Luftfiltern eines der beiden BHKW-Module dargestellt.

A photograph showing two large, black, circular MWM cooling fans mounted on a blue metal frame. The fans have a radial design with orange-colored blades. A white label on the right fan reads "MWM" and "LAD 2400". The background shows a server room environment with green pipes and white flexible ducting.

Die Leitkonzentration für die Gärrestabluftabsaugung ist eine Methankonzentration von < 40 % der unteren Explosionsgrenze für Methan in Außenluft und damit eine Methankonzentration von 1,76 Vol.-%. Diese Konzentration gilt als Maximalkonzentration in der Gärrestabluft nach der Vermischung der einzelnen Gärrestabluftströme aus den vier Quellen (FD-Speicher 1, 2 und 3 sowie Sedimentationsbecken), also vor dem BHKW.



Beim Umschalten zwischen den BHKW-Modulen sind folgende Zeiträume zu beachten, in denen keine oder nur begrenzt Gärrestabluft im Motor verwertet werden kann:

1. Bei der Inbetriebnahme eines Motors wird die Nullposition des Mischers festgelegt. Aus diesem Grund muss der Motorstart mit reiner Außenluft als Verbrennungsluft starten. Die Beimischung von Gärrestabluft ist entsprechend in dieser Phase abgeschaltet und wird danach zeitverzögert in Betrieb gesetzt.
2. Es ist sicherzustellen, dass die Änderungsgeschwindigkeit der CH₄-Beladung der Verbrennungsluft nicht größer wird als die zulässige Änderungsgeschwindigkeit bei der Brenngaszufuhr (< 1 % / 10 Sek.), da sonst der Gasmischer nicht mehr schnell genug reagieren kann.

Die genannten Vorgaben werden bei der Bewirtschaftung durch entsprechende Prozesssteuerung berücksichtigt.

Zur Schaffung der Voraussetzungen für eine Flexibilisierung erfolgte neben der Erneuerung der BHKW-Module auch der Umbau der Niederspannungshauptverteilung (NSHV), der Trafostation und der Mittelspannungsanlage.

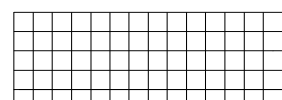
3.1.4 Bau und Betrieb verfahrenstechnischer Anlagen für die Gärrestabluft- und die Biogasbewirtschaftung

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

- Vorentschwefelung für Biogas mit dem Verfahren BioBF der Fa. Züblin zur Verringerung des Aktivkohleverbrauchs in der nachgeschalteten Aktivkohleadsorption.
- Gaswaschtrocknung für Biogas als Ersatz der bisher unzureichenden Kühlung des Biogases.
- Biogas-Pendelleitung einschließlich der dort vorhandenen Verfahrenstechnik, bestehend aus verschiedenen Armaturen und Messstellen sowie einem Verdichter Zone 2 für Biogas.

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

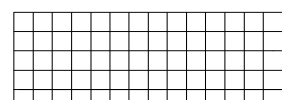
- Zwei Zuluftgebläse auf der einen Seite des FD-Speichers 3.
- Je eine Absaugleitung aus den 3 FD-Speichern einschließlich der dort vorhandenen Verfahrenstechnik, bestehend aus verschiedenen Armaturen und Messstellen.

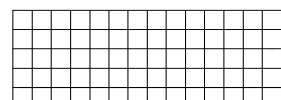


Die drei Absaugleitungen sind in einem Sammelbalken zusammengeführt. Die Verteilung der Absaugmenge auf die drei FD-Speicher erfolgt nach Einstellung der Gesamtabaugmenge auf 1.800 m³/h dadurch, dass die Absaugmenge aus FD-Speicher 3 auf 800 m³/h eingestellt wird, so dass für die FD-Speicher 1 und 2 1.000 m³/h verbleiben. Am Sammelbalken kann mit manuell bedienbaren Klappen eine Verteilung auf die FD-Speicher 1 und 2 erfolgen. Üblicherweise sind die Klappen zu 100 % geöffnet. Durch vergleichbare Druckverluste in den angeschlossenen Absaugleitungen werden dadurch die FD-Speicher 1 und 2 mit jeweils 500 m³/h abgesaugt. Die Regelung der Absaugmenge aus FD-Speicher 3 erfolgt mit einem Membranventil, nachdem der Absaugvolumenstrom zuvor grob mit einer motorischen Klappe in einem Bypass eingestellt ist.

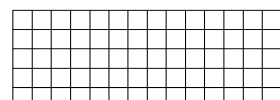
Die Abb. 8 enthält ein Foto des Sammelbalkens. Links befindet sich die Absaugung aus dem FD-Speicher 3 mit Bypass. Die beiden anderen Anschlüsse dienen den Absaugleitungen aus den bestehenden FD-Speichern 1 und 2. Vom Sammelbalken durch die Containerwand nach hinten geht es zur Gaswaschtrocknung. Durch ein zweites Loch in der Containerwand weiter oben erfolgt die Ableitung nach der Gaswaschtrocknung zu den Gebläsen. Das Foto stammt aus der Bauphase. Die beiden Ringräume sind zwischenzeitlich verschlossen.

- Gaswaschtrockner zur Entfernung von Ammoniak bei der gesammelten Gärrestabluft.
- Ableitung der gesammelten Gärrestabluft in Richtung BHKW einschließlich der dort vorhandenen Verfahrenstechnik, bestehend aus verschiedenen Armaturen und Messstellen sowie einer Gebläsestation mit redundant ausgeführtem Gebläse Zone 2 für Gärrestabluft.
- Im Normalbetrieb abgeschiebter Abzweig aus dieser Leitung zum Biofilter für den Fall, dass kein BHKW zur Verwertung von Gärrestabluft zur Verfügung steht.
- Absaugleitung aus dem Sedimentationsbecken einschließlich der dort vorhandenen Verfahrenstechnik, bestehend aus verschiedenen Armaturen und Messstellen sowie einem im Normalbetrieb abgeschiebten Abzweig zur Hallenabluftabsaugung für den Fall, dass kein BHKW zur Verwertung von Gärrestabluft zur Verfügung steht.
- Gaswaschtrockner zur Entfernung von Ammoniak bei der Gärrestabluft aus dem Sedimentationsbecken.
- Ableitung der Gärrestabluft aus dem Sedimentationsbecken in Richtung eines Anschlusspunktes an die Gärrestabluftableitung aus den FD-Speichern Richtung BHKW einschließlich der dort vorhandenen Verfahrenstechnik, bestehend aus verschiedenen Armaturen und Messstellen sowie einem Gebläse Zone 2 für Gärrestabluft.
- Energetische Verwertung der gesammelten Gärrestabluft als Verbrennungsluft im BHKW.





Es erfolgte der Bau eines neuen Maschinenraumgebäudes für die Verfahrenstechnik zur Biogas- und Gärrestabluftbewirtschaftung im Bereich der FD-Speicher sowie eines Schaltraumgebäudes für die hierzu und für die neuen Anlagen zur FD-Bewirtschaftung erforderliche Elektrotechnik. Die Abb. 9 enthält eine Konstruktionszeichnung des Anlagenlieferanten, der Fa. ETW Energietechnik GmbH Moers, zur Aufstellung im Maschinenraum. Blau gezeichnet sind die Anlagen für Gärrestabluft und grün gezeichnet sind die Anlagen für Biogas.



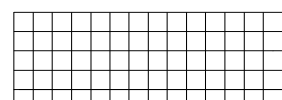
Es erfolgte der Bau von 2 Kondensatschächten für die Abführung von an Tiefpunkten anfallendem Kondensat und von Abschlammwasser aus den Gaswaschtrocknern und aus dem BioBF.

Die Flüssigdüngerspeicher müssen wiederkehrend entleert und der dort abgesetzte Sand mit Radlader entfernt werden. Beim FD-Speicher 3 ist vor der Räumung der zuvor gegebene Druck im Gärrestabluftraum abzubauen und nach der Räumung ist der erforderliche Druck im Gärrestabluftraum zum Aufblasen der unteren Gasspeicherfolie 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

Die Abb. 10 zeigt ein Foto von der Bewertungsseite des FD-Speichers 3. Das Bewertungsgebläse befindet sich in dem Container am linken Bildrand. Zur Bewertung ist die Containertür auf Vorder- und Rückseite des Containers zu öffnen und das Bewertungsgebläse mittels Lutte mit dem Bewertungs kanal zu verbinden. Am oberen Ende des Bewertungs kanals wird ebenfalls eine Lutte befestigt, welche durch die dann geöffnete Bewertungsstür geführt wird. Diese Arbeit erfolgt auf dem Servicepodest Ost, von dem auf dem Foto das Geländer zu erkennen ist. Auf dem Servicepodest Ost befinden sich u. a. die Zuluftgebläse zur Nachführung von Außenluft in den Gärrestabluftraum des FD-Speichers 3. Die Schläuche, mit denen die Nachführgebläse mit dem Gärrestabluftraum verbunden sind, sind hinter dem Geländer zu erkennen.



Abb. 10: Foto von der Bewetterungsseite des FD-Speichers 3



3.2 Abweichungen gegenüber der in der Projektskizze beschriebenen Anlagentechnik

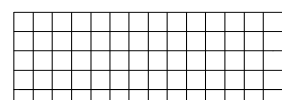
Zielstellung zu Projektbeginn war die Umsetzung der folgenden Verfahrenskombination:

- „Notverbrennungseinrichtung“, ausgelegt auf die zu entsorgende Gärrestabluft, welche parallel zur bestehenden Notfackel betrieben wird.
- Gebläsestation mit redundant vorhandenem Gebläse für die Gärrestabluftabsaugung.
- Analysestation mit Messstellenumschalter und Messgasleitungen sowie sonstige Messtechnik (insbesondere zur Druckaufnahme) an verschiedenen Stellen der Ableitung der Gärrestabluft.
- Außerhalb des Gebäudes isolierte Rohrleitungen zwischen den Gärrestlagerbehältern, vom Gärrestlager zum BHKW und von dort zur Notverbrennungseinrichtung (mit Bypass beim BHKW) sowie Zuluftöffnungen inkl. gesteuerter Klappen.
- 3-schaliger Gasspeicher mit Mittelstützte auf dem neuen FD-Speicher 3; bei den bestehenden Lagern soll sich an der Abdeckung nichts ändern, d. h. Emissionsabdeckungen an den Speichern 1 + 2 sowie keine Abdeckung und keine Absaugung am Sedimentationsbecken.
- Steuer und Regelungstechnik einschließlich Prozesssteuerung.
- Inbetriebnahme und Probetrieb der neuentwickelten Verfahrenskombination aus 3 Gewerken (BHKW, Notverbrennung, Gasabsaugung).

Von dieser Zielstellung zu Projektbeginn wurde abgewichen.

In den Sachberichten bereits mitgeteilte Änderungen:

- Das Sedimentationsbecken ist zwischenzeitlich mit einer Emissionsabdeckung abgedeckt und an die Gärrestabluftabsaugung angeschlossen.
Auf eine Redundanz des Absauggebläses für die Gärrestabluft aus dem Sedimentationsbecken wurde verzichtet, da ein zusätzlicher Anschluss an die Hallenabluftabsaugung vorhanden ist. Als Redundanz wird beispielsweise bei Gebläseausfall oder falls kein BHKW zur Verwertung verfügbar ist, die Klappe zur Hallenabluftabsaugung geöffnet und die Klappe Richtung Gärrestabluftverwertung geschlossen.
- Ursprünglich war vorgesehen, die Gärrestabluft aus den FD-Speichern 1 und 2 als Zuluft für den FD-Speicher 3 zu verwenden. Umgesetzt ist die Absaugung der drei FD-Speicher einzeln über einen Sammelbalken mit nachgeschalteter Abluftbehandlung und anschließend vorhandenem redundanten Gebläse. Für die Zuluft des FD-Speichers 3 werden eigene Zuluftgebläse eingesetzt.

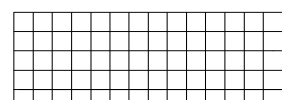


- Eine ursprünglich vorgesehene Notverbrennungseinrichtung ist nicht erforderlich und nicht umgesetzt, denn der Betrieb eines der beiden BHKW reicht aus, die gesamte Gärrestabluft zu verwerten.
Damit haben die beiden BHKW jeweils für das andere BHKW den Charakter einer Notverbrennungseinrichtung.
Im seltenen Fall des Ausfalls beider BHKW wird die Gärrestabluft aus dem Sedimentationsbecken direkt der Hallenabluft und die Gärrestabluft aus den FD-Speichern dem Biofilter zugeführt.
Durch die geplante Vorgehensweise wird verhindert, dass sich die Methankonzentration in Phasen ohne BHKW-Betrieb in der Gärrestabluft aufkonzentrieren kann.
- 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.
Die Gärrestabluftbehandlung ist als Gaswaschtrockner ausgeführt, der das in hoher Konzentration vorhandene Ammoniak gemäß der bisher vorliegenden Betriebserfahrungen effektiv entfernt.
Weitere Behandlungsschritte sind nicht erforderlich. So wurden bei den Voruntersuchungen keine relevanten Schwefelwasserstoffkonzentrationen festgestellt. Die Abwesenheit relevanter Schwefelwasserstoffkonzentrationen hat sich auch im bisherigen Betrieb bestätigt.

Nach Vorlage des letzten Sachberichtes zusätzlich durchgeführte Änderungen:

- Durch die Vereinigung der Abluftströme aus den FD-Speichern und aus den Sedimentationsbecken erst kurz vor den BHKW wird neben der Analysestation mit Messstellenumschalter und Messgasleitungen im Bereich der FD-Speicher eine weitere Analyse im Bereich des Sedimentationsbeckens durchgeführt.
Hierfür wird ein zuvor freier Messplatz an der Analysestation für Biogas eingesetzt.
- Vom Sachverständigen nach BetrSichV⁴ wurde wegen der Gefahr einer zu hohen Methankonzentration zusätzlich zu den beiden Messungen in 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 sicherheits-

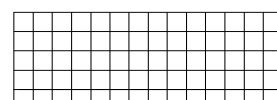
⁴: Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung - BetrSichV) vom 03.02.2015, zuletzt geändert: 30. April 2019



Die geforderte SIL1-Messung wurde zum einen direkt nach dem Sammelbalken bei den FD-Speichern und zum anderen direkt nach dem Sammelbalken der beiden Absaugleitungen aus dem Sedimentationsbecken neben der dort vorhandenen Klappe installiert. Bei den FD-Speichern führt die Überschreitung des Hauptalarmwertes unmittelbar zum Schließen der Klappen zu den Absauggebläsen und beim Sedimentationsbecken führt die Überschreitung zum unmittelbaren Umschiebern von der Förderung Richtung Gärrestabluftverwertung (Förderrichtung entsprechend grünem Pfeil in der Abb. 11) auf die Förderung Richtung Hallenluftabsaugung (Förderrichtung entsprechend rotem Pfeil in der Abb. 11).



- Die Zuführung der Gärrestabluft in die Motoren erfolgt nicht, wie ursprünglich geplant, als gasdichter Anschluss in die Zuleitung zwischen Luftfilter und Mischer. Vielmehr endet die Gärrestabluftleitung über dem Luftfilter mit einem in den Aufstellraum zeigenden offenen Rohrende derart, dass die am Rohrende ausströmende Gärrestabluft vollständig in den Luftfilter gesaugt wird.



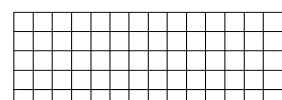
Die zuvor gewünschte Variante war von den Motorenherstellern abgelehnt worden. Im Nachhinein hat sich die gewählte Variante allerdings als sehr effektiv, sehr sicher in Bezug auf mögliche Leckagen und somit möglicherweise als die bessere Variante erwiesen.

- 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. Es ist allerdings nicht auszuschließen, dass temporär unzureichend gekühltes Gas in den Gasspeicher gelangt und/oder das Gas im Gasspeicher so stark abkühlt, dass Kondensat anfällt.

Damit sich durch den beschriebenen Kondensatanfall keine Wassersäcke in der unteren Gasspeicherfolie bilden, war ursprünglich vorgesehen, die untere Gasspeicherfolie an einem deutlich verstärkten Gurtnetz zu befestigen. Eine solche Ausgestaltung hätte allerdings Wassersäcke nicht vermeiden können.

Daher wurde die Vorgehensweise derart geändert, dass die untere Gasspeicherfolie nicht auf dem Gurtnetz aufliegt, sondern durch die Gewährleistung eines ausreichend höheren Drucks als im darüber angeordneten Gasspeicher in Kugelsegmentform nach oben aufgeblasen ist. Dadurch ist an jeder Stelle der Folie ein Gefälle zum Behälterrand mit weiterer Kondensatableitung vorhanden und damit sind Wassersäcke in der Folie auszuschließen.

Vor dem Öffnen der Behälter muss der gegenüber dem Gasspeicher höhere Druck dann vorsichtig abgelassen werden, damit sich die untere Gasspeicherfolie und damit der Gasspeicher so langsam absenken kann, dass der Druck im Tragluft Raum zu jeder Zeit zur Gewährleistung der ausreichenden Statik ausreicht.



4 Erkenntnisse aus dem Betrieb der Anlage bezüglich der Projektziele

Im Weiteren werden die Erkenntnisse anhand von Screenshots der Visualisierung vom 17.12.2020 erläutert.

4.1 Erkenntnisse bezüglich der zusätzlich verwerteten Methanfracht

Grundsätzlich bestätigt 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. 12 dargestellt.

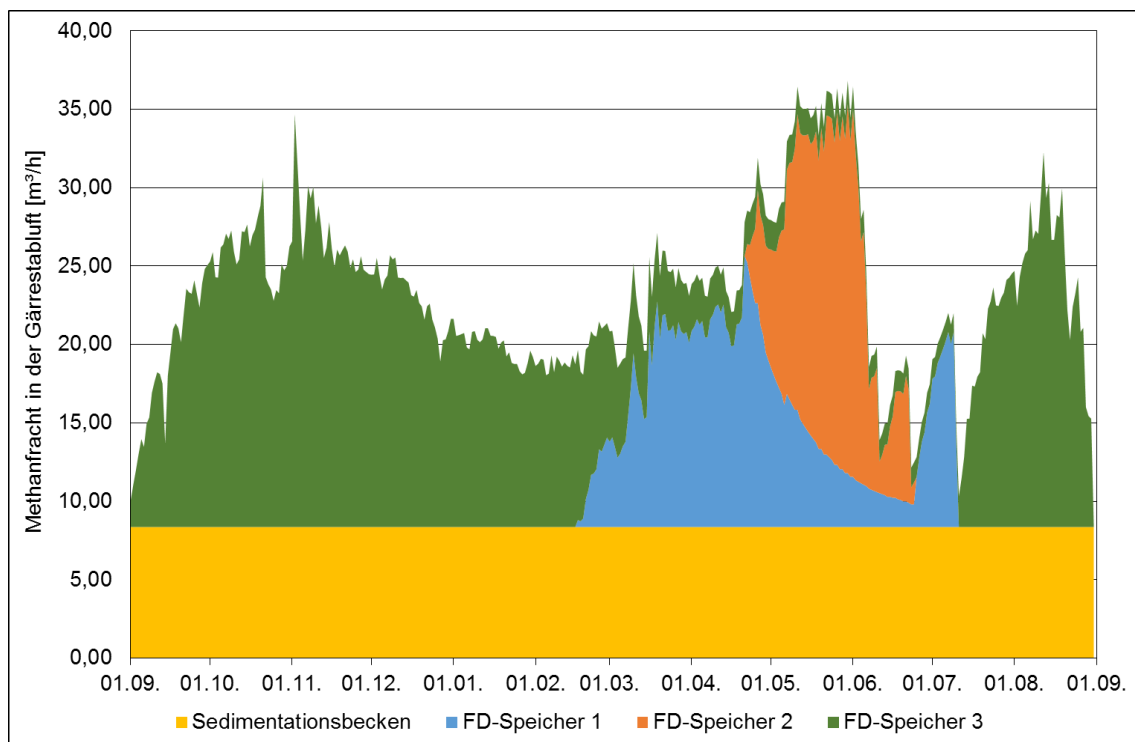
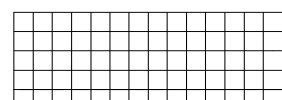


Abb. 12: Im Jahr 2017 prognostizierte Methanfracht in der Gärrestabluft

In Abb. 13 ist der Screenshot der Visualisierung vom 17.12.2020 bezüglich der Flüssigdüngerbewirtschaftung dargestellt. Demnach ist zum 17.12.2020 im Wesentlichen Folgendes gegeben:

- Füllstände von 19,2 %, 18,5 %, 57,3 % bei den FD-Speichern 1, 2 bzw. 3.
- Ringraumentwässerung ergibt einen Wert im Oberflächenwasser von 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bei einem zugelassenen Maximalwert von 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, entsprechend ist der Schieber Richtung Vorfluter offen (grün).



Hinweis hierzu: Am 17.12.2020 enthielt der FD-Speicher 3 (= neuer Speicher) den größten Anteil der FD-Lagermenge und war bereits mehrere Tage hintereinander der zuletzt befüllte FD-Speicher.

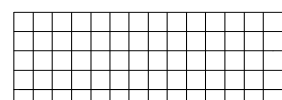
Am 17.12.2020 war entsprechend dem Screenshot ein FD-Füllvolumen in allen drei Speichern von etwa 5.150 m^3 bei einem zulässigen maximalen FD-Füllvolumen von etwa 16.900 m^3 erreicht (Hinweis: Kalibrierung des Füllstandes in FD-Speicher 3 war noch nicht korrekt eingestellt). Es wurden also 30,5 % der vorhandenen FD-Lagerkapazität für FD genutzt.

Bei diesem Befüllzustand sollten nach der Prognose in der Abb. 12 etwa $8 \text{ m}^3/\text{h}$ Methan aus dem Sedimentationsbecken und etwa $8 \text{ m}^3/\text{h}$ aus den FD-Speichern 1 bis 3 entstehen.

Am 17.12.2020 wurden im Leitsystem folgende Methankonzentrationen ermittelt:

- Feststellung einer Methankonzentration von 0,7 Vol.-% in der Gärrestabluft bei FD-Speicher 3 und von 0,4 Vol.-% in der Mischabluft aus allen drei FD-Speichern (siehe Abb. 14). In der Mischabluft aus den FD-Speichern ergibt sich damit bei Ansatz eines Volumenstromes von etwa $1.800 \text{ m}^3/\text{h}$ ein Methanvolumenstrom von etwa $7,2 \text{ m}^3/\text{h}$.
- Auch in der Abluft aus dem Sedimentationsbecken wurde eine Methankonzentration von 0,4 Vol.-% gemessen (siehe Abb. 15). In der Gärrestabluft aus dem Sedimentationsbecken ergibt sich damit bei Ansatz eines Volumenstromes von etwa $900 \text{ m}^3/\text{h}$ ein Methanvolumenstrom von etwa $3,6 \text{ m}^3/\text{h}$.

Damit ergibt sich ein Gesamtmethanvolumenstrom von $11 \text{ m}^3/\text{h}$ anstatt der für diesen Befüllzustand prognostizierten $16 \text{ m}^3/\text{h}$. Allerdings schwankt die Ausgasung aus dem Gärrest abhängig vom Betriebs- und Witterungszustand. So wurde ein paar Tage zuvor allein aus dem Sedimentationsbecken ein Methanvolumenstrom von $11 \text{ m}^3/\text{h}$ abgesaugt. Inwieweit sich die prognostizierte Methanmenge bei schwankenden Rahmenbedingungen weiter verifizieren lässt, kann sich erst anhand der weiteren Langzeit-Betriebserfahrungen zeigen.



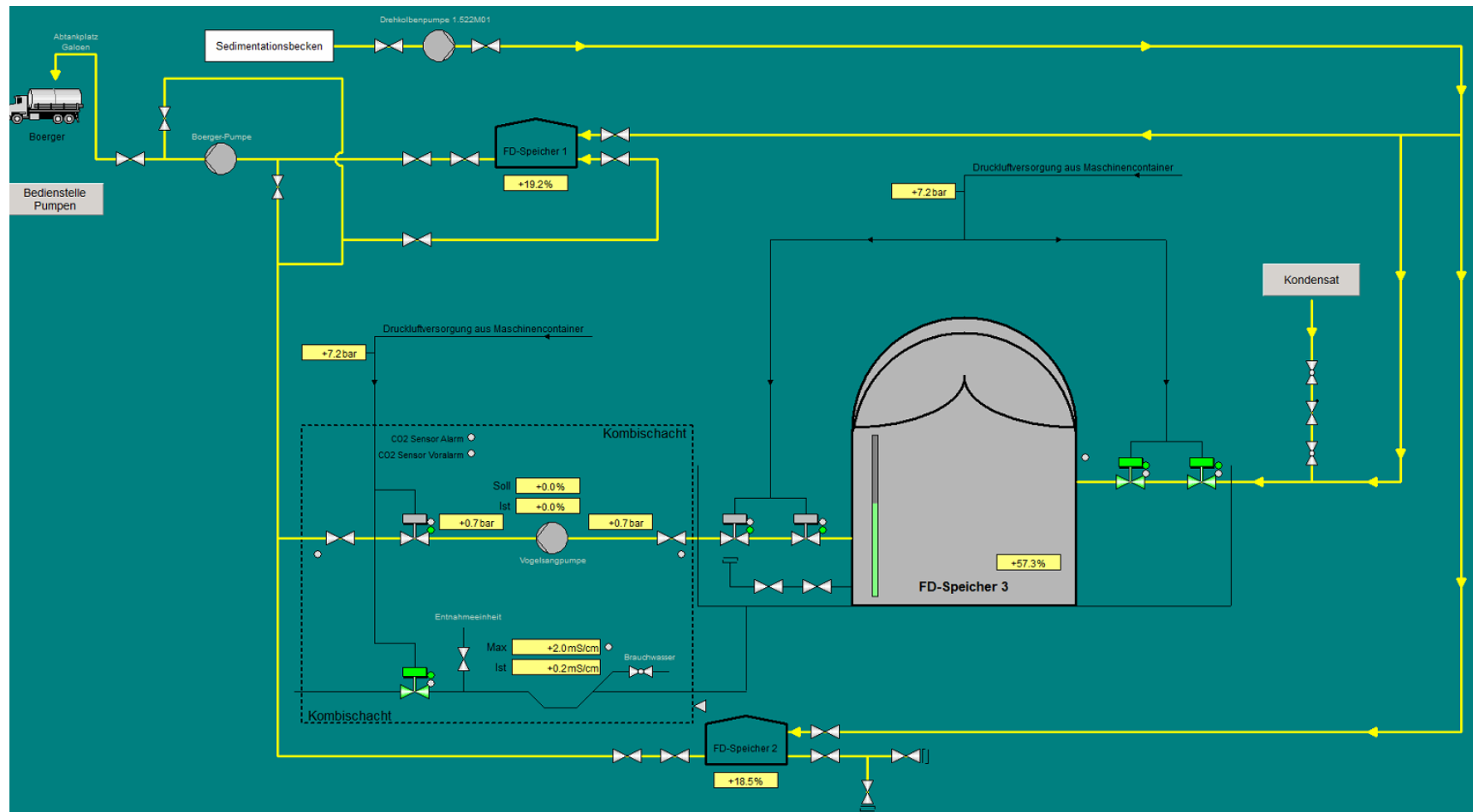
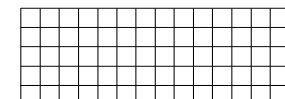


Abb. 13: Screenshot der Visualisierung vom 17.12.2020 bezüglich der Flüssigdüngerbewirtschaftung



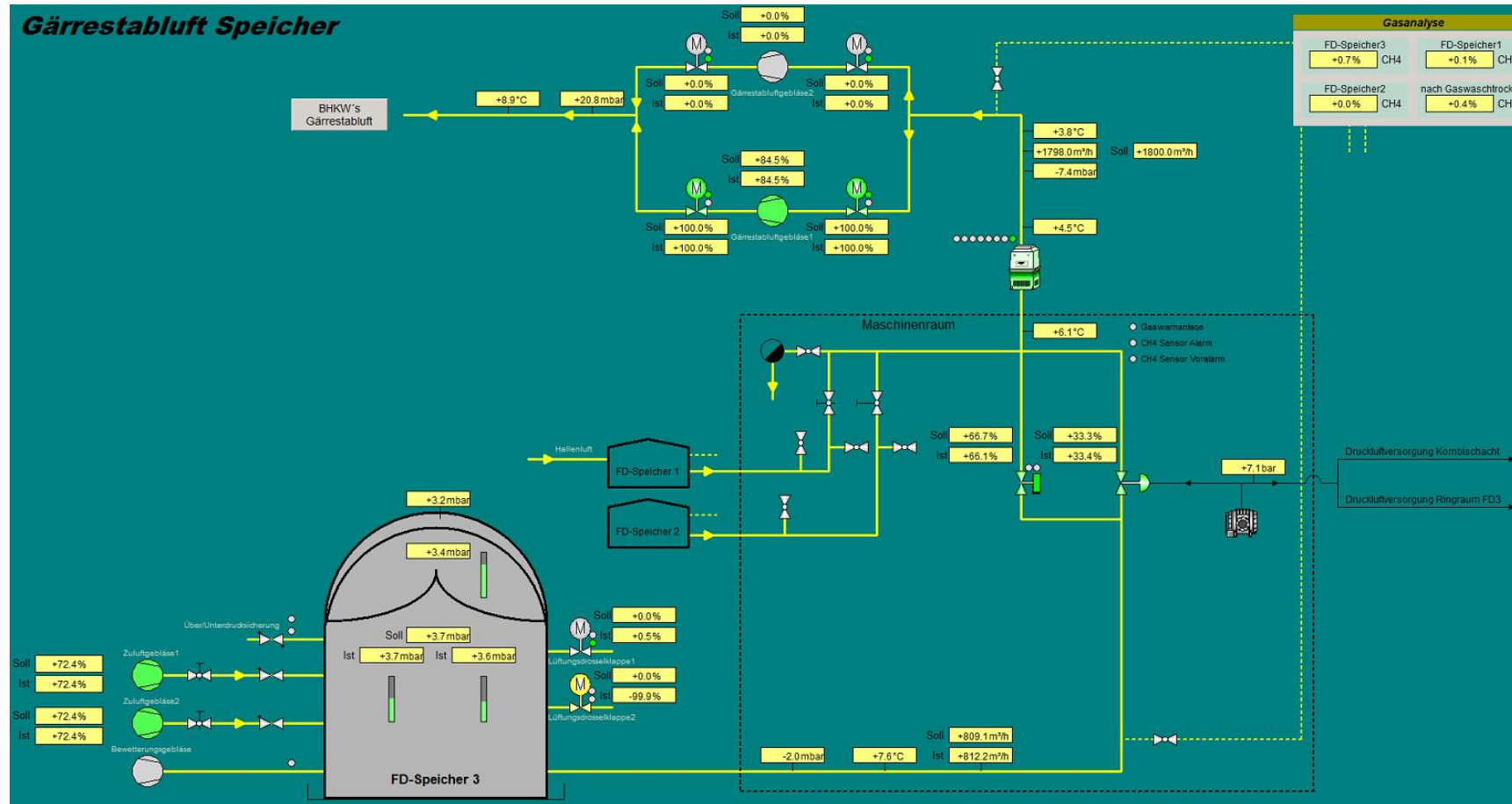


Abb. 14: Screenshot der Visualisierung vom 17.12.2020 bezüglich der Gärrestabluftabsaugung im Bereich der Flüssigdüngerspeicher

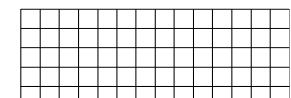


Abb. 15: Screenshot der Visualisierung vom 17.12.2020 bezüglich der Gärrestabluftabsaugung im Bereich von Sedimentationsbecken und Gärrestabluft

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.
- 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.

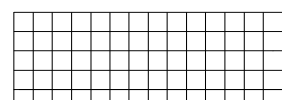
Der Stromverbrauch konnte bislang noch nicht bilanziert werden. Der Stromverbrauch dürfte aktuell über dem prognostizierten Stromverbrauch liegen. Optimierungspotential bezüglich des Stromverbrauchs wurde erkannt, wird aber erst im Jahr 2021 umgesetzt, wenn die Anlage über eine längere Zeit betrieben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

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

Bei Betrieb des kleinen BHKW (=> grundsätzlich ungünstigerer Fall wegen des geringeren Verbrennungsluftbedarfs) und Betrieb der Gärrestabluftabsaugung mit dem Volumenstrom des Normalbetriebes (= maximaler Gärrestabluftvolumenstrom) 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.

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.



- 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.

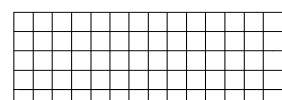
Zusätzlich wurde bei weiteren Messungen bei dem zum Messzeitpunkt für die Gärrestabluftverwertung eingesetzten BHKW getestet, ob die Gärrestabluftzuführung bei einem Schnellstopp des BHKW schnell genug stoppt, damit Methan aus der Gärrestabluft nicht in den Motoraufstellraum des BHKW eindringt. Dabei wurde nachgewiesen, dass der Stopp des BHKW unmittelbar zum Schließen der Klappen in der Gärrestabluftzuführung zum BHKW führt. Das Schließen von der angezeigten Endlage „auf“ bis zur angezeigten Endlage „zu“ dauert etwas mehr als 1 Sekunde.

Wegen der schädigenden Wirkung eines Schnellstopps bei Volllast des BHKW wurde bei den Messungen sogar ein noch ungünstigerer Zustand getestet, und zwar ein Zustand, der im Normalbetrieb nicht auftreten wird: Das BHKW wurde zunächst in den Leerlauf geschaltet, bevor der Schnellstopp ausgeführt wurde.

Im Leerlauf sinkt der Luftbedarf unter die Menge an zugeführter Gärrestabluft. Dies war dadurch erkennbar, dass sich bei einer Methankonzentration in der zugeführten Gärrestabluft von etwa 4.000 ppm (0,4 Vol.-%) eine methanhaltige „Wolke“ mit mittleren Methankonzentrationen von 300 ppm um den Luftfilter bei BHKW-Betrieb im Leerlauf ausgebildet hat. Sobald das BHKW dann vom Leerlauf über Schnellstopp gestoppt und dadurch unmittelbar keine Gärrestabluft mehr nachgeliefert wurde, ist für die Restverbrennung des im Motor vorhandenen Biogases die zuvor gegebene „Wolke“ vollständig in den Luftfilter eingesaugt worden. Nach dem Stopp war damit rund um den Luftfilter keine messbare Methankonzentration mehr festzustellen.

4.3 Erkenntnisse bezüglich Motorenbetrieb mit Gärrestabluft als Verbrennungsluft

Die Motoren können mit bis zu 100 % Gärrestabluft als Verbrennungsluft betrieben werden. Dies auch dann, wenn die Verbrennungsluft 1,76 Vol.-% Methan enthalten würde, wobei diese Konzentration motorensseitig noch nicht die Obergrenze darstellt. Je nach dem Brennwert, der mit der Gärrestabluft zugeführt wird, reduziert sich der über



den Gasmischer zuzuführende Brenngasanteil nur in einem so geringen Maß, dass dies durch die Motorsteuerung über die Brennraumtemperatur ausgeregelt wird. Es zeigt sich allerdings dennoch ein Einfluss auf den Motorenbetrieb. Durch den zusätzlich zugeführten und weniger genau ausgesteuerten Brennwert schwankt die Brennraumtemperatur wesentlich stärker als ohne Nutzung von Gärrestabluft als Verbrennungsluft. Dieses Verhalten ist noch aufzuklären.

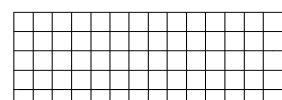
4.4 Erkenntnisse bezüglich des besonderen Betriebszustandes für die Sandentnahme aus dem FD-Speicher 3

Beim FD-Speicher 3 ist bei einem ausreichend niedrigen FD-Füllstand vor der Räumung von abgesetztem Sand mit Radlader der zuvor gegebene Druck im Gärrestabluftraum abzubauen und nach der Räumung der erforderliche Druck im Gärrestabluftraum zum Aufblasen der unteren Gasspeicherfolie wieder herzustellen. Dieses wurde bereits mehrfach getestet:

Für die Räumung des Sandes muss zuvor der Druck aus dem Gärrestabluftraum langsam abgebaut werden.

- Geschieht dies nicht in ausreichendem Maß oder wird unmittelbar die Drucktür für das Bewetterungsgebläse geöffnet, so drückt es die Tür mit hoher Geschwindigkeit auf.
- Wird unmittelbar die Drucktür für das Bewetterungsgebläse geöffnet oder der Druck zu schnell abgelassen, fällt die unter Gasspeicherfolie unmittelbar oder zu schnell auf die Höhe des Gurtsystems ab und damit so schnell in sich zusammen, 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 Gärrestabluftraum 2 Lüftungsklappen zur Umgebung verbaut, Bei abgeschalteter Absaugung und abgeschalteten Zu- und Abluftgebläsen kann der Druck über diese Lüftungs-drosselklappen langsam derart abgebaut werden, dass die Tragluftnachführung mit den Tragluftgebläsen immer ausreicht, den erforderlichen Druck im Taglufttraum 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

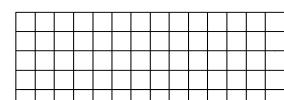
4.5 Erkenntnisse bezüglich Regelbetrieb der Gärrestabluftabsaugung aus dem FD-Speicher 3

Grundsätzlich ist die Drucksteuerung im Gärrestabluftraum derart eingestellt, dass der Druck im Gärrestabluftraum 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 Gärrestabluftraum steuert die Frequenz der Zuluftgebläse und/oder das Erfordernis des Betriebs beider Zuluftgebläse. Sollte dennoch der temporäre Betrieb beider Gebläse erforderlich sein, wird bei Abfall der Frequenz auf 60 % eines wieder abgeschaltet. Am 17.12.2020 waren beide Zuluftgebläse mit einer Frequenz von 72,4 % in Betrieb (siehe Abb. 14). Wesentliche Ursache dürfte die defekte Lüftungsdrösselklappe 2 an diesem Tag sein.

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 Ablasen des Druckes haben die Lüftungsdrösselklappen auch die Funktion einer Vorabsicherung vor dem Ansprechen der als Berstsicherung eingesetzten Über- und Unterdrucksicherung (ÜDS/UDS). Die Lüftungsdrösselklappe 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. Das Auslösen der ÜDS oder der UDS wird an der entsprechenden Stelle rot angezeigt und muss vom Betriebspersonal quittiert werden.



4.6 Erkenntnisse bezüglich Regelbetrieb beim Zuführen der Gärrestabluft zur Verwertung in den BHKW

Der Durchfluss zu den BHKW wird durch die Frequenz der Gärrestabluftgebläse geregelt. Die Druckmessung nach den Gebläsen dient zur Alarmierung eines maximalen Förderdruckes und ist eingestellt auf einen Wert, der nur bei einer nicht auflaufenden Absperreinrichtung erreicht werden kann.

Bei den FD-Speichern ist das Gebläse redundant ausgeführt. Die Gebläse werden nach regelmäßigen Zeitabständen im Wechsel betrieben. Beim startenden Gebläse werden dabei jeweils erst bei einer bestimmten Gebläsefrequenz die Klappen geöffnet (sonst würde kurzzeitig die Gärrestabluft im Kreislauf gefördert). Erst wenn beide Gebläse die erforderliche Frequenz haben, wird das andere Gebläse heruntergeregelt und vor der zuvor genannten Frequenz die Klappen geschlossen.

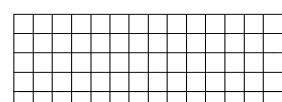
Im Fall, dass zwischenzeitlich keines der beiden BHKW in Betrieb war, führt der Start eines der beiden BHKW zu der folgenden Inbetriebnahme der Gärrestabluftabsaugung:

- Beim Start der Gärrestabluftverwertung ist zuvor die Klappe zum Biofilter offen sowie die Klappe vom Sedimentationsbecken zur Hallenabluft offen.
- Der Start des BHKW führt zum Hochlaufen des BHKW bis 45 % der Last.
- Beim weiteren Hochlaufen der BHKW öffnet parallel die Klappe in der Gärrestabluftleitung zum BHKW über einen Zeitraum von 2,5 Minuten
- Danach schließt die Klappe zum Biofilter über einen Zeitraum von weiteren 2,5 Minuten.
- Erst danach öffnet beim Sedimentationsbecken die Klappe in Richtung Verwertung und danach läuft die Klappe zur Hallenabluft zu.

Die Gärrestabluftzuführung zur Verwertung wird bei einem unmittelbaren Stopp unmittelbar oder bei einem geregelten Herunterfahren ab dem Unterschreiten einer Last von 45 % mittels Schnellschlussklappe gestoppt.

Beim regulären Umschalten zwischen den beiden BHKW sind beide BHKW betriebsbereit. Erst wenn das anlaufende BHKW am Netz ist, wird das andere BHKW heruntergefahren. Hierbei kann der Fall auftreten, dass temporär keine ausreichende Abnahme der Gärrestabluft gegeben ist. Die Zeit ist jedoch so kurz, dass es zu keiner nennenswerten Aufkonzentrierung in der temporär nicht abgesaugten Gärrestabluft kommen kann.

Sollte es während dem Umschalten zu einer Störung kommen, ist durch die Vorgabe einer Gärrestabluftzuführung zu einem der beiden BHKW erst ab 45 % Last eine Zuführung bei nicht laufendem BHKW ausgeschlossen.



4.7 Erkenntnisse bezüglich Sicherheitsabschaltungen aufgrund der kontinuierlichen SIL-Messung der Methankonzentration in der Gärrestabluft

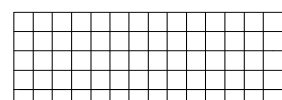
Die beiden SIL-Messungen in der Gärrestabluft bei den FD-Speichern und beim Sedimentationsbecken sind auf die folgenden Methankonzentrationen eingestellt und getestet:

- Voralarm: 1,76 Vol.-% CH₄
- Hauptalarm: 2,2 Vol.-% CH₄

Bei den FD-Speichern führt die Überschreitung des Hauptalarms bei der SIL-Messung außer zum unmittelbaren Stopp der Gärrestabluftabsaugung (6 Sekunden Stellzeit beim Schließen der Klappen vor den Gebläsen) zur Einstellung des folgenden Betriebszustandes, in dem dann die weitere Ursachenforschung zur Grenzwertüberschreitung betrieben werden kann:

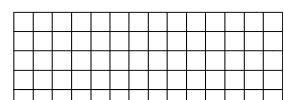
- Start des 2. Nachführgebläses zur Gewährleistung eines möglichst großen Überdrucks im Gärrestabluftraum des FD-Speichers 3 als Voraussetzung für ein weiteres Durchströmen des Gärrestablufttraumes.
Wegen der geschlossenen Klappe in Richtung der Gärrestabluftverwertung strömt die Gärrestabluft aus dem Gärrestabluftraum des FD-Speicher 3 über den Sammelbalken in Richtung der bestehenden FD-Speicher 1 und 2.
- Öffnen von Klappe und Membranventil zwischen dem Gärrestabluftraum des FD-Speicher 3 und dem Sammelbalken auf 100 % zur Minimierung der Druckverluste. Die beiden am Sammelbalken vorhandenen manuellen Klappen in Richtung FD-Speicher 1 und 2 sind in Betriebszeiten ohnehin immer zu 100 % geöffnet.
- Durch die Zuführung der Gärrestabluft aus FD-Speicher 3 entsteht im Gärrestabluftraum der bestehenden FD-Speicher 1 und 2 ein leichter Überdruck.
- Die bestehenden FD-Speicher 1 und 2 sind über die bisherige Absaugleitung zur Hallenabluft weiterhin mit dieser verbunden. Durch den anstehenden Überdruck im Gärrestabluftraum der FD-Speicher 1 und 2 wird die Gärrestabluft aus diesen Behältern der Hallenabluft zugeführt.
- Die beiden Nachführgebläse werden nach dem Start des zweiten Gebläses druckgesteuert nachgeregelt.

Danach sind manuell weitere Maßnahmen möglich. Bei den Tests trat ein Volumenstrom von FD-Speicher 3 über FD-Speicher 1 und 2 zur Hallenabluft von 512 m³/h auf.



Wenn die Ursache gefunden und beseitigt sowie die methanreichere Gärrestabluft verdrängt worden ist (sollte FD-Speicher 3 ursächlich sein, könnte das Verdrängen z. B. über die Lüftungsdrösselklappen erfolgen), erfolgt der Neustart der Gärrestabluftverwertung wie bei jedem anderen Neustart. Um die Methankonzentration in der Gärrestabluft vor dem Start der Gärrestabluftverwertung als Regelgröße zu erfassen, wird zunächst eine Ableitung über den Biofilter durchgeführt. Die Wiederinbetriebnahme in Richtung Gärrestabluftverwertung erfordert eine Methankonzentration $< 2,0$ Vol.-% (45 % UEG).

Beim Sedimentationsbecken führt die Überschreitung des Hauptalarms bei der SIL-Messung zum Umschiebern auf die Hallenabluft.



5 Erfüllung der im Zuwendungsbescheid festgelegten Erfolgskriterien oder Kennzeichen nach Nr. 7.4 ANBest-K

Nach Nr. 9 des Zuwendungsbescheides⁶ wurden folgende Erfolgskriterien festgelegt:

1. Die Ergebnisse der Untersuchungen der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) zum Methanrestgasbildungspotenzial an der Anlage⁷ sind bei den weiteren Planungen zur berücksichtigen.
2. Durch entsprechende Planungen ist ein ausreichendes Gasspeichervolumen in der Weise sicherzustellen, dass die Betriebszeit der Notfackel gesenkt werden kann.

Zudem gilt nach Nr. 7.4.2 ANBest-K:

3. Bei Baumaßnahmen muss eine Zusicherung vorliegen, dass die Baumaßnahme entsprechend den im Zuwendungsbescheid getroffenen Bestimmungen durchgeführt worden ist. Abweichungen sind gegebenenfalls besonders zu erläutern.

Die Erfolgskriterien werden wie folgt erfüllt:

zu 1. Ergebnisse der Untersuchungen der LUBW

Die Ergebnisse der LUBW wurden bei der Herleitung der Bemessungsdaten berücksichtigt. Bei der Herleitung der Bemessungsdaten zeigte sich dabei, dass die ermittelten Methanfrachten in der Gärrestabluft höher lagen, als dies aus den Biogasertragstests von Herrn Dr. Oechsner⁷ erwartet worden war.

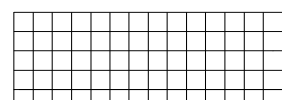
zu 2. Ausreichendes Gasspeichervolumen, um Betriebszeit der Notfackel zu senken

Der Biogasspeicher auf dem FD-Speicher 3 ist mit 3.120 m³ Nutzvolumen (zwischen 15 und 90 % Füllstand) ausreichend, um die beiden BHKW immer am optimalen Betriebspunkt hinsichtlich des elektrischen Wirkungsgrads zu betreiben (=> Effizienzsteigerung). Zudem steht damit eine Speicherzeit von, je nach Biogastemperatur und

⁶: Zuwendungsbescheid (Aktenzeichen 23-223/24): Schreiben des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg vom 09.03.2016 an die Abfallwirtschaftsgesellschaft des Rems-Murr-Kreises mbH einschließlich Anlagen:

- Abdruck der allgemeinen Nebenbestimmung zur Projektförderung an kommunale Körperschaften (ANBest-K)
- Formular Empfangsbestätigung/Rechtsmittelverzicht
- 2 Vordrucke Verwendungsnachweis
- Formular Mittelanforderung

⁷: Universität Hohenheim – Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie – Dr. Hans Oechsner: "Bericht zur Bestimmung des Emissionspotentials einer Abfallvergärungsanlage", Schreiben an die AWS Abfallwirtschaft Stuttgart vom 15.04.2016 mit 3 Anlagen, in denen jeweils der summierte spezifische Norm-Methanertrag der Versuche grafisch dargestellt ist.

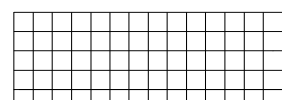


aktueller Gasbildung, 4 bis 5,5 Stunden und damit genügend Speicherzeit für geplante BHKW-Abschaltungen (für Wartung und Instandhaltung) ohne Notfackelbetrieb zur Verfügung. Nach dem Umbau beschränkt sich der Notfackelbetrieb somit auf Anlagenzustände, bei denen ein ungeplanter BHKW-Ausfall und ein voller Biogasspeicher gleichzeitig auftreten. Solche Anlagenzustände sind nach den bisherigen Betriebserfahrungen allenfalls kurzzeitig zu erwarten.

zu 3. Zusicherung, dass die Baumaßnahme entsprechend den im Zuwendungsbescheid getroffenen Bestimmungen durchgeführt worden ist.

Relevant bezüglich dieser Forderung ist Nr. 5 des Zuwendungsbescheides. Demnach sind die Projektskizze der Ingenieurgruppe RUK mit Leistungsbeschreibung, Kostenschätzung Grundlage des Zuwendungsbescheides.

Es wird hiermit zugesichert, dass die Baumaßnahme derart umgesetzt ist, dass die gewünschten und in der Projektskizze und damit dem Zuwendungsbescheid zugesicherten Funktionen in optimaler Weise erfüllt werden. Dies bedurfte einiger Anpassungen der Baumaßnahmen sowie zusätzlicher Baumaßnahmen. Die Änderungen können dem Kapitel 3.2 entnommen werden.



6 Maßnahmendauer sowie Finanzierungs- und Kostenplan

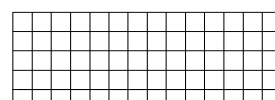
Nach Nr.- 7.4 ANBest-K ist die Verwendung der Zuwendungen darzustellen.

Gegenüber den in den Sachberichten genannten Änderungen gab es keine Kostenverschiebungen. Der Finanzierungs- und Kostenplan wurde jedoch zeitlich angepasst. Die Finanzierungs- und Kostenpläne zum Zeitpunkt der Beantragung der Fördermittel, zum Zeitpunkt Ende 2016, zum Zeitpunkt Ende 2017 und zum Zeitpunkt Ende 2018 sind dem Sachbericht für das Jahr 2017 und dem Sachbericht für das Jahr 2018 zu entnehmen. In der Tab. 1 ist der Finanzierungs- und Kostenplan zum Zeitpunkt Ende 2020 dargestellt.

Finanzmittelbedarf						
Kostenfaktor	Gesamtprojekt	2016	2017	2018	2019	2020
Technisches Vorkonzept	36.000 €	25.200 €	10.800 €	- €	- €	- €
Investitionskosten inkl. Baunebenkosten	707.000 €	- €	11.300 €	302.300 €	393.400 €	- €
Summe	743.000 €	25.200 €	22.100 €	302.300 €	393.400 €	- €
davon Zuwendungen						
Kostenfaktor	Gesamtprojekt	2016	2017	2018	2019	2020
Technisches Vorkonzept	18.000 €	12.600 €	5.400 €	- €	- €	- €
Investitionskosten inkl. Baunebenkosten	353.500 €	- €	5.650 €	151.150 €	196.700 €	- €
Summe	371.500 €	12.600 €	11.050 €	151.150 €	196.700 €	- €

Tab. 1: Finanzierungs- und Kostenplan zum Zeitpunkt Ende 2020

Die in der Tab. 1 dargestellten Werte beziehen sich auf die Kosten des Zuwendungsbescheides. Es ist festzuhalten, dass die tatsächlichen Kosten höher liegen als die in der Tab. 1 angegebenen Kosten.



Dipl.-Ing. (FH) E. Haubrich
Geschäftsführer

