

Müller-BBM Industry Solutions GmbH
Niederlassung Stuttgart
Carl-Zeiss-Str. 25
72770 Reutlingen

Telefon +49(7121)90921 0
Telefax +49(7121)90921 11

www.mbbm-ind.com

Dipl.-Ing. Markus Noß
Telefon +49(7121)90921 33
markus.noss@mbbm-ind.com

26. Februar 2024
M174575/01 Version 1 NSS/MRC

Klärschlammverbrennungsanlage Ksva Böblingen

Explosionsschutzkonzept im Sinne von § 6 (9) Gefahrstoffverordnung

Bericht Nr. M174575/01

Auftraggeber:	Müller-BBM Projektmanagement GmbH Gesellschaft für Projekt- und Genehmigungsplanung Helmut-A.-Müller-Straße 1 - 5 82152 Planegg bei München
Bearbeitet von:	Dr. Philipp Anger Dr. Olaf Treusch
Berichtsumfang:	Insgesamt 79 Seiten, davon 73 Seiten Textteil, 4 Seiten Anhang A und 2 Seiten Anhang B

Müller-BBM Industry Solutions GmbH
Niederlassung Stuttgart
HRB München 86143
USt-IdNr. DE812167190

Geschäftsführer:
Joachim Bittner, Walter Grotz,
Dr. Carl-Christian Hantschk,
Dr. Alexander Ropertz

Inhaltsverzeichnis

1	Situation und Aufgabenstellung	4
1.1	Veranlassung	4
1.2	Abgrenzung	4
1.3	Verantwortlichkeit für den Anlagenbereich	5
2	Grundlagen	6
2.1	Betreiberunterlagen	6
2.2	Literaturquellen	7
3	Anlagebeschreibung	10
3.1	Allgemeine Verfahrensbeschreibung	10
3.2	Detaillierte Beschreibung der einzelnen Betriebseinheiten	11
4	Stoffdaten und sicherheitstechnische Kennzahlen	21
5	Grundlagen der Gefährdungsbeurteilung	23
5.1	Beurteilung der Explosionsgefahr	23
5.2	Ermittlung der explosionschutztechnisch relevanten Anlagenteile	24
5.3	Primärer Explosionsschutz	24
6	Schutzkonzept	26
6.1	Zoneneinteilung	26
6.2	Sekundärer Explosionsschutz	27
6.3	Tertiärer Explosionsschutz	27
6.4	Bewertung der Explosionssicherheit unter Berücksichtigung der TRGS 725	28
6.5	Kennzeichnung von Geräten und Schutzsystemen	29
6.6	Organisatorische Maßnahmen	32
6.7	Allgemeine Explosionsschutzmaßnahmen	35
7	Gefährdungsbeurteilung und Schutzkonzept für den Neubau der Klärschlammverbrennungsanlage Böblingen	37
7.1	BE 01 Klärschlamm Lagerung	37
7.2	BE 02 Klärschlamm Trocknung	43
7.3	BE 03 Feuerung und Kessel	49
7.4	BE 04 Wasser-Dampf-Kreislauf – Wärmepumpe	53
7.5	BE 05 Abgasreinigung	56
7.6	BE 06 Nebenanlagen – Zentrale Staubsauganlage	61
7.7	BE 06 Nebenanlagen – Netzersatzanlage (NEA)	65

7.8	BE 06 Nebenanlagen – Kälteanlage	68
8	Fazit und Zielvorgaben	71
	Anhang A	74
	Anhang B	78

1 Situation und Aufgabenstellung

1.1 Veranlassung

Der Zweckverband Restmüllheizkraftwerk Böblingen (RBB) betreibt für die Landkreise Böblingen, Calw, Freudenstadt und Rottweil sowie die Landeshauptstadt Stuttgart seit 1999 das Restmüllheizkraftwerk (RMHKW) in Böblingen. Der RBB beabsichtigt, auf einem Teil des Betriebsgeländes des Restmüllheizkraftwerkes (RMHKW) Böblingen eine Klärschlammverwertungsanlage (KSVA) zu errichten.

Die KSVA dient zur sicheren Verwertung des anfallenden Klärschlammes, zur Produktion von phosphorreicher Asche und zur Erzeugung von grüner Fernwärme sowie von Strom. Zur Umsetzung der Forderung nach Phosphorrückgewinnung gemäß Klärschlammverordnung (Abf-KlärV) kann die Verbrennungsgasasche vom Zweckverband kbb sodann einer externen Phosphorrückgewinnung zugeführt werden.

Im Rahmen des immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahrens (Anlage gemäß Nr. 8.1.1.3 der 4. BImSchV [15]) ist aufgrund der gehandhabten Stoffe, die potenziell in der Lage sind, gefährliche explosionsfähige Atmosphäre (g. e. A) zu erzeugen, ein Explosionsschutzkonzept in Anlehnung an § 6 Absatz 9 der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) [14] zu erstellen.

1.2 Abgrenzung

Im Rahmen des vorliegenden Explosionsschutzkonzeptes werden die nachfolgenden Bereiche/Anlagenteile der geplanten Anlage zur thermischen Verwertung von Klärschlamm berücksichtigt:

- BE 1 Klärschlamm Lagerung
- BE 2 Klärschlamm Trocknung
- BE 3 Feuerung und Kessel
- BE 4 Wasser-Dampf-Kreislauf
- BE 5 Abgasreinigung
- BE 6 Nebenanlagen

Die Auswahl der Anlagenteile beruht auf der Auswertung der Inhalte der unter Abschnitt 2.1 genannten Grundlagendokumente. Die Auswahl der explosionsschutztechnisch relevanten Anlagenteile erfolgte mit Hilfe des im Anhang A eingefügten Schemas. Die detaillierte Auswertung ist dem Anhang A zu entnehmen.

Die hier ermittelten einzelnen Anlagen und Anlagenteile werden in Abschnitt 7 näher betrachtet und spezifiziert.

1.3 Verantwortlichkeit für den Anlagenbereich

Für den Betrieb der unter 1.2 aufgelisteten Anlagenbereiche KSVa am Standort Böblingen sind folgende Personen verantwortlich:

- Geschäftsführer*in
- Ggf. Betriebsleiter*in

ZV 1 Das vorliegende Explosionsschutzkonzept ist zur Inbetriebnahme in ein Explosionsschutzdokument zu überführen. Dieses ist durch Unterschrift der zuvor festgelegten verantwortlichen Personen in Kraft zu setzen.

Hinweis: Anforderungen, die noch nicht erfüllt sind oder sein können, werden in Form von Zielvorgaben formuliert und im Text mit ZV abgekürzt.

2 Grundlagen

2.1 Betreiberunterlagen

Für die explosionsschutztechnische Betrachtung der unter Abschnitt 1 genannten Lageranlage wurden vom Betreiber die nachfolgend aufgeführten Unterlagen zur Verfügung gestellt:

- [1] Präsentation Projektvorstellung, RBB Böblingen und Zweckverband KBB, vom 12.12.2022.
- [2] Antragsunterlagen Genehmigungsverfahren – Klärschlammverwertung Böblingen, Stand 20.06.2023.
- [3] Grundfließbild Klärschlammverwertungsanlage: KSVA Böblingen, KBB-MFB010-1-1xxx-0001-2, erstellt durch TBF + Partner AG und wandschneider + gutjahr ingenierugesellschaft mbh, Stand 06.12.2022.
- [4] Verfahrensfließbild Klärschlamm Lagerung: KSVA Böblingen, KBB-MFB020-1-1EAx-0001-2, erstellt durch TBF + Partner AG und wandschneider + gutjahr ingenierugesellschaft mbh, Stand 06.12.2022.
- [5] Verfahrensfließbild Klärschlamm Trocknung: KSVA Böblingen, KBB-MFB020-1-1EBx-0001-2, erstellt durch TBF + Partner AG und wandschneider + gutjahr ingenierugesellschaft mbh, Stand 05.12.2022.
- [6] Verfahrensfließbild Feuerung und Kessel: KSVA Böblingen, KBB-MFB020-1-1Hxx-0001-2, erstellt durch TBF + Partner AG und wandschneider + gutjahr ingenierugesellschaft mbh, Stand 06.12.2022.
- [7] Verfahrensfließbild Wasser-Dampf Kreis: KSVA Böblingen, KBB-MFB020-1-1Lxx-0001-2, erstellt durch TBF + Partner AG und wandschneider + gutjahr ingenierugesellschaft mbh, Stand 06.12.2022.
- [8] Verfahrensfließbild Brüdenkondensatbehandlung: KSVA Böblingen, KBB-MFB020-1-1RUx-0001, erstellt durch TBF + Partner AG und wandschneider + gutjahr ingenierugesellschaft mbh, Stand 18.11.2022.
- [9] Verfahrensfließbild Abgasreinigung 1: KSVA Böblingen, KBB-MFB020-1-1Rxx-0001, erstellt durch TBF + Partner AG und wandschneider + gutjahr ingenierugesellschaft mbh, Stand 12.12.2022.
- [10] Verfahrensfließbild Abgasreinigung 2: KSVA Böblingen, KBB-MFB020-1-1Rxx-0002, erstellt durch TBF + Partner AG und wandschneider + gutjahr ingenierugesellschaft mbh, Stand 12.12.2022.
- [11] KBB-230504-TWG-BBM-0021-Positionierung der Sensoren für die Gaswarnanlage im KS-Bunker, wandschneider+gutjahr, Email vom 04.05.2023
- [12] Ergänzung Kälteanlagen/Kaltwassersätze per E-Mail von TBF + Partner AG vom 13.10.2023.

2.2 Literaturquellen

Für die Erstellung des vorliegenden Dokumentes wurden insbesondere die nachfolgend aufgeführten Literaturquellen in der zum Zeitpunkt der Erstellung aktuellen Version verwendet.

- [13] BetrSichV – Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln.
Vom 3. Februar 2015, zuletzt geändert am 27.07.2021.
- [14] GefStoffV – Gefahrstoffverordnung Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen
Vom 26. November 2010, zuletzt geändert am 21.07.2021.
- [15] 4. BImSchV – Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen; Vierte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, vom 31. Mai 2017, zuletzt geändert am 12.10.2022.
- [16] DGUV Regel 113-001 – Explosionsschutz-Regeln (EX-RL) – Sammlung technischer Regeln für das Vermeiden der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre mit Beispielsammlung zur Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen.
Ausgabe 03/2022.
- [17] RL 97/23/EG: Richtlinie 97/23/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 29. Mai 1997 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Druckgeräte – Druckgeräte-Richtlinie.
- [18] RL 1999/92/EG: Richtlinie 1999/92/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16.12.1999 über Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können, Stand 28.01.2000 (RL 2007/30/EG vom 27.06.2007).
- [19] Richtlinie 2014/34/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen („ATEX-Produkt Richtlinie“).
- [20] 11. ProdSV: Explosionsschutzprodukteverordnung, Elfte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz.
Vom 06. Januar 2016, zuletzt geändert am 27.07.2021.
- [21] VDE 0165-1, DIN EN 60079-14 Explosionsgefährdete Bereiche – Teil 14: Projektierung, Auswahl und Errichtung elektrischer Anlagen und Berichtigung 1 zu VDE 0165-1, DIN EN 60079-14.
Stand: Oktober 2014 bzw. Juni 2016 (Berichtigung).
- [22] DIN EN 1127-1: Explosionsfähige Atmosphären – Explosionsschutz – Teil 1: Grundlagen und Methodik.
Stand: Oktober 2019.

- [23] DIN EN ISO 80079-36:2016-12: Explosionsfähige Atmosphären - Teil 36: Nicht-elektrische Geräte für den Einsatz in explosionsfähigen Atmosphären – Grundlagen und Anforderungen (ISO 80079-36:2016);
Deutsche Fassung EN ISO 80079-36
Stand: Dezember 2016.
- [24] TRGS 720: Gefährliche explosionsfähige Gemische – Allgemeines
Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)
Vom 26. Juni 2020 (GMBI. Nr. 21 vom 24.07.2020 S. 419, ber. 2021 S. 399).
- [25] TRGS 721: Gefährliche explosionsfähige Gemische, Beurteilung der
Explosionsgefährdung
Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)
Vom 7. September 2020 (GMBI. Nr. 38 vom 02.10.2020 S. 807; 01.12.2020 S. 1116).
- [26] TRGS 722: Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger
Gemische
Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)
Vom 18. Februar 2021 (GMBI. Nr. 17 - 19 vom 16.03.2021 S. 399; 23.03.2022 S. 196).
- [27] TRGS 723: Gefährliche explosionsfähige Gemische – Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische
Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)
Vom 2. Juli 2019 (GMBI. Nr. 33/34 vom 26.08.2019 S. 638; 07.09.2020 S. 815).
- [28] TRGS 724: Gefährliche explosionsfähige Gemische – Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken
Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)
Vom 2. Juli 2019 (GMBI. Nr. 33/34 vom 26.08.2019 S. 656).
- [29] TRGS 725: Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen im Rahmen von Explosionsschutzmaßnahmen
Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)
Vom 5. April 2023 (GMBI. Nr. 33/34 vom 05.06.2023 S. 727).
- [30] TRGS 727: Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen
Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)
Vom 28. Januar 2016 (GMBI Nr. 12-17 vom 26.04.2016 S. 256, ber. S. 623).
- [31] TRGS 510: Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern
Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)
Vom 10. Dezember 2020 (GMBI. Nr. 09 vom 16.02.2021 S. 178).
- [32] BGV A8, Berufsgenossenschaftliche Vorschriften für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit – Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz
Vom 1. April 1995 in der Fassung vom 1. April 2002 mit Durchführungsanweisungen vom 1. April 2002.

- [33] ASR A1.3: Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung
Technische Regeln für Arbeitsstätten (ASR)
Vom 28.02.2013, letzte Änderung 30.06.2017.
- [34] TRBS 1112: Technische Regeln für Betriebssicherheit – Instandhaltung
Vom 14. März 2019 (GMBI. Nr. 13-16 vom 23.05.2019 S. 218).
- [35] TRBS 1112, Teil 1: Explosionsgefährdungen bei und durch Instandhaltungs-
arbeiten, Beurteilung und Schutzmaßnahmen
Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)
Vom 15. März 2010 (GMBI. Nr. 29 vom 12.05.2010 S. 615).
- [36] DGUV V3, Vorschrift der Deutschen gesetzlichen Unfallversicherung,
Unfallverhütungsvorschrift: Elektrische Anlagen und Betriebsmittel
(Ausgabe 4/1979; 1/1997).
- [37] DGUV Information 213-850: Sicheres Arbeiten in Laboratorien, Stand 05/2020.
- [38] VdS 2515: 1998-11 (01): Abfallverbrennungsanlagen (AVA) Richtlinien für den
Brandschutz.
- [39] VGB-M 116: Merkblatt Brand- und Explosionsschutz beim Trocknen und
Verbrennen von Klärschlamm, 1998.
- [40] DIN EN 60079-29-2 (VDE 0400-2): Explosionsfähige Atmosphäre – Teil 29-2:
Gasmessgeräte – Auswahl, Installation, Einsatz und Wartung von Geräten für
die Messung von brennbaren Gasen und Sauerstoff (IEC 60079-29-2:2015),
Stand Dezember 2015.
- [41] BIA-Report 12/97, Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben, HVBG –
Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften.
- [42] DIN EN 378-Reihe: Kälteanlagen und Wärmepumpen – Sicherheitstechnische
und umweltrelevante Anforderungen – Teil 1: Grundlegende Anforderungen,
Begriffe, Klassifikationen und Auswahlkriterien, 06/2021; Teil 2: Konstruktion,
Herstellung, Prüfung, Kennzeichnung und Dokumentation, 04/2018; Teil 3:
Aufstellungsort und Schutz von Personen, 12/2020; Teil 4: Betrieb,
Instandhaltung, Instandsetzung und Rückgewinnung, 12/2019.

3 Anlagebeschreibung

3.1 Allgemeine Verfahrensbeschreibung

Die geplante Anlage zur thermischen Verwertung von Klärschlamm (Klärschlammverbrennungsanlage KSVA) soll auf dem bestehenden Werksgelände des Restmüllheizkraftwerks Böblingen (Baden-Württemberg) errichtet werden.

Die nachfolgende Verfahrensbeschreibung wurde dem Bericht zur Vorplanung [2] entnommen.

Die Hauptaufgabe der KSVA ist es, den angelieferten entwässerten Klärschlamm thermisch zu verwerten. Die dabei freiwerdende thermische Energie wird zur Fernwärme- und Stromerzeugung genutzt. Dabei werden im Klärschlamm vorhandene Phosphatverbindungen in die während des Verbrennungsprozesses entstehende Asche eingebunden. Aus dieser im folgenden Abgasreinigungsprozess abgeschiedenen Asche können die Phosphate zukünftig in weitergehenden externen Aufbereitungsprozessen zurückgewonnen werden.

Der entwässerte Klärschlamm wird mit Lkw angeliefert. Die Lkw fahren rückwärts in die Anlieferhalle der KSVA und kippen den Schlamm in den Abkippbunker ab. Von dort lagern die redundant ausgeführten Klärschlammkrane den Schlamm entweder in den Stapelbunker um oder werfen diesen direkt in die Aufgabetrichter.

Zur Vermeidung von Geruchsemissionen wird die für den Verbrennungsprozess erforderliche Wirbelluft aus dem Klärschlamm-bunker abgesaugt. Bei Stillstand der Verbrennungsanlage wird die Luftabsaugung umgeschaltet auf ein separates Bunkerabluftgebläse mit vorgeschaltetem Aktivkohlefilter. Ein weiteres Abluftgebläse (Bunkernotabluftgebläse) ohne vorgeschalteter Filteranlage wird zur Bunkerbelüftung eingeschaltet, wenn aus dem eingelagerten Klärschlamm entweichendes Methan zu einer explosionsfähigen Atmosphäre im Bunker führen könnte.

Aus den Aufgabetrichtern gelangt der Schlamm mit Hilfe eines Hydraulikschubbodens und Förderschnecken zu den zwei Trocknern. Dabei durchläuft der Schlamm Störstoffabscheider, die Grobstoffe abscheiden und ausschleusen. Die mit Dampf beheizten Trockner sorgen schließlich für eine Teiltrocknung des Klärschlammes, so dass im nachgeschalteten Wirbelschichtofen eine selbstgängige Verbrennung stattfinden kann. Das bei der Beheizung aus dem Dampf entstehende Trocknerkondensat wird ins Kondensatsystem abgeleitet. Ausdampfungen aus dem Trocknerkondensat werden zur Vorwärmung der Wirbelluft genutzt und weitestgehend kondensiert.

Die in den Trocknern entstehenden Brüden kondensieren weitgehend in einer zweistufigen Anlage zur Brüdenkondensation. Verbleibende Restbrüden werden in den Ofen eingebracht. In einer nachgeschalteten Anlage zur Brüdenkondensatbehandlung wird das Brüdenkondensat aufbereitet und dem RMHKW als Brauchwasser zugeführt. Überschüssiges Brauchwasser wird in die öffentliche Kanalisation abgeleitet. Entstehendes schadstoffbelastetes Retentat wird aufgefangen und zur externen Entsorgung vorgehalten bzw. alternativ in der Verbrennung des RMHKW entsorgt.

Der teilgetrocknete Schlamm verbrennt im Wirbelschichtofen. Die aus dem Klärschlamm bunker abgesaugte Wirbel- bzw. Verbrennungsluft wird in einen mehrstufigen Luftvorwärmer aufgeheizt. Im Ofen entsteht bei der Verbrennung Abgas, das den nachgeschalteten Kessel durchströmt. Dort wird ein Großteil der Wärmeenergie für die Dampferzeugung genutzt.

Nach dem Kessel wird das Abgas in einer Abgasreinigungsanlage behandelt, die die Einhaltung der geforderten Emissionsgrenzwerte gemäß 17. BImSchV sicherstellt. Zum Einsatz kommt ein Elektrofilter zur Flugascheentstaubung, eine selektive katalytische Reduktion (SCR) zur Entstickung sowie ein Hybridverfahren aus trockenem Verfahren mit Natriumhydrogencarbonat und nachgeschaltetem Abgaswäscher für die Abscheidung von Ammoniak und sauren Schadgasen. Die Abgasreinigungsanlage setzt sich aus den folgenden Komponenten zusammen: Elektrofilter, Reaktionsstrecke, Gewebefilter, SCR und Wäscher.

Die KSVA ist mit einer eigenen Gegendruckdampfturbine ausgerüstet. Der im Kessel erzeugte Dampf wird in dieser Turbine entspannt und dabei Strom in einem angeschlossenen Generator erzeugt.

In der KSVA wird neben der Stromerzeugung auch Fernwärme ausgekoppelt und in das an das RMHKW angeschlossene, aktuell in der Erweiterung befindliche Fernwärmenetz abgegeben. Dafür ist innerhalb der KSVA ein Zwischenkreis aufgebaut, der an verschiedenen Stationen Wärme aus dem Prozess aufnimmt.

Zur Erhöhung der Wärmerückgewinnung wird nach der Abgasreinigung ein wahlweise zuschalt- und regelbarer Abgaskondensator eingesetzt. Dieser kondensiert einen großen Teil der im Abgas enthaltenen Feuchte und überträgt die dabei freiwerdende Wärmeenergie in einen Zwischenkreis. Mit einer Wärmepumpe wird die Energie aus diesem Zwischenkreis auf ein für die Fernwärmeauskopplung nutzbares Temperaturniveau gehoben. Das bei der Abgaskondensation anfallende Abgaskondensat wird in die öffentliche Kanalisation abgeleitet, sofern nicht als Brauchwasser für das RMHKW nutzbar.

Nach dem Abgaskondensator wird das Reingas über das Saugzuggebläse zum Schornstein geleitet und über diesen an die Umgebung abgegeben.

3.2 Detaillierte Beschreibung der einzelnen Betriebseinheiten

Anlieferhalle

An das Bunkergebäude schließt unmittelbar die Anlieferhalle an und haust den Abkippbereich vor dem Anlieferbunker ein. Die Luft wird ständig durch die Halle abgesaugt.

Die Anlieferfahrzeuge fahren rückwärts bis an die mit Schnellauftoren verschlossenen Abkipppöffnungen heran. Dort können sie ihre Ladung nach dem Öffnen des Schnellauftores abkippen oder per Schubboden in den Bunker entleeren.

Die Abluft aus der Halle führt über die Luftabsaugung in den Klärschlamm bunker. Hierfür befinden sich Überströmöffnungen in der Trennwand zwischen Anlieferhalle und Abkippbunker. Die erforderliche Nachströmung an Luft in die Halle geschieht über Wetterschutzgitter.

Im Abkippbereich der Anlieferhalle befinden sich die Sensoren der Gaswarnanlage, die im Gefahrenfall die Erhöhung der Luftwechselrate auf 6-fach auslösen.

Annahme- und Stapelbunker

Der Annahme- und der Stapelbunker befinden sich innerhalb eines gemeinsamen Bunkergebäudes. Geteilt wird das Bunkergebäude in diese beiden Bereiche durch eine Trennwand, die eine Klärschlammstapelhöhe von max. 15,6 m zulässt (s. Tabelle 2). Diese Wand kann von den Klärschlammkränen, die sich unterhalb der Gebäudedecke befinden, überfahren werden.

Aus dem Annahmehbunker wird der Klärschlamm mit den Klärschlammkränen in den Stapelbunker umgeschlagen.

Innerhalb des Stapelbunkers findet mit den Klärschlammkränen auch das Mischen des Klärschlammes statt. Das Mischen des Klärschlammes ist wichtig, um die Schwankungen der Schlammzusammensetzung aus den einzelnen angelieferten Chargen zu minimieren.

Durch die Verbrennungsluftabsaugung des Ofens oder das Bunkerabluftgebläse (auch: Bunkerstillstandsventilation) ist sichergestellt, dass im KS-Bunker immer ein geringer Unterdruck zur Umgebung herrscht. Belüftet wird die Bunkeranlage über die Verbrennungsluftabsaugung des Ofens. Die vom eingelagerten Klärschlamm ausgehenden Gerüche können so nicht nach außen in die Atmosphäre gelangen. Bei Ausfall der Verbrennungsanlage nimmt diese Aufgabe ein separates Bunkerabluftgebläse wahr.

Aus dem Klärschlamm können in die Bunkeranlage Schwefelwasserstoff und Methan emittiert werden und zu einer explosionsfähigen Atmosphäre führen. Deshalb werden innerhalb des Abkippbereichs entsprechende Sensoren installiert, die im Gefahrenfall (Erreichen der UEG bezogen auf H_2S und CH_4) das Bunkernotabluftgebläse ein bzw. das Bunkerabluftgebläse in seiner Förderkapazität hochschalten.

Bunkerkrananlage

Im Bunker der KSVA sind zwei Klärschlammkrane vorgesehen. Zu den Aufgaben der Klärschlammkrane gehört, den angelieferten Klärschlamm aus dem Annahme- in den Stapelbunker umzuschlagen und die Klärschlammtrichter zu beschicken. Die Trichterbeschickung erfolgt dabei aus dem Stapelbunker oder direkt aus dem Annahmehbunker.

Die Krane sind ausgeführt als Zweiträger-Brückenkrane und verfahren zusammen auf einer gemeinsamen Kranbahn. Über die gesamte Länge jedes Brückenträgers verfährt jeweils eine Krankatze.

Der Bunkerfüllstand wird über Radarmessungen erfasst. Die Radarsonden sind an den Kranbrücken befestigt.

Bunkerentlüftung

Damit die Geruchsemissionen aus dem eingelagerten Klärschlamm nicht in die Atmosphäre gelangen, wird der Klärschlambunker in einem leichten Unterdruck gehalten. Dazu wird die Wirbelluft für den Ofen aus dem Bunker angesaugt und der Verbrennung zugeführt. Der entsprechende Zuluftstrom von außen strömt über Zuluftöffnungen in die Anlieferhalle und von dort über weitere Öffnungen in der Trennwand zum Anlieferbunker in den Klärschlambunker.

Die ständige Belüftung des Klärschlambunkers sorgt auch dafür, dass mögliche Ausgasungen von Methan und Schwefelwasserstoff aus dem Klärschlamm sich innerhalb des Gebäudes nicht anreichern können. So wird sichergestellt, dass sich keine explosionsfähige Atmosphäre im Bunkergebäude bilden kann.

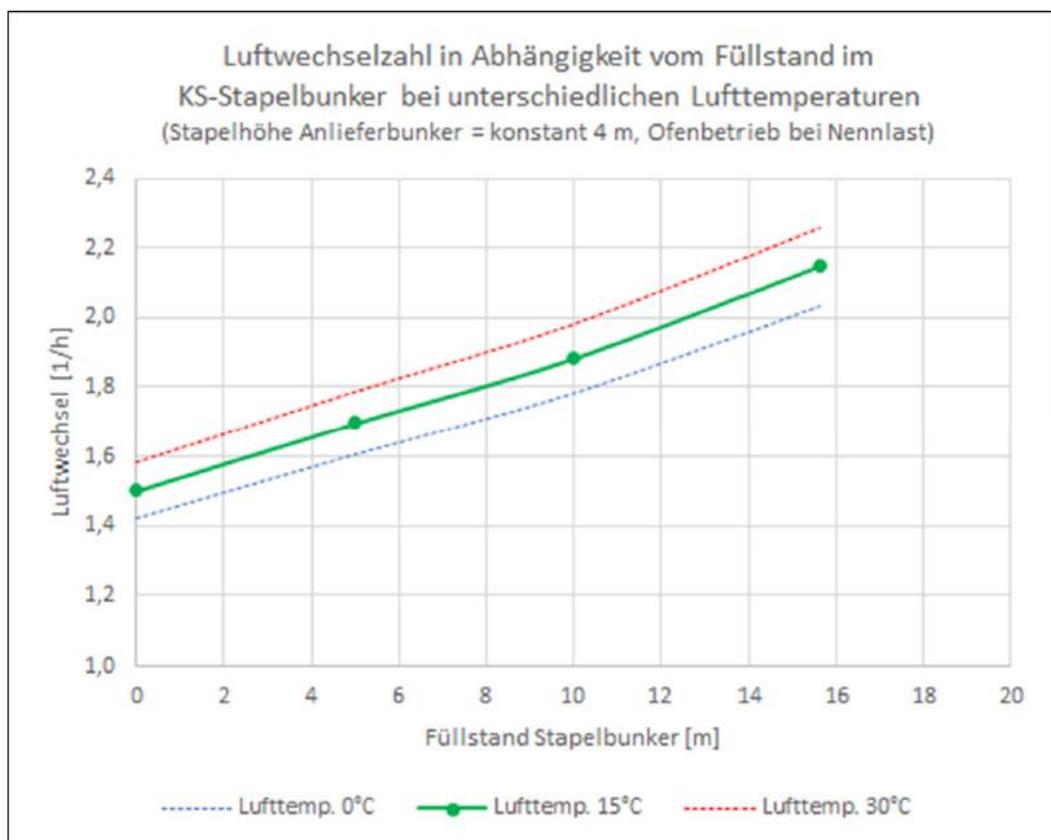


Abbildung 1. Luftwechselzahl in Abhängigkeit vom Füllstand im KS-Stapelbunker bei unterschiedlichen Lufttemperaturen (Stapelhöhe Anlieferbunker = konstant 4 m, Ofenbetrieb bei Nennlast).

Für den Luftraum innerhalb des Anliefer- und des Stapelbunkers wird eine Luftwechselzahl von 2 h^{-1} angestrebt. Das Luftraumvolumen im Bunkergebäude wird beeinflusst vom Füllstand des Klärschlammes. Bei konstantem Volumenstrom der abgesaugten Wirbelluft steigt die Luftwechselzahl mit anwachsendem Bunkerfüllstand. In Abbildung 1 ist dieser Zusammenhang dargestellt. Die Anlieferhalle, in der ebenfalls Gerüche durch die anliefernden Fahrzeuge freigesetzt werden können, wird ebenfalls ausreichend belüftet über die Querlüftung durch die in den Klärschlambunker nachströmende Frischluft.

Um bei Stillstand der Verbrennungsanlage die Unterdruckhaltung und Belüftung des Klärschlambunkers sicherstellen zu können, ist eine Stillstandsentlüftung vorhanden. Über einen separaten Kanal kann diese Anlage Luft aus dem Klärschlambunker über ein Gebläse absaugen. Saugseitig ist vor dem Gebläse ein Aktivkohlefilter in das Kanalsystem eingebunden. Dieser Filter sorgt dafür, dass die Geruchsemissionen der in die Atmosphäre abgeblasenen Bunkerluft unterhalb der zulässigen Werte gehalten werden. Ein Schalldämpfer im Abluftkanal hinter dem Gebläse stellt die Einhaltung der zulässigen Lärmemissionen sicher.

Vor Eintritt in den Aktivkohlefilter ist ein Abzweig an den Absaugkanal angeschlossen. Über eine Umschaltklappe kann die Luft in diesen Kanal umgelenkt und am Aktivkohlefilter vorbei über ein zweites Gebläse direkt in die Umwelt gefördert werden. Der Betrieb dieser Notbelüftung wird erforderlich, wenn freiwerdendes Methan sich im Klärschlambunker zu einer explosionsfähigen Atmosphäre anreichert. Der Methangehalt in der Atmosphäre der Anlieferhalle und des Bunkers wird kontinuierlich gemessen und überwacht. Überschreitet der Methangehalt in der Bunkerluft einen Grenzwert von 20 % der unteren Explosionsgrenze, dann erfolgt die Umschaltung auf den Bypass um den Aktivkohlefilter. Das in diesem Strang vorhandene Gebläse fördert dann einen Luftvolumenstrom, der für einen erhöhten Luftwechsel (6-fach) im Bunkergebäude sorgt. Dieser Abluftpfad schaltet sich ebenfalls automatisch zu, wenn die normale Wirbelluftabsaugung nicht ausreichen sollte, die Methangaskonzentration im Klärschlambunker unterhalb des Grenzwertes zu halten. Technische Kenndaten zur Bunkerentlüftung sind in Tabelle 1 aufgeführt. Bestimmungsgemäß wird die Anlage nicht über den Bypass betrieben, sondern nur im Fall einer außergewöhnlichen Methangasbildung im eingelagerten Klärschlamm. Wegen der ggf. explosionsfähigen Bunkerabluft müssen bei der Komponentenauslegung die Ex-Schutzanforderungen berücksichtigt werden.

Tabelle 1. Technische Daten der Bunkerentlüftung.

Parameter	Einheit	Erwartungswerte
Volumen Bunkergebäude	m ³	ca. 10.000
Betriebsvolumenstrom Wirbelluftabsaugung (Lufttemperatur 15°C)	m ³ /h	20.000
Erforderliche Luftwechselzahl	-	
Normalbetrieb	h ⁻¹	ca. 2
Bei Ex-Alarm	h ⁻¹	6
Betriebsvolumenstrom Gebläse der Bunkerstillstandsentlüftung	m ³ /h	20.000
Betriebsvolumenstrom Gebläse der Bunkernotentlüftung	m ³ /h	60.000

Schlammaufgabe

Der Schlamm wird mit Hilfe der Krananlage aus dem Bunker in den Aufgabetrichter gehoben. Die Aufgabetrichter sind in der Größe auf das Volumen der Schaufelgreifer abgestimmt. Mit der Hilfe von Schubboden und Transportförderer, die unterhalb des Aufgabetrichter angeordnet sind, wird der entwässerte Klärschlamm in einen Störstoffabscheider abgeworfen.

In der KSVa wird jedem Trockner ein Störstoffabscheider vorgeschaltet. Als Störstoffabscheider-Typ werden Walzenabscheider vorgesehen. Bei diesen Aggregaten sind zwei Walzen mit einem einstellbaren Abstand zueinander angeordnet. Die Walzen drehen gegeneinander, so dass der störstofffreie Schlamm zwischen den Walzen durchfällt.

Trocknung

Der gesamte Klärschlamm wird in der KSVa mittels Kontaktrocknung auf ca. 38 % TR-Gehalt teilgetrocknet, um die selbstgängige Verbrennung des Schlammes zu ermöglichen. Bei der Kontaktrocknung überträgt das Wärmeträgermedium (bspw. Thermoöl oder Heißdampf) die Wärme über eine Wärmeüberträgerfläche indirekt an den Schlamm.

Für die KSVa ist derzeit ein Scheibentrockner vorgesehen. Scheibentrockner bestehen aus einem waagerechten Zylinder, in dem ein Rotor verläuft. Dieser Rotor ist als Hohlwelle mit aufgeschweißten, hohlen Scheibenelementen ausgeführt. Er wird im Inneren vom Heizmedium durchströmt. Die Scheiben bilden die wärmeübertragende Fläche bzw. Kontaktfläche für den Schlamm. Die Brüden sammeln sich oberhalb des Schlammlevels und werden an der Oberseite des Trockners kontinuierlich abgesaugt. Im Trockner herrscht schlammseitig ein leichter Unterdruck.

Der teilgetrocknete Schlamm wird durch eine ansteigende Förderschnecke aus den Trocknern ausgetragen. Eine weitere Förderschnecke sorgt für den Transport zu den Wurfbeschickern am Wirbelschichtofen.

Brüdenkondensation

Das bei der Trocknung aus dem Schlamm ausgetriebene Wasser fällt in Form von sogenannten Brüden an. Diese bestehen hauptsächlich aus Wasserdampf und gesättigter Luft. Zu einem geringen Anteil sind auch leichtflüchtige organische Verbindungen (Öle und Fette) und Staub enthalten. Die Brüden werden mit einem Brüdengebläse aus den Trocknern abgezogen und durch die Brüdenkondensation geführt.

Die Brüden bestehen neben kondensierbaren auch aus nicht kondensierbaren Anteilen. Letztere haben einen Anteil von ca. 10 % und müssen entsorgt werden. Sie werden in den Wirbelschichtofen der KSVa geführt und dort mitverbrannt.

Derzeit ist eine Brüdenmischkondensation vorgesehen. Bei der Brüdenmischkondensation kommt es zu direktem Kontakt zwischen Brüden und Kühlmedium. Das Kühlmedium wird über Düsen mit einem definierten Tropfenspektrum im Kopfbereich des Kondensators in den Brüdenstrom eingedüst, so dass die Brüdenkondensation im freien Raum stattfindet. Das Kühlmedium entzieht den Brüden Wärme und sorgt für die Kondensation.

Brüden, die in der ersten Kondensationsstufe nicht kondensiert werden konnten, durchlaufen eine zweite Kondensationsstufe. Diese ist verfahrenstechnisch wie die erste Stufe ausgeführt. Einziger Unterschied ist, dass im Wärmetauscher Kühlwasser eingesetzt wird, um die Brüden möglichst weit herunterzukühlen und die Restkondensation zu ermöglichen. Nach der zweiten Kondensationsstufe ist ein Tropfenabscheider angeordnet, der mitgerissene Tröpfchen und Aerosole abscheidet, bevor die Restbrüden dem Ofen zugeführt werden.

Feuerung und Kessel

Die Hauptkomponente der stationären Wirbelschicht ist eine feuerfest ausgemauerte Brennkammer. Der untere Teil besteht aus einem Düsenboden. Auf diesem Düsenboden befindet sich eine Sandschicht. Diese Sandschicht wird durch die einströmende Primärluft fluidisiert. Während der Anfahrphase wird dem Wirbelschichtofen (WSO) mit einem Öl- oder Gasbrenner die nötige Energie bereitgestellt, um das Wirbelbett auf die gesetzlich vorgeschriebene Betriebstemperatur von 850 °C zu erwärmen. Sobald die Betriebstemperatur erreicht ist, wird der Klärschlamm dem Wirbelbett über Wurfbeschicker zugegeben.

Der Wurfbeschicker dient der Einbringung des Klärschlammes in den Ofen, dem Materialaufschluss und der gleichmäßigen Verteilung auf die Oberfläche der Wirbelschicht. Der Wurfbeschicker verfügt über eine Welle mit aufgesetzten Wurffarmen, die das Aufgabematerial gleichmäßig verteilt in den Feuerraum schleudern.

Für die Einbringung von Zusatzbrennstoff in Form von Heizöl bzw. Erdgas wird ein Mischtopf vorgesehen. Der Zusatzbrennstoff wird beim An- und Abfahren sowie bedarfsweise bei sehr nassem Klärschlamm direkt in das Wirbelbett über Lanzen eingedüst. Je nach Hersteller wird nur ein Satz Lanzen für den in das Bett eingedüsten Zusatzbrennstoff oder getrennte Lanzen für Erdgas und Heizöl mit der entsprechenden Peripherie benötigt. Für dieses Konzept wird zunächst von Kombilanzen ausgegangen.

Teil des Feuerungskonzeptes ist ein Anfahrbrenner, der dazu dient, den Verbrennungsprozess zu unterstützen und den Ofen gezielt an- und abzufahren. Dabei wird zunächst das Wirbelbett fluidisiert und anschließend über den Anfahrbrenner bis auf eine Temperatur von 650 °C aufgeheizt. Die KSVa Böblingen kann über Erdgas auf 650 °C hochfahren, darüber mit Heizöl. Mit letzterem kann die Aufheizung oberhalb 650 °C schneller als mit Erdgas erzielt werden. Grundsätzlich kann auch der gesamte Aufheizvorgang nur mit Heizöl erfolgen.

Die anfallenden Aschen (Bettasche und Kesselasche) werden gemeinsam im Aschesilo gesammelt.

Abgasreinigung

Für die Abgasreinigung werden ein Elektrofilter und ein Gewebefilter vorgesehen. Für die Entstickung wird eine selektive-katalytische-Reduktion (SCR) vorgesehen. Der anfallende Reststoff wird in einem Reststoffsilo gelagert. Zusätzlich ist eine Inertisierungsstation vorgesehen.

Für die Abscheidung von organischen Schadstoffen und Schwermetallen (insbesondere Quecksilber) wird gemeinsam mit dem Natriumhydrogencarbonat ein Adsorbens aufgegeben. Auf dessen sehr hoher spezifischen Oberfläche adsorbieren innerhalb des Reaktionsraums die Schadstoffe an diesem Betriebsstoff und werden so gemeinsam mit den oben genannten Reststoffen über den Gewebefilter abgeschieden. Das Adsorbens wird über eine Adsorbenswechselcontainerstation bereitgestellt. Für die Lagerung des Adsorbens kommt aufgrund der geringen Dosiermengen ein Wechselcontainersystem, bestehend aus Wechselcontainer und Wechselcontainerstation, zum Einsatz.

Die Adsorbens-Wechselcontainerstation ist an die Inertisierungsstation angebunden, wodurch diese mit Stickstoff versorgt werden kann. Auf diese Weise wird der Ausbildung von Hot-Spots entgegengewirkt, die theoretisch durch die Selbsterhitzung des zudosierten physikalischen Adsorptionsmittels entstehen können.

Bei der Selektiven Katalytischen Reduktion (engl. Selective Catalytic Reduction, SCR) werden Stickstoffoxide an einer keramischen Katalysatoroberfläche durch die Eindüsung von Ammoniakwasser (NH_4OH), das als Reduktionsmittel dient, zu elementarem Stickstoff reduziert. Die Versorgung der Anlage mit Ammoniakwasser wird über den bestehenden Ammoniakwassertank des RMHKW am Standort realisiert, weshalb auf eine Ammoniakwasserlagerung (im Sinne des Explosions- und Arbeitsschutzes) verzichtet werden kann. Bei der Ausführung der Pumpen und Rohrleitungen werden die Anforderungen des Arbeits-, Explosionsschutzes sowie die Konformität mit der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen (AwSV) umgesetzt. Leckagen ausgehend von den Pumpen können über eine füllstandsüberwachte Auffangwanne aufgefangen werden. Die Rohrleitungen zwischen den bestehenden Behältern im RMHKW und der Eindüsestelle am Katalysator sind doppelwandig ausgeführt.

Der in der Abgasreinigung anfallende Reststoff wird über das Reststoffsendegefäß pneumatisch in das Reststoffsilo gefördert und dort bis zur Abholung zwischengespeichert. Es wird dabei auf Kondensationsvermeidung in Förderung und Speicherung geachtet. Das Reststoffsilo ist an die Inertisierungsstation angebunden, wodurch dieses mit Stickstoff versorgt werden kann. Auf diese Weise wird der Ausbildung von Hot-Spots entgegengewirkt, die theoretisch durch die Selbsterhitzung des zudosierten physikalischen Adsorptionsmittels entstehen können.

Stickstoff dient der Bekämpfung von Schwelbränden (Hot-Spots) in der Adsorbens-Wechselcontainerstation, dem Reststoffsilo und den Staubsammelbunkern des Gewebefilters. Die jeweiligen Abnehmer werden dazu an die Inertisierungsstation angeschlossen. Bei der Detektion von Hot-Spots innerhalb der entsprechenden Aggregate können diese mit Stickstoff geflutet werden, um gasförmige Oxidationsmittel zu verdrängen, die den Schwelbrand sonst begünstigen würden.

Die Inertisierungsstation besteht dazu aus einer Flaschenbatterie Stickstoff und einer Stickstoffverteilung. Es wird ein Lagervolumen vorgesehen, das ausreicht, um die größte zu inertisierende Komponente 1,5-fach zu spülen.

Nebenanlage – Brüdenkondensatbehandlung

Derzeit sind für die Brüdenkondensatbehandlung drei Schritte vorgesehen: Grobabscheidung, Ultrafiltration und mehrstufige Umkehrosmose. Im Zuge der weiteren Planung kann ein Aktivkohlefilter/Entsäuerungsfilter notwendig werden.

Nebenanlage – Zentrale Staubsauganlage

Für den ordnungsgemäßen, sicheren und zuverlässigen Betrieb der Klärschlammverbrennungsanlage ist eine regelmäßige Reinigung der Anlage bzw. von Anlagenteilen unabdingbar. Speziell bei Wartungstätigkeiten oder zur Störungsbeseitigung können nach dem Öffnen von Anlagen vorhandene Reststoffe wie Aschen oder getrockneter Klärschlamm schnell und einfach abgesaugt werden.

Die mit dem Sauggut befrachtete Förderluft wird mittels eines Gebläses über ein Saugrohrsystem in einer ersten Abreinigungsstufe durch einen Zyklonabscheider gefördert. In diesem Aggregat werden grobe Partikel wie größere Staubklumpen oder Störstoffe zum Schutz der Filterschläuche im nachgeschalteten Gewebefilter abgetrennt.

In der zweiten Reinigungsstufe werden aus der Förderluft die feinen Staubpartikel über einen Gewebefilter bis unterhalb des zulässigen Emissionsgrenzwertes für Staub abgereinigt. Die gereinigte Förderluft wird in die Atmosphäre abgeleitet.

Im Anlagengebäude sind ebenebene an diversen Positionen, an denen im Rahmen von Wartungstätigkeiten mit Staubanfall zu rechnen ist, Sauganschlüsse vorhanden. An diese können flexible Saugschläuche angeschlossen werden. Die einzelnen Anschlüsse sind über ein Rohrleitungsnetz mit der Staubsauganlage verbunden.

Das Saugmaterial wird mit dem Förderluftstrom über das Rohrsystem in Richtung des Zyklonabscheiders gefördert. In diesem Abscheider werden die groben Partikel aus dem in Rotation versetzten Förderluftstrom und die dadurch wirkenden Fliehkräfte separiert und aus dem Unterlauf des Zyklons über eine Zellenradschleuse ausgetragen. Aus der Zellenradschleuse und angeschlossenes Fallrohr fallen die abgetrennten Partikel in eine Wanne, die bei Bedarf zu entleeren ist.

Der staubförmige Anteil des Förderluftstroms, der aus dem Zyklon über den Oberlauf austritt, gelangt in den nachgeschalteten Gewebefilter. Dieser Gewebefilter scheidet den Reststaubgehalt aus dem Förderluftstrom bis unterhalb des zulässigen Emissionsgrenzwertes ab.

Innerhalb des Gewebefilters strömt die Förderluft durch die Filterschläuche, wobei sich auf deren Oberfläche die Staubpartikel ablagern. Der sich dadurch auf der Filteroberfläche bildende Filterkuchen wird durch Druckluftimpulse abgereinigt. Die Intervalle der Druckluftimpulse wird mittels einer Differenzdruckmessung über den Gewebefilter gesteuert.

Der von den Filterschläuchen abgereinigte Filterstaub wird im Filtergehäuse gesammelt und von dort über eine Zellenradschleuse in einen angeschlossenen Bigbag mit einem Fassungsvermögen von 1 m³ abgelassen.

Die Zertifizierung der Anlage erfolgt nach den Produkt- und Betriebsrichtlinien ATEX. Jährliche dementsprechende Funktionsprüfungen werden im Betriebskonzept vorgesehen.

Nebenanlage – Gasversorgungssystem/Heizölssystem

Anschlusspunkt und die Schnittstelle für das Heizöl bzw. das Erdgas/Biomethan werden im weiteren Verlauf der Planung festgelegt.

Nebenanlage – Netzersatzaggregat

Zur Stromversorgung im Schwarzfall ist ein mit Heizöl betriebenes Netzersatzaggregat (NEA) vorgesehen. Das Heizöl wird in einem Tagesbehälter vorgehalten.

Nebenanlage – Wärmepumpe

Die Kondensationswärme der Verbrennungsabgase der KSVa soll in das FW-Netz eingespeist werden. Hierfür wird in der Abgaskondensation Wärme mithilfe einer Wärmepumpe aus den Abgasen ausgekoppelt. Als Kältemittel kommt Ammoniak zum Einsatz.

Die als Blackbox (Verdichter, Kondensator, Entspanner, Verdampfer) ausgeführte Wärmepumpe arbeitet nach dem Prinzip einer Kompressionskälteanlage. Die Wärmequelle (Abgaskondensation) dient der Verdampfung des Kältemittels Ammoniak, welcher über einen Kompressor verdichtet und über einen Kondensator wieder verflüssigt wird, um anschließend wieder auf Verdampfungsdruck zu expandieren.

Verdampfer und Kondensator der Wärmepumpe werden als vollverschweißte Plattenwärmetauscher hergestellt.

Nebenanlage – Kälteanlage/Kaltwassersätze

Auf dem Kesselhausdach werden vier Kaltwassersätze errichtet. Die Kälteanlage nach DIN EN 378 [42] werden mit dem Kältemittel R32 (Difluormethan) betrieben. Das Kältemittel ist der Sicherheitsklasse¹ A2L zugeordnet.

Sonstiges

Die Anlage wird mit einer Blitzschutzanlage gemäß DIN EN 62305 ausgerüstet. Der Potentialausgleich wird gemäß DIN VDE 0100 Teil 410 hergestellt. Für Betriebsstoffe, bei deren Förderung potenziell explosionsfähige Atmosphären entstehen können, werden entsprechende Ausführungen vorgesehen, um dies zu vermeiden.

¹ Sicherheitsklasse gemäß DIN EN 378-1 [42]

Falls dies nicht zu vermeiden ist, werden technische Ausführungen gemäß ATEX-Richtlinie [19] vorgesehen.

4 Stoffdaten und sicherheitstechnische Kennzahlen

Im Anlagenbereich werden Stoffe gehandhabt, die unter den herrschenden Betriebsbedingungen gefährliche explosionsfähige Atmosphäre (g. e. A.) und/oder gefährliche explosionsfähige Gemische (g. e. G.) erzeugen können. Gemäß den Angaben des Betreibers sind neben Luft keine weiteren Oxidationsmittel in der geplanten Anlage vorhanden.

Die explosionsschutztechnisch relevanten und im vorliegenden Dokument berücksichtigten Stoffe, die im Bereich der geplanten Anlage gehandhabt werden, sind mit den zugehörigen explosionsschutztechnisch relevanten sicherheitstechnischen Kenndaten tabellarisch in Tabelle 2 angegeben. Die Daten wurden durch die Unterzeichner in allgemein verfügbaren Datenbanken (z. B. GESTIS) und Tabellenwerken recherchiert.

Gemäß dem Bericht zur Vorplanung [2] ist für den entwässerten Klärschlamm ein Mittelwert für den TR-Gehalt von 26,7 % zu erwarten. Im Bereich der Trocknung wird der Klärschlamm auf ca. 38 % TR-Gehalt getrocknet.

Im Rahmen des Betriebs der KSVA sind folgende Stoffe aus explosionsschutztechnischer Sicht relevant:

- Klärschlamm
- Faulgase (vor allem Methan, in geringeren Mengen auch H₂S)
- Adsorbens²
- Aktivkohle
- Heizöl (Zusatzbrennstoff)
- Erdgas (Zusatzbrennstoff)
- Ammoniak (Brüdenkondensat)
- Nicht-kondensierbarer Brüdenanteil (Methan und Ammoniak)
- Ammoniak (Kältemittel)
- Kältemittel R32 (Difluormethan, Klasse A2L)

Bei den weiteren staubförmigen Stoffen (Aschen bzw. Reststoffe und Kalkhydrat) handelt es sich um vollständig oxidierte bzw. nicht brennbare Stoffe.

² Der Betriebsstoff Adsorbens ist ein schwarzes, hochporöses Granulat auf Kohlenstoffbasis. Es ähnelt in seinen physikalischen Eigenschaften sehr der Aktivkohle, ist jedoch auf seiner geringeren spezifischen Oberfläche besser zur Anwendung in der Abgasreinigung geeignet. Aufgrund der Ähnlichkeit werden die explosionsschutztechnischen Kennwerte von Aktivkohle für die nachfolgende Bewertung herangezogen.

Tabelle 2. Sicherheitstechnische Kenndaten der gehandhabten Stoffe.

Stoffdaten/ sicherheitstechnische Kennzahlen	Einheit	Ammoniak ^{a)}	Methan ^{a)}	Erdgas ^{c)}	Aktivkohle ^{e)}	Difluormethan ^{a)}
Zündtemperatur	°C	630	595	575	k.E.b. ²⁾ 540	648
Flammpunkt	°C	-	-	-	-	-
Untere Explosionsgrenze (UEG)	Vol.-%	14	4,4	4	-	12,7
Obere Explosionsgrenze (OEG)	Vol.-%	32,5	17	17	-	33,4
Untere Explosionsgrenze (UEG)	g/m ³	108	29	-	30	-
Obere Explosionsgrenze (OEG)	g/m ³	240	113	-	-	-
Unterer Explosionspunkt	°C	-	-	-	-	-
Explosionsgruppe	-	IIA	IIA	IIA	-	-
Staubexplosionsklasse	St	-	-	-	1	-
Sauerstoffgrenzkonzentration	Vol.-%	-	-	-	-	-
Medianwert	µm	-	-	-	18	-
Max. Explosionsdruck	bar	6,9	8,1	-	7,3	-
KSt-Wert	bar * m/s	-	-	-	61	-
Mindestzündenergie	mJ	14 ^{b)}	0,29	0,25	>10 ⁵	-
Glimmtemperatur	°C	-	-	-	-	-
Temperaturklasse	-	T1	T1	T1	-	T1
Max. Oberflächentemperatur ¹⁾	°C	450	450	450	360	450
Selbstentzündungstemperatur	°C	-	-	-	-	-
Brennverhalten	BZ	-	-	-	1	-

a) Daten aus der GESTIS-Stoffdatenbank

b) Daten aus Anhang G TRGS 727 [30]

c) Daten aus Praxishilfe Explosionsschutz – Katalog zum Erstellen von Gefährdungsbeurteilungen, Version 1.0/2010-09, VBG

d) Daten aus GisChem, https://www.gischem.de/suche/dokument-komplett.htm?client_session_Dokument=1790, abgerufen am 28.02.2023

e) Daten aus BIA-Report [41], Stoff Nr. 2104

1) Die angegebenen maximalen Oberflächentemperaturen sind aus den angegebenen Temperaturklassen abgeleitet

2) k. E. b. – keine Entzündung bei

5 Grundlagen der Gefährdungsbeurteilung

Nach § 3 BetrSichV [13] und §§ 6 und 11 GefStoffV [14] in Verbindung mit Anhang I, Nr. 1.6 (2) GefStoffV [14] hat der Arbeitgeber die Wahrscheinlichkeit und die Dauer des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre (g. e. A. – vgl. Nr. 2.2 (7) TRGS 720 [24]), und/oder gefährlicher explosionsfähiger Gemische (g. e. G. – vgl. Nr. 2.2 (5) TRGS 720 [24]), die Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins der Aktivierung und des Wirksamwerdens von Zündquellen sowie das Ausmaß der zu erwartenden Auswirkungen von Explosionen zu beurteilen (Grundlagen nach TRGS 720 [24] und nach TRGS 721 [25]).

Nach Nr. 2.2, insbesondere (5) und (7), der TRGS 720 [24] ist

- ein gefährliches explosionsfähiges Gemisch (g. e. G.) ein explosionsfähiges Gemisch, das in solcher Menge auftritt, dass besondere Schutzmaßnahmen für die Aufrechterhaltung der Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten oder anderer Personen erforderlich werden, und
- eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre (g. e. A.) ein gefährliches explosionsfähiges Gemisch mit Luft als Oxidationsmittel unter atmosphärischen Bedingungen (Umgebungstemperatur von -20 °C bis +60 °C und Druck von 0,8 bar bis 1,1 bar).

5.1 Beurteilung der Explosionsgefahr

Die Beurteilung hat nach Nr. 3 der TRGS 721 [24] nur für Anlagen und/oder Bereiche zu erfolgen, bei denen die Bildung von g. e. A. und/oder g. e. G. nicht sicher verhindert werden kann.

Diese Voraussetzungen sind nachfolgend für Gase (gilt auch für Dämpfe und Nebel) und Stäube beschrieben.

Gase

Für Gase gelten im Allgemeinen die folgenden Voraussetzungen für die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre:

- Brennbares Gas
- Ausreichende Dispersion
- Überschreitung der unteren Explosionsgrenze (UEG)
- Unterschreitung der oberen Explosionsgrenze (OEG)
- Ausreichender Sauerstoffgehalt
- Zusammenhängendes Volumen an explosionsfähiger Atmosphäre von mehr als 10 l bzw. bei kleinen Räumen 1/10.000 des Raumvolumens

Stäube

Für Stäube gelten im Allgemeinen die folgenden Voraussetzungen für die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre:

- Korngröße < 500 µm
- Brennbarer Staub
- Ausreichende Dispersion (Überschreitung der unteren Explosionsgrenze (UEG))
- Ausreichender Sauerstoffgehalt
- Staubablagerungen mit einer Schichtdicke von > 1 mm
- Zusammenhängendes Volumen an explosionsfähiger Atmosphäre von mehr als 10 l³

5.2 Ermittlung der explosionsschutztechnisch relevanten Anlagenteile

Die Anlagen gemäß Abschnitt 1.2, in denen aufgrund der gehandhabten Stoffe mit der Bildung von explosionsfähiger Atmosphäre (e. A.) und/oder explosionsfähigen Gemischen (e. G.) zu rechnen ist, werden im Rahmen der tabellarischen Bewertung in Abschnitt 7 des vorliegenden Dokuments näher betrachtet.

Da eine Bewertung der g. e. A. und/oder g. e. G. nur in Anlagenteilen erforderlich ist, in denen diese nicht sicher verhindert werden können, sind im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zunächst die primären Schutzmaßnahmen vor der Bildung von g. e. A. und/oder g. e. G. gemäß TRGS 722 [26] zu berücksichtigen.

5.3 Primärer Explosionsschutz

Als primäre Schutzmaßnahmen werden Maßnahmen bezeichnet, durch die eine Bildung von explosionsfähiger Atmosphäre g. e. A. und/oder g. e. G. vermieden oder, wenn eine vollständige Verhinderung nicht möglich ist, eingeschränkt wird.

Das Vermeiden oder Einschränken explosionsfähiger Atmosphäre und/oder explosionsfähiger Gemische ist gemäß TRGS 722 [26] (Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre) grundsätzlich möglich durch:

- Vermeiden von Gefahrstoffen, die gefährliche explosionsfähige Gemische zu bilden vermögen (Nr. 4.1)
- Konzentrationsbegrenzung für Gase und Dämpfe (Nr. 4.2.1 und Nr. 4.2.2)
- Konzentrationsbegrenzung für Stäube (Nr. 4.2.1 und Nr. 4.2.3)
- Inertisierung für das Innere von Anlagen (Nr. 4.3)
- Vermeidung gefährlicher explosionsfähiger Gemische durch Druckabsenkung oder Reduzierung der Auswirkung durch Druckabsenkung (Nr. 4.4)

³ Auch kleinere Mengen können bereits gefahrdrohend sein, wenn sie sich in unmittelbarer Nähe von Menschen befinden [26].

- Dichtheit von Anlagenteilen (Nr. 4.5)
- Lüftungsmaßnahmen (Nr. 4.6)
- Überwachung der Konzentration in der Umgebung von Anlagen oder Anlagenteilen (Nr. 4.7)

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung werden sowohl das Innere als auch die Umgebung von Apparaturen berücksichtigt. Für die explosionsschutztechnische Betrachtung wird im Sinne von Abschnitt 2.2 (2) der TRGS 720 [25] der Normalbetrieb berücksichtigt.

Als Normalbetrieb gilt der Zustand, in dem die Arbeitsmittel oder Anlagen und deren Einrichtungen innerhalb ihrer Auslegungsparameter benutzt oder betrieben werden.

Auch Inspektion und Wartung sowie die Freisetzung geringer Mengen brennbarer Stoffe können zum Normalbetrieb gehören, z. B. die geringe Freisetzung von Stoffen

- aus Dichtungen, deren Wirkungen auf der Benetzung durch die geförderte Flüssigkeit beruht oder
- bei betriebsüblichen Störungen (z. B. Abrutschen eines Sackes von einer Füll-einrichtung).

Störungen (z. B. Versagen von Dichtungen, Pumpen oder Flanschen oder die Freisetzung von Stoffen infolge von Unfällen) hingegen, die z. B. Instandsetzung oder Abschaltung erfordern, werden nicht als Normalbetrieb angesehen.

Im Normalbetrieb wird zuerst festgestellt, ob es überhaupt zu einer g. e. A. und/oder g. e. G. kommen kann. Sollte dies der Fall sein, wird als Nächstes festgestellt, ob die Gefährdung verhindert oder eingeschränkt werden kann.

Bei Betriebsstörungen wird festgestellt, um welche Art der Störung es sich handelt. Es ist im Rahmen einer betriebsstörungsspezifischen Gefährdungsbeurteilung zu beurteilen, ob durch diese Betriebsstörung die Bildung von g. e. A. und/oder g. e. G. prinzipiell möglich ist. Entsprechende Schutzmaßnahmen sind dann zu ergreifen, insbesondere bei Tätigkeiten zur Beseitigung der Betriebsstörung.

Für die Erstellung einer explosionsschutztechnischen Gefährdungsbeurteilung für Instandhaltungsarbeiten wird insbesondere auf die Regelwerke TRBS 1112 [34] und TRBS 1112, Teil 1 [35] verwiesen.

Ist die Bildung von g. e. A. und/oder g. e. G. durch die primären Schutzmaßnahmen nicht sicher auszuschließen, so werden im Schutzkonzept eine weiterführende Bewertung sowie eine Zoneneinteilung vorgenommen.

Anlagenteile, in denen die Bildung von g. e. A. sicher verhindert wird, gelten als zonenfrei.

Dies gilt auch für Anlagen, für die im Rahmen der vorliegenden explosionsschutztechnischen Beurteilung entsprechende Maßnahmen vorgesehen sind, wenn diese Maßnahmen zu einer sicheren Vermeidung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre und/oder gefährlichen explosionsfähigen Gemischen führen.

6 Schutzkonzept

Für Anlagenteile, bei denen die Bildung von g. e. A. nicht sicher ausgeschlossen werden kann, ist in Abschnitt 7 ein tabellarisches Schutzkonzept dokumentiert.

6.1 Zoneneinteilung

Im Rahmen des Schutzkonzeptes wird zunächst einmal die Explosionsschutzzone gemäß Anhang 1, Nummer 1, Punkt 1.7 GefStoffV [14] unter Berücksichtigung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens von g. e. A. festgelegt.

Für Gase gilt:

- Zone 0
ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.
- Zone 1
ist ein Bereich, in dem sich im Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln bilden kann.
- Zone 2
ist ein Bereich, in dem im Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre als Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln normalerweise nicht auftritt, und wenn doch, dann nur selten und für kurze Zeit.

Aus der eingeteilten Zone ergeben sich im Folgenden die weiterführenden Maßnahmen, die sich aus der Anforderung an die Zone ergeben.

Für Stäube gilt:

- Zone 20
ist ein Bereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus brennbarem Staub, der in der Luft enthalten ist, ständig, über lange Zeiträume oder häufig vorhanden ist.
- Zone 21
ist ein Bereich, in dem sich im Normalbetrieb gelegentlich eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub bilden kann.
- Zone 22
ist ein Bereich, in dem im Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre in Form einer Wolke aus in der Luft enthaltenem brennbarem Staub normalerweise nicht auftritt, und wenn doch, dann nur selten und für kurze Zeit.

Aus der eingeteilten Zone ergeben sich im Folgenden die weiterführenden Maßnahmen, die sich aus der Anforderung an die Zone ergeben.

6.2 Sekundärer Explosionsschutz

Für die explosionsgefährdeten Anlagenteile sind mögliche Zündquellen, die zu einer Explosion führen können, nach Möglichkeit zu vermeiden.

Als Zündquellen gemäß TRGS 723 [27] sind zu berücksichtigen:

- Heiße Oberflächen (Nr. 5.2)
- Flammen und heiße Gase (Nr. 5.3)
- Zündquellen durch mechanische Reib-, Schlag- und Abriebvorgänge (Nr. 5.4), auch beim Einsatz von Werkzeugen (Nr. 5.15)
- Elektrische Anlagen (Nr. 5.5)
- Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz (Nr. 5.6)
- Statische Elektrizität (Nr. 5.7)
- Blitzschlag (Nr. 5.8)
- Elektromagnetische Felder im Bereich der Frequenzen von 9×10^3 Hz bis 3×10^{11} Hz (Nr. 5.9)
- Elektromagnetische Strahlung im Bereich der Frequenzen von 3×10^{11} Hz bis 3×10^{15} Hz bzw. Wellenlängen von $1.000 \mu\text{m}$ bis $0,1 \mu\text{m}$ (optischer Spektralbereich) (Nr. 5.10)
- Ionisierende Strahlung (Nr. 5.11)
- Ultraschall (Nr. 5.12)
- Adiabatische Kompression, Stoßwellen, strömende Gase (Nr. 5.13)
- Chemische Reaktionen (Nr. 5.14)

6.3 Tertiärer Explosionsschutz

Ist eine Zündung nicht sicher zu verhindern, so ist durch entsprechende Schutzmaßnahmen (tertiärer Explosionsschutz) die Auswirkung einer eventuell auftretenden Explosion zu minimieren.

Als tertiäre Explosionsschutzmaßnahmen gemäß TRGS 724 [28] gelten:

- Explosionsfeste Bauweise (Nr. 2.4)
- Explosionsdruckentlastung (Nr. 2.5)
- Explosionsunterdrückung (Nr. 2.7)
- Explosionstechnische Entkopplung (Nr. 2.9)

Unter Berücksichtigung aller vorgenannten Maßnahmen muss sichergestellt sein, dass keine Gefährdung des Anlagenpersonals und Dritter durch den Betrieb der Anlage zu erwarten ist.

6.4 Bewertung der Explosionssicherheit unter Berücksichtigung der TRGS 725

Maßnahmen gegen Explosionen und damit das Explosionsschutzkonzept sind als ausreichend sicher zu bewerten, wenn entweder das Explosionsereignis als sehr selten einzustufen ist oder wenn die Auswirkungen einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß reduziert sind.

Das Explosionsschutzkonzept wird entsprechend TRGS 722 [26], TRGS 723 [27] und TRGS 724 [28] entwickelt (Explosionsschutzmaßnahmen). Die einzelnen Explosionsschutzmaßnahmen werden hinsichtlich ihrer erforderlichen Verfügbarkeit bewertet (vgl. Tabelle 3). Eine geeignete Ausführung der technischen Maßnahmen zum Explosionsschutz wird vorausgesetzt. Ergibt die Bewertung, dass zur Erreichung der benötigten Verfügbarkeit der Ex-Schutzmaßnahme zusätzliche Ex-Einrichtungen⁴ erforderlich sind, z. B. um den Ausfall der Explosionsschutzmaßnahme zu identifizieren, wird der erforderliche Beitrag der Ex-Einrichtung ermittelt.

In der Bewertung zur Explosionssicherheit in Abschnitt 7 wird die Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahme mit der erforderlichen Verfügbarkeit verglichen. Eine Ex-Einrichtung ist erforderlich, wenn die vorhandene Verfügbarkeit geringer ist als die erforderliche Verfügbarkeit.

Tabelle 3. Erforderliche Verfügbarkeit von Explosionsschutzmaßnahmen in Abhängigkeit der Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre und einer wirksamen Zündquelle auf Basis des Betriebskonzeptes (vgl. TRGS 725 [29]).

Zone auf Basis des Betriebskonzeptes	Zone 0/20	Zone 1/21	Zone 2/22	keine Zone
Zündquellenbewertung auf Basis des Betriebskonzeptes	Erforderliche Verfügbarkeit einer Explosionsschutzmaßnahme			
Zündquelle im Normalbetrieb (betriebsmäßig) vorhanden	Sehr hoch	Hoch	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im vorhersehbaren Fehlerfall oder bei gelegentlichen Betriebsstörungen vorhanden	Hoch	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im seltenen Fehlerfall oder bei seltener Betriebsstörungen vorhanden	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im sehr seltenen Fehlerfall vorhanden	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich

⁴ Ex-Einrichtungen sind sicherheitsrelevante MSR-Einrichtungen im Sinne der Explosionssicherheit, z. B. Volumenstrommessung einer technischen Lüftung mit Alarmierung und nachfolgenden organisatorischen Maßnahmen (vgl. TRGS 725 [29]).

Die Zuverlässigkeit wird in Klassifizierungsstufen angegeben (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4. Erzielbare Klassifizierungsstufen für Ex-Einrichtungen (Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung).

Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung	Sehr hoch	Hoch	Ausreichend
Klassifizierungsstufe	K3	K2	K1

Die erforderliche Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung kann aus dem Delta der erforderlichen Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahme und der vorhandenen Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahme bestimmt werden (vgl. Tabelle 5).

Tabelle 5. Erforderliche Zuverlässigkeit von Ex-Einrichtungen in Abhängigkeit der Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen (vgl. TRGS 725 [29]).

Erforderliche Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahme	Erforderliche Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung			
	Sehr hoch	Hoch	Ausreichend	keine
Vorhandene Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahme				
Sehr hoch	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Hoch	Ausreichend (K1)	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Ausreichend	Hoch (K2)	Ausreichend (K1)	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Keine	Sehr hoch (K3)	Hoch (K2)	Ausreichend (K1)	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich

6.5 Kennzeichnung von Geräten und Schutzsystemen

Das Schutzkonzept gibt auch die explosionsschutztechnische Gerätespezifikation für die Arbeitsmittel vor, die in den jeweiligen Zonen eingesetzt werden.

Die Spezifikation der Arbeitsmittel erfolgt dabei gemäß Richtlinie 2014/34/EU [19] bzw. 11. Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (11. ProdSV) [20].

Nach § 9 (4) BetrSichV [13] und Anhang 1, Nummer 1, Punkt 1.8 (2) GefStoffV [14] sind in allen Bereichen, in denen explosionsfähige Staub-/Luft-Gemische oder Gas-/Luft-Gemische vorhanden sein können, Geräte und Schutzsysteme entsprechend den Kategorien gemäß RL 2014/34/EU [19] auszuwählen.

Ist auch die Zündung der explosionsfähigen Atmosphäre nicht sicher zu verhindern, so ist sicherzustellen, dass tertiäre Explosionsschutzmaßnahmen gemäß TRGS 724 [28] ergriffen werden.

Die nachfolgend aufgeführte Kennzeichnung der Arbeitsmittel muss aus explosionsschutztechnischer Sicht mindestens auf den Geräten und Schutzsystemen in explosionsgefährdeten Bereichen vorhanden sein.

Zusätzlich und wenn erforderlich, müssen auch alle für die Sicherheit bei der Verwendung unabdingbaren Hinweise gemäß Anhang II, Nr. 1.0.5., RL 2014/34/EU [19] angebracht werden.

Tabelle 6. Geräte Kennzeichnung für Geräte und Schutzsysteme in explosionsgefährdeten Bereichen durch Gase, Dämpfe und Nebel.

Zone	Kennzeichnung (Gerätegruppe, Kategorie)
0	II 1 G
1	II 2 G
2	II 3 G

Stoffspezifisch werden im Rahmen der Kennzeichnung noch zusätzlich die Explosionsgruppe (IIA, IIB oder IIC) und die Temperaturklasse (T1 bis T6) angegeben.

Die Temperaturklasse der Geräte und Schutzsysteme (elektrische und nicht elektrische Betriebsmittel) hängt bei Gasen, Dämpfen und Nebeln ausschließlich von der Zündtemperatur ab.

Bei Geräten für den Einsatz in Explosionsschutzzonen muss die maximale Oberflächentemperatur in der Betriebsanleitung und auf dem Gerät verzeichnet sein. Gemäß Abschnitt 5.2 TRGS 723 [27] gilt:

- Für die Zone 0:
 - muss sichergestellt und durch Kontrolle der Wirksamkeit nachgewiesen sein, dass die Temperaturen der Oberflächen, die mit explosionsfähiger Atmosphäre in Berührung kommen, 80 % der Zündtemperatur bzw. des zur Temperaturklasse gehörenden unteren Wertes der Zündtemperatur nicht überschreiten;
 - sind eventuelle Temperaturerhöhungen, durch beispielsweise Wärmestau oder chemische Reaktionen, hierbei zu berücksichtigen.

- Für die Zone 1:
 - muss die maximale Oberflächentemperatur derart begrenzt werden, dass sie 80 % der Zündtemperatur nur selten überschreitet;
 - ist eine dauerhafte Überschreitung der Oberflächentemperatur bis zur Zündtemperatur zulässig, wenn die Oberflächentemperatur unter den Betriebsverhältnissen sicher begrenzt bleibt.
- Für die Zone 2:
 - muss die maximale Oberflächentemperatur derart begrenzt werden, dass die Zündtemperatur im Normalbetrieb nicht überschritten wird;
 - sind Arbeitsmittel mit Oberflächentemperaturen oberhalb der Zündtemperatur insbesondere in Freianlagen in Sonderfällen zulässig, wenn hinreichende Sicherheit durch die betrieblichen Verhältnisse (z. B. erhöhte Strömung der explosionsfähigen Atmosphäre durch Windbewegung) gewährleistet ist.

Existiert keine Angabe, so ist die Oberflächentemperatur kleiner 85 °C.

Tabelle 7. Gerätekenzeichnung für Geräte und Schutzsysteme in explosionsgefährdeten Bereichen durch Stäube.

Zone	Kennzeichnung (Gerätegruppe, Kategorie)
20	II 1 D IP 6x
21	II 2 D IP 6x
22 ¹⁾	II 3 D IP 5x

¹⁾ Bei leitfähigen Stäuben sind die Arbeitsmittel/Schutzsysteme entsprechend Zone 21 auszuführen.

Neben den vorgenannten Angaben (vgl. Tabelle 7) ist im Rahmen der Kennzeichnung von Arbeitsmitteln in explosionsgefährdeten Bereichen, die durch Staub-/Luft-Gemische hervorgerufen werden, die maximale Oberflächentemperatur anzugeben.

In den Zonen 20 – 22 dürfen heiße Oberflächen entsprechend der VDE 0165-1 [21] bzw. der DIN EN 1127-1 [22] eine Grenztemperatur von 2/3 der Mindestzündtemperatur in °C nicht überschreiten.

Gemäß VDE 0165-1 (DIN EN 60079-14) [21] darf die maximale Oberflächentemperatur bei einer maximalen Staubdicke von 5 mm höchstens um 75 K unterhalb der Glimmtemperatur⁵ bzw. der Mindestzündtemperatur liegen.

Der niedrigere der beiden Werte bestimmt die maximale Oberflächentemperatur des Arbeitsmittels.

⁵ Als Glimmtemperatur wird die Mindestzündtemperatur für eine Staubschicht von 5 mm Dicke bezeichnet.

Die maximalen Oberflächentemperaturen können, falls Daten dazu ermittelt werden konnten, in Abschnitt 4 des vorliegenden Dokuments entnommen werden.

Bei Arbeitsmitteln für die Zonen 20 – 22 muss die maximale Oberflächentemperatur in der Betriebsanleitung verzeichnet sein.

Gemäß Abschnitt 5.2.2 (4) TRGS 723 [27] gelten für die maximalen Oberflächentemperaturen folgende Kennzeichnungsregeln:

- Geräte, Komponenten oder Schutzsysteme der Kategorien 1G bis 3G sind mit der minimalen Temperaturklasse bzw. der niedrigsten maximalen Oberflächentemperatur zu kennzeichnen, für die sie geeignet sind. Dabei sind die Sicherheitsabstände bereits berücksichtigt.
- Geräte, Komponenten und Schutzsysteme der Kategorien 1D bis 3D sind mit der maximalen Oberflächentemperatur zu kennzeichnen. Die erforderlichen Sicherheitsabstände werden dabei nicht berücksichtigt.

6.6 Organisatorische Maßnahmen

In Hinsicht auf die organisatorischen Maßnahmen und Kennzeichnungspflichten sind im Sinne von § 11 und § 14 GefStoffV [14] i. V. m. Anhang I, Nummer 1 GefStoffV im Explosionsschutzdokument folgende Angaben darzustellen:

6.6.1 Unterweisung der Beschäftigten

Hier sind Zeitpunkt, Art und Weise der Information sowie verwendete Unterlagen zu benennen.

Maßnahmen im Anlagenbereich:

- ZV 2** Die Bestandsbelegschaft sowie neu eingestelltes Personal sind über die in den betrachteten Anlagen auftretenden Gefahren zu unterweisen und mit den zu ihrer Abwendung einzuleitenden Maßnahmen vertraut zu machen. In die Belehrung werden die Betriebs- und Bedienungsanleitungen, geltende Standardarbeitsanweisungen sowie Merkblätter und Richtlinien der Berufsgenossenschaften und die Stoffdatenblätter der verwendeten Produkte mit einbezogen. Im Weiteren ist das Personal fortlaufend und wiederkehrend jährlich zum Arbeits- und Brandschutz sowie zum Umgang mit Gefahrstoffen und explosionsschutztechnisch relevanten Stoffen zu unterweisen.
Die arbeitsplatzspezifischen Unterweisungen erfolgen durch den verantwortlichen Abteilungsleiter sowie dessen Beauftragten.
- ZV 3** Mitarbeiter von Fremdfirmen sind vor Arbeitsaufnahme durch den zuständigen Leiter der betrachteten Anlagen zu unterweisen.
- ZV 4** In die oben beschriebenen Unterweisungen des Betriebspersonal und der Mitarbeiter von Fremdfirmen sind die erforderlichen Unterweisungen hinsichtlich des Umgangs mit explosionsschutztechnisch relevanten Stoffen auf Basis der erstellten Betriebsanweisung zu integrieren. Über die durchgeführten Schulungen ist ein Nachweis zu führen.

6.6.2 Schriftliche Anweisungen, Arbeitsfreigaben, Aufsicht

Neben den verfahrenstechnischen Anweisungen werden alle erforderlichen organisatorischen Schutzmaßnahmen in Form von eindeutigen Betriebs-/Arbeitsanweisungen schriftlich formuliert, den Mitarbeitern zur Kenntnis gegeben und deren Einhaltung stichprobenartig überprüft.

Zu den schriftlichen Anweisungen gehört auch die Darstellung des Arbeitsfreigabesystems für gefährliche Tätigkeiten und Tätigkeiten, die durch Wechselwirkungen mit anderen Arbeiten gefährlich werden können.

Maßnahmen im Anlagenbereich:

- ZV 5** Für die verschiedenen explosionsschutztechnisch relevanten Arbeitsbereiche sind Betriebsanweisungen zu erstellen. In diesen sind auch die Explosionsgefahren der gehandhabten Stoffe zu integrieren.
- ZV 6** Die Vorgehensweise bei Störungen ist in den Betriebsanweisungen gemäß GefStoffV [14] zu dokumentieren und an geeigneter Stelle zu hinterlegen.
- ZV 7** Es ist ein Freigabeverfahren zu etablieren, das insbesondere bei Arbeiten durch Fremdfirmen in explosionsgefährdeten Bereichen angewendet ist.
- ZV 8** Die Umsetzung der Betriebsanweisung ist stichprobenartig zu überprüfen.

6.6.3 Kennzeichnung explosionsgefährdeter Bereiche

Die explosionsgefährdeten Bereiche sind an ihren Zugängen mit Warnzeichen nach Anhang III der Richtlinie 1999/92/EG [18] zu kennzeichnen.



Warnzeichen Ex-Zone (D-W021)

Maßnahmen im Anlagenbereich:

- ZV 9** Bereiche mit ausgewiesenen Explosionsschutzonen sind dauerhaft und gut sichtbar mit dem Warnzeichen W21 gemäß BGV A8/DGUV-V9 [32], Anlage 2, Nr. 2 bzw. mit dem Warnzeichen D-W021 gemäß ASR A1.3 [33] zu kennzeichnen.

6.6.4 Verbot von Zündquellen

In explosionsgefährdeten Bereichen sind Zündquellen, wie zum Beispiel das Rauchen und die Verwendung von offenem Feuer und offenem Licht, zu verbieten (Hinweis: Mobilfunkgeräte stellen ebenfalls potenzielle Zündquellen dar). Ferner ist das Betreten von explosionsgefährdeten Bereichen durch Unbefugte zu verbieten.



Verbot von Zündquellen (P003)



Verbot des Zutritts für Unbefugte (D-P006)

Maßnahmen im Anlagenbereich:

- ZV 10** In explosionsgefährdeten Bereichen ist konkret darauf hinzuweisen, dass externe Zündquellen zu vermeiden sind. Dies ist durch gut sichtbare und dauerhafte Beschilderung der betroffenen Bereiche sicherzustellen.
- ZV 11** Auf das Verbot von Zündquellen und das Verbot des Zutritts für Unbefugte ist durch die Beschilderung P003 und D-P006 gemäß ASR A1.3 [33] hinzuweisen.

6.6.5 Prüfungen

Anlagen, Anlagenteile und Apparaturen in explosionsgefährdeten Bereichen sind zu prüfen:

- Nach § 15 BetrSichV [13] vor der ersten Inbetriebnahme und/oder nach einer prüfpflichtigen Änderung auf Basis von Anhang 2, Abschnitt 3, Unterpunkt 4 BetrSichV [13]
- Nach § 16 BetrSichV [13]
 - wiederkehrend mindestens alle 6 Jahre gemäß Anhang 2, Abschnitt 3, Nr. 5.1 BetrSichV [13] durch eine befähigte Person oder eine ZÜS (Zugelassene Überwachungsstelle) bezogen auf Explosionssicherheit unter Berücksichtigung des Explosionsschutzdokuments und der Zoneneinteilung
 - Wiederkehrend mindestens alle 3 Jahre gemäß Anhang 2, Abschnitt 3, Nr. 5.2 BetrSichV [13] durch eine befähigte Person oder eine ZÜS (Zugelassene Überwachungsstelle) bezogen auf die Geräte, Schutzsysteme, Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen im Sinne der Richtlinie 2014/34/[19]
 - Wiederkehrend mindestens jährlich gemäß Anhang 2, Abschnitt 3, Nr. 5.3 BetrSichV [13] durch eine befähigte Person bezogen auf alle Lüftungsanlagen, Gaswarneinrichtungen und Inertisierungseinrichtungen

- Ermittlung ggf. kürzerer Prüffristen auf Grundlage der Erkenntnisse einer sicherheitstechnischen Bewertung durch den Arbeitgeber (Betreiber).
Einhaltung der Prüffristen gemäß Anhang 2, Abschnitt 3, Nr. 5.2 und Nr. 5.3 BetrSichV [13], falls kein Instandhaltungskonzept gemäß Anhang 2, Abschnitt 3, Nr. 5.4 BetrSichV [13] vorliegt.

Die Ergebnisse der Prüfungen sind nach § 17 BetrSichV [13] aufzuzeichnen und am Betriebsort aufzubewahren.

Dies gilt unabhängig von den ggf. durch andere Vorschriften bzw. die arbeitsmittelbezogene Gefährdungsbeurteilung ermittelten Prüffristen (z. B. elektrische Prüfung gemäß BGV A3/DGUV-V3 [36]).

Maßnahmen im Anlagenbereich:

- ZV 12** Es ist eine Prüfung vor Inbetriebnahme nach § 15 BetrSichV [13] auf Basis von Anhang 2, Abschnitt 3, Unterpunkt 4.1 BetrSichV [13] durchzuführen. Die Prüfung ist zu dokumentieren.
- ZV 13** Elektrische Geräte/Anlagen und Schutzsysteme in explosionsgefährdeten Bereichen sind gemäß eines noch zu erstellenden Prüfplans regelmäßig durch eine befähigte Elektrofachkraft zu warten und zu prüfen. Diese Prüfungen sind zu dokumentieren.

6.7 Allgemeine Explosionsschutzmaßnahmen

Neben den in Abschnitt 7 enthaltenen spezifischen Explosionsschutzmaßnahmen für die einzelnen Anlagenteile sind zusätzlich die folgenden für alle Zonenbereiche erforderlichen allgemeinen Explosionsschutzmaßnahmen zu beachten:

- Einsatz von Arbeitsmitteln, die für die jeweilige Zone geeignet sind (Nachweis der Eignung der Arbeitsmittel anhand der Konformitätserklärung des Herstellers gemäß RL 2014/34/EU (ATEX-Produkt-Richtlinie) [19] bzw. 11. ProdSV [20] oder alternativ ein gleichwertiger Nachweis, beispielsweise im Rahmen einer Zündquellenanalyse).
- Erdung der in den Zonenbereichen betriebenen Anlagen und Anlagenteile.
- Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladung in den Bereichen der Zonen 0 und 1 (Ableitwiderstände $< 10^6$ Ohm). Weiterhin muss das Personal im Bereich der Zone 1 mit geeigneter Schutzkleidung, z. B. leitfähigem Schuhwerk, sowie mit nicht aufladbaren Arbeitsmitteln ausgestattet sein.
- Zur Vermeidung von mechanischen Funken sind bei Arbeiten in den Zonenbereichen Werkzeuge aus Edelstahl oder Kupfer bzw. Kupferlegierungen zu verwenden, da diese einen vergleichsweise geringeren Energieinhalt aufweisen. Alternativ ist vor Beginn von Arbeiten (insbesondere Instandhaltungsmaßnahmen) in ausgewiesenen explosionsgefährdeten Bereichen beispielsweise durch Freischaltmaßnahmen des Bereiches und die dazugehörige Freimessung ein Arbeiten mit Arbeitsmitteln zulässig, die nicht für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen geeignet sind.

- Reinigungsmaßnahmen sind mit explosionsgeschützten Arbeitsmitteln (z. B. Staubsaugern) durchzuführen. Alternativ kann auch eine feuchte Reinigung vorgesehen werden, bei der Staubaufwirbelungen durch die Vorgehensweise verhindert werden (Betriebsanweisung).
- Die Reinigungsintervalle und Kontrollen bezüglich Staubablagerungen sind durch den Verantwortlichen für Facility-Management anhand von Erfahrungswerten in Arbeitsanweisungen festzulegen.
- Alle unter den Explosionsschutzmaßnahmen aufgeführten Sicherstellungen, Prüfungen und Kontrollen sind durch EMR-Einrichtungen oder Betriebsanweisungen zu realisieren.

ZV 14 Die allgemeinen Maßnahmen sind, soweit sie auf die explosionsgefährdeten Bereiche der hier betrachteten Anlagenbereiche zutreffen, in geeigneter Weise umzusetzen.

7 Gefährdungsbeurteilung und Schutzkonzept für den Neubau der Klärschlammverbrennungsanlage Böblingen

Nachfolgend wird für den Neubau der KSVA die explosionsschutztechnische Bewertung im Sinne der Abschnitte 5 und 6 in tabellarischer Form dargestellt.

Für die Betrachtung der Anlagenbereiche sind atmosphärische Bedingungen – Umgebungstemperatur von -20 °C bis +60 °C und Druck von 0,8 bar bis 1,1 bar (vgl. hierzu auch Nr. 2.2 (7) TRGS 720 [24] oder § 2 (13) GefStoffV [14]) – heranzuziehen. Ebenso ist für die betrachtete Anlage Luft bzw. Luftsauerstoff als Oxidationsmittel anzusetzen. Somit wird in nachfolgender tabellarischer Auflistung die gefährliche explosionsfähige Atmosphäre (g. e. A.) betrachtet.

7.1 BE 01 Klärschlamm Lagerung

Anlage	KSVA Böblingen
Anlagenbereich	BE 01 Klärschlamm Lagerung
Anlagenteile	Anlieferhalle Abkippbunker (auch: Annahmehunker) Stapelbunker (auch: Klärschlammhunker) Aufgabetrichter 1 und 2 Wirbelluft (Primärentlüftung, zu Feuerung und Kessel) Bunkerabluftgebläse (auch: Bunkerstillstandsventilation, mit Aktivkohlefilter) Bunkernotabluftgebläse (auch: Bunkernotabluft, Bypass-Leitung)
Gehandhabte Stoffe	<ul style="list-style-type: none"> • Klärschlamm (ca. 20 - 33 % TR-Gehalt)
Explosionsschutztechnisch relevante Stoffe	<ul style="list-style-type: none"> • Faulgase (im Wesentlichen Methan) aus dem Klärschlamm
Explosionsschutztechnisch relevante Prozessschritte	<ul style="list-style-type: none"> • Entladen der LKW in den Abkippbunker • Handhabung (Klärschlammkrane) und Lagerung des Klärschlammes • Absaugen der Bunkerluft • Transport des Klärschlammes in Richtung Trocknung • Wechsel der Aktivkohle (Bunkerabluftgebläse)
Örtliche Gegebenheiten	<ul style="list-style-type: none"> • Anlagenaufstellung im Gebäude • Technische Lüftung des Raumes

Betriebskonzept und primäre Schutzmaßnahmen
Anlieferhalle <ul style="list-style-type: none"> • Betrieb der Anlage durch geschultes Anlagenpersonal • Hoher Wasseranteil im Klärschlamm, dadurch selbst nicht brennbar • Annahme von stabilisiertem/ausgefaultem Klärschlamm • Regelmäßige Reinigung des Anlieferbereichs • Belüftung mit ca. 2-facher Luftwechselrate im Normalbetrieb (Wirbelluft/Primärentlüftung) verfahrenstechnisch durch Verbrennungsluftabsaugung der Feuerung (vgl. Abschnitt 3.2 <i>Bunkerentlüftung</i>), Zuluft über Wetterschutzgitter

S:\M\PROJ\174M174575\M174575_01_BER_7D_UNMARKIERT.DOCX:26. 02. 2024

Betriebskonzept und primäre Schutzmaßnahmen

- Bei Anlagenstillstand steht technische Lüftung mit 2-facher Luftwechselrate (Technische Lüftung im Sinne von Nr. 4.6.3 der TRGS 722 [26], Bunkerabluftgebläse mit Aktivkohlefilter) zur Verfügung
- Um kein explosionsfähiges Gemisch durch den Aktivkohlefilter zu leiten wird bei Überschreiten von 20 % der UEG (bezogen auf H₂S und CH₄) die Bunkerstillstandsentlüftung auf eine Bypass-Leitung (Bunkernotabluftgebläse) umgeschaltet
- Bunkernotabluftgebläse (Bypass-Leitung) erhöht Luftwechsel auf 6-fache Luftwechselrate (Technische Lüftung im Sinne von Nr. 4.6.3 der TRGS 722 [26]) im Gefahrenfall. Optische und akustische Alarmierung über Gaswarnanlage (GWA)
- Sensoren (CH₄ und H₂S) der GWA im Bereich der Abkipppöffnungen auf Kniehöhe
- Annahmehalle wird in (geringem) Unterdruck zur Atmosphäre betrieben

ZV 15 Die Erhöhung der Lüftungsleistung nach Ansprechen der GWA ist so lange aufrechtzuerhalten, bis keine Überschreitung von 20 % der UEG (bezogen auf Methan) in den sich anschließenden Anlagenteilen (Abkippbunker, Stapelbunker) mehr zu erwarten ist (vgl. auch Anhang B).

Abkippbunker

- Betrieb der Anlage durch geschultes Anlagenpersonal
- Hoher Wasseranteil im Klärschlamm, dadurch selbst nicht brennbar
- Belüftung wie bei Anlieferhalle

Stapelbunker

- Betrieb der Anlage durch geschultes Anlagenpersonal
- Hoher Wasseranteil im Klärschlamm, dadurch selbst nicht brennbar
- Belüftung wie bei Anlieferhalle
- Kranbedienung überwiegend automatisiert
- Mischung des Klärschlammes durch Umschichten

Aufgabetrichter 1 und 2

- Betrieb der Anlage durch geschultes Anlagenpersonal
- Hoher Wasseranteil im Klärschlamm, dadurch selbst nicht brennbar
- Belüftung wie bei Anlieferhalle

Wirbelluft (Primärentlüftung, zu Feuerung und Kessel)

- Methankonzentration unterhalb der UEG von Methan
- Hoher Absaugvolumenstrom (20.000 m³/h)
- Rohrleitung auf Dauer technisch dicht im Sinne von Nr. 4.5.2 TRGS 722 [26]

Bunkerabluftgebläse (mit Aktivkohlefilter)

- Methankonzentration unterhalb der UEG von Methan
- Hoher Absaugvolumenstrom (20.000 m³/h)
- Rohrleitung auf Dauer technisch dicht im Sinne von Nr. 4.5.2 TRGS 722 [26]
- Aktivkohlefilter technisch dicht im Sinne von Nr. 4.5.3 TRGS 722 [26]

Bunkernotabluftgebläse (Bunkernotabluft über Bypass-Leitung)

- Hoher Absaugvolumenstrom (60.000 m³/h, 6-fache Luftwechselrate)
- Rohrleitung auf Dauer technisch dicht im Sinne von Nr. 4.5.2 TRGS 722 [26]

Gefährdungsbeurteilung
<p>Anlieferhalle</p> <p>Innerhalb der Anlieferhalle ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p>
<p>Abkippbunker</p> <p>Innerhalb des Abkippbunkers bis 1 m oberhalb der Klärschlammoberfläche ist die Bildung von g. e. A. normalerweise nicht zu erwarten und wenn doch, dann nur selten und für kurze Zeit.</p> <p>Innerhalb des Abkippbunkers ab 1 m oberhalb der Klärschlammoberfläche ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p>
<p>Stapelbunker</p> <p>Innerhalb des Stapelbunkers bis 1 m oberhalb der Klärschlammoberfläche ist die Bildung von g. e. A. normalerweise nicht zu erwarten und wenn doch, dann nur selten und für kurze Zeit.</p> <p>Innerhalb des Stapelbunkers ab 1 m oberhalb der Klärschlammoberfläche ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p>
<p>Aufgabetrichter 1 und 2</p> <p>Innerhalb der Aufgabetrichter ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p>
<p>Wirbelluft (Primärentlüftung, zu Feuerung und Kessel)</p> <p>Innerhalb und außerhalb der Leitung der Wirbelluft (Primärentlüftung, zu Feuerung und Kessel) ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p>
<p>Bunkerabluftgebläse (mit Aktivkohlefilter)</p> <p>Innerhalb und außerhalb der Leitung der Bunkerstillstandsventilation (mit Aktivkohlefilter) ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p> <p>Im Nahbereich um den Aktivkohlefilter ist die Bildung von g. e. A. normalerweise nicht, aufgrund des Wechsels der Aktivkohle jedoch selten und dann für kurze Zeit möglich.</p>
<p>Bunkernotabluftgebläse (Bunkernotabluft über Bypass-Leitung)</p> <p>Innerhalb der Leitung der Bunkerstillstandsventilation (Bunkernotabluft über Bypass-Leitung) ist die Bildung von g. e. A. gelegentlich zu erwarten.</p> <p>Außerhalb der Leitung der Bunkerstillstandsventilation (Bunkernotabluft über Bypass-Leitung) ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p>

Zoneneinteilung		
Anlagentyp	Zone	Bemerkung (falls erforderlich)
Anlieferhalle	<ul style="list-style-type: none"> Zonenfrei ganzer Raum 	<ul style="list-style-type: none"> Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 4.1.3.5.1 a)
Abkippbunker	<ul style="list-style-type: none"> Zone 2 bis 1 m über Klärschlammoberfläche Zonenfrei ganzer Raum 	<ul style="list-style-type: none"> In Anlehnung an DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 4.1.3.5.1 b) Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 4.1.3.5.1 a)
Stapelbunker	<ul style="list-style-type: none"> Zone 2 bis 1 m über Klärschlammoberfläche Zonenfrei ganzer Raum 	<ul style="list-style-type: none"> In Anlehnung an DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 4.1.3.5.1 b) Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 4.1.3.5.1 a)

S:\M\PROJ\174M174575M174575_01_BER_7D_UNMARKIERT.DOCX:26. 02. 2024

Zoneneinteilung		
Aufgabetrichter 1 und 2	<ul style="list-style-type: none"> • Zonenfrei innerhalb und außerhalb der Anlagenteile 	<ul style="list-style-type: none"> • Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 4.1.3.5.1 a)
Wirbelluft (Primärentlüftung, zu Feuerung und Kessel)	<ul style="list-style-type: none"> • Zonenfrei innerhalb und außerhalb der Leitung 	<ul style="list-style-type: none"> • Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 1.3 a2)
Bunkerabluftgebläse (mit Aktivkohlefilter)	<ul style="list-style-type: none"> • Zonenfrei innerhalb und außerhalb der Leitung • Zone 22 Nahbereich um den Aktivkohlefilter 	<ul style="list-style-type: none"> • Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 1.3 a2) • Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.3.2.1 d)
Bunkernotabluftgebläse (Bunkernotabluft über Bypass-Leitung)	<ul style="list-style-type: none"> • Zone 1 innerhalb der Leitung • Zonenfrei außerhalb der Leitung • Zone 2 im Nahbereich um die Öffnung der Leitung zur Atmosphäre 	<ul style="list-style-type: none"> • Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 1.3 c1.2) • Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 1.1 a) • Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 1.2.5 i.V.m. Nr. 5.14 <p>ZV 16 Die Ausdehnung der Zone um die Öffnung der Leitung zur Atmosphäre ist zu berechnen</p>

Sekundäre Schutzmaßnahmen	
Zündquellenart	Bemerkung/Schutzmaßnahmen
Heiße Oberflächen	<ul style="list-style-type: none"> • Max. Oberflächentemperatur 450° C (Basis Methan T1, IIA) • Max. Oberflächentemperatur 360° C (Basis Aktivkohle T1, IIA)
Flammen und heiße Gase	<ul style="list-style-type: none"> • Flammen und heiße Gase sind im betrachteten Anlagenbereich nicht vorgesehen
Mechanisch erzeugte Funken	<ul style="list-style-type: none"> • Ausführung der Geräte folgendermaßen (Basis Methan T1, IIA): Zone 1: II 1G/2G T1 IIA Zone 2: II 1G/2G/3G T1 IIA • Ausführung der Geräte folgendermaßen (Basis Aktivkohle): Zone 22: II 1D/2D/3D 360°C IIA • Verwendung funkenarmer Werkzeuge
Elektrische Anlagen	<ul style="list-style-type: none"> • Ausführung der Geräte folgendermaßen (Basis Methan T1, IIA): Zone 1: II 1G/2G T1 IIA Zone 2: II 1G/2G/3G T1 IIA • Ausführung der Geräte folgendermaßen (Basis Aktivkohle): Zone 22: II 1D/2D/3D 360°C IIA • Für die elektrische Installation in explosionsgefährdenden Bereichen sind insbesondere die folgenden Regelwerke bzw. Erkenntnisquellen zu beachten: Nr. 5.5 TRGS 723 [27] DIN EN 60079-14 [21]
Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt

S:\M\PROJ\174M174575M174575_01_BER_7D_UNMARKIERT.DOCX:26. 02. 2024

Sekundäre Schutzmaßnahmen	
Statische Elektrizität	<ul style="list-style-type: none"> • Maßnahmen gemäß TRGS 727 [30] gegen Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladung, insbesondere Erdung bzw. Verbindung mit Erde leitfähiger bzw. ableitfähiger Anlagenteile (hier: Hochregale) sowie Vermeidung isolierender Materialien in explosionsgefährdeten Bereichen
Blitzschlag	<ul style="list-style-type: none"> • Entfällt (vgl. Nr. 5.8.2 (1) TRGS 723 [27])
Elektromagnetische Felder	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Elektromagnetische Strahlung	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Ionisierende Strahlung	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Ultraschall	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Adiabatische Kompression, Stoßwellen, strömende Gase	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Chemische Reaktionen	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt

Tertiäre Schutzmaßnahmen	
ZV 17	Gemäß Nr. 4.2 (6) des Merkblattes VGB M 116 [39] ist die Bypass-Leitung zur Atmosphäre mit einer Flammenrückschlagsicherung auszurüsten, wenn nicht sichergestellt werden kann, dass die abgeleiteten Gase 50 % der UEG nicht überschreiten.

Bewertung der Explosionssicherheit unter Berücksichtigung der TRGS 725				
<i>Betriebskonzept</i>				
Im bestimmungsgemäßen Betrieb wird durch die Wirbelloft, die für die Feuerung des Kessels erforderlich ist, ein Luftstrom von der Anlieferhalle über die Bunker bis in die Brennkammer erzeugt. Aus dem angelieferten Klärschlamm entweichen CH ₄ und H ₂ S, wodurch sich eine g. e. A. bilden kann.				
<i>Zone auf Basis des Betriebskonzeptes</i>				
Zone 1				
<i>Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen</i>				
Bunkerabluftgebläse	Sehr hoch	Hoch	Ausreichend ⁶	Keine
Begründung	Lüfter nur für diesen Bereich installiert, keine zusätzlichen Abnehmerstellen, Ausfall nur bei Motorversagen bzw. zentralem Stromausfall denkbar			
Bunkernotabluftgebläse	Sehr hoch	Hoch	Ausreichend	Keine
Begründung	Lüfter nur für diesen Bereich installiert, keine zusätzlichen Abnehmerstellen, Ausfall nur bei Motorversagen bzw. zentralem Stromausfall denkbar			
<i>Erforderliche Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen</i>				
Zündquellenbewertung auf Basis des Betriebskonzeptes	Zone auf Basis des Betriebskonzeptes			
	0/20	1/21	2/22	Zonenfrei
Zündquelle im Normalbetrieb (betriebsmäßig) vorhanden	Sehr hoch	Hoch	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im vorhersehbaren Fehlerfall oder bei gelegentlichen Betriebsstörungen vorhanden	Hoch	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im seltenen Fehlerfall oder bei seltenen Betriebsstörungen vorhanden	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im sehr seltenen Fehlerfall vorhanden	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
<i>Erforderliche Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung</i>				
Gaswarneinrichtung mit Schaltung des Bunkernotabluftgebläses	K3	K2	K1	Keine
Die Explosionssicherheit nach Nr. 3.2 (3) der TRGS 725 [29] wird unter Umsetzung der vorgegebenen Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen und der erforderlichen Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung erreicht.				

⁶ Hinweis: Die in dieser und alle folgenden Tabellen „Bewertung der Explosionssicherheit unter Berücksichtigung der TRGS 725“ farblich markierten Felder stellen die erfolgte Bewertung dar. So wurde an dieser Stelle die Verfügbarkeit des Bunkerabluftgebläses mit „ausreichend“ bewertet.

7.2 BE 02 Klärschlamm-trocknung

Anlage	KSVA Böblingen
Anlagenbereich	BE 02 Klärschlamm-trocknung
Anlagenteile	Störstoffabscheider 1 und 2 Trockner 1 und 2 Brüdenkondensator 1 und 2 Brüdenkondensatpumpen Brüdengebläse Brüdennotablass Kondensatbehälter Kondensatpumpen
Gehandhabte Stoffe	<ul style="list-style-type: none"> • Klärschlamm (ca. 20 – 33 % TR-Gehalt) • Klärschlamm (ca. 38 % TR-Gehalt) • Brüdenkondensat • Nicht-kondensierbarer Brüdenanteil (ca. 10%, mit Anteilen von Methan und Ammoniak) • Konzentrat Brüdenaufbereitung
Explosionsschutztechnisch relevante Stoffe	<ul style="list-style-type: none"> • Anteile brennbarer Stäube von getrocknetem Klärschlamm • Faulgase (im Wesentlichen Methan) aus dem Klärschlamm • Methan aus den Brüden • Ammoniakdämpfe aus den Brüden
Explosionsschutztechnisch relevante Prozessschritte	<ul style="list-style-type: none"> • Fördern und Kondensieren der Brüden • Transport des Klärschlamm in Richtung Feuerung und Kessel
Örtliche Gegebenheiten	<ul style="list-style-type: none"> • Anlagenaufstellung im Gebäude • Technische Lüftung des Raumes

Betriebskonzept und primäre Schutzmaßnahmen
<p>Störstoffabscheider 1 und 2</p> <ul style="list-style-type: none"> • Betrieb der Anlage durch geschultes Anlagenpersonal • Hoher Wasseranteil im Klärschlamm, dadurch selbst nicht brennbar • Belüftung wie bei Anlieferhalle (vgl. Abschnitt 7.1) • Störstoffabscheider wird in (geringem) Unterdruck zur Atmosphäre betrieben <p>Trockner 1 und 2</p> <ul style="list-style-type: none"> • Betrieb der Anlage durch geschultes Anlagenpersonal • Hoher Wasseranteil im Klärschlamm, dadurch selbst nicht brennbar (nach Trocknung selbstgängige Verbrennung möglich) • Technische Lüftung der Trockner zur Förderung der Brüden in Richtung Brüdenkondensation (Technische Lüftung im Sinne von Nr. 4.6.3 der TRGS 722 [26]) • Methankonzentration unterhalb der UEG von Methan • Hoher Wasseranteil im Gasraum (Brüden) <p>Brüdenkondensator 1 (inkl. Rohrleitung)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Methankonzentration unterhalb der UEG von Methan • Hoher Wasseranteil im Gasraum (Brüden) • Rohrleitung auf Dauer technisch dicht im Sinne von Nr. 4.5.2 TRGS 722 [26] <p>Brüdenkondensator 2 (inkl. Rohrleitung)</p>

S:\M\PROJ\174M174575M174575_01_BER_7D_UNMARKIERT.DOCX:26. 02. 2024

Betriebskonzept und primäre Schutzmaßnahmen

- Methankonzentration unterhalb der UEG von Methan
- Hoher Wasseranteil im Gasraum (Brüden)
- Rohrleitung auf Dauer technisch dicht im Sinne von Nr. 4.5.2 TRGS 722 [26]

Brüdenkondensatpumpen

- Vollständig mit Brüdenkondensat gefüllt

Brüdengebläse

- Methankonzentration unterhalb der UEG von Methan
- Rohrleitung auf Dauer technisch dicht im Sinne von Nr. 4.5.2 TRGS 722 [26]

Brüdennotablass

- Methankonzentration unterhalb der UEG von Methan
- Rohrleitung auf Dauer technisch dicht im Sinne von Nr. 4.5.2 TRGS 722 [26]

Kondensatbehälter

- Methankonzentration unterhalb der UEG von Methan
- Geringer nicht-kondensierbarer Brüdenanteil

Kondensatpumpen

- Methankonzentration unterhalb der UEG von Methan
- Geringer nicht-kondensierbarer Brüdenanteil

Gefährdungsbeurteilung
<p>Störstoffabscheider 1 und 2</p> <p>Innerhalb und außerhalb der Störstoffabscheider ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p> <p>Trockner 1 und 2</p> <p>Innerhalb und außerhalb der Trockner ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p> <p>Brüdenkondensator 1 und 2 (inkl. Rohrleitung)⁷</p> <p>Innerhalb der Brüdenkondensatoren 1 und 2 ist die Bildung von g. e. A. normalerweise nicht zu erwarten und wenn doch, dann nur selten und für kurze Zeit.</p> <p>Außerhalb des Brüdenkondensatoren 1 und 2 ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p> <p>Brüdenkondensatpumpen</p> <p>Innerhalb und außerhalb der Brüdenkondensatpumpen ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p> <p>Brüdengebläse⁸</p> <p>Innerhalb der Brüdengebläse ist die Bildung von g. e. A. normalerweise nicht zu erwarten und wenn doch, dann nur selten und für kurze Zeit.</p> <p>Außerhalb der Brüdengebläse ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p>
<p>Brüdennotablass⁹</p> <p>Innerhalb des Brüdennotablasses ist die Bildung von g. e. A. normalerweise nicht zu erwarten und wenn doch, dann nur selten und für kurze Zeit.</p> <p>Außerhalb des Brüdennotablasses im Nahbereich um die Öffnung der Leitung zur Atmosphäre ist die Bildung von g. e. A. normalerweise nicht zu erwarten und wenn doch, dann nur selten und für kurze Zeit.</p> <p>Außerhalb des Brüdennotablasses ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p> <p>Kondensatbehälter</p> <p>Innerhalb und außerhalb des Kondensatbehälters ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p> <p>Kondensatpumpen</p> <p>Innerhalb und außerhalb der Kondensatpumpen ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p>

-
- ⁷ Die Gefährdungsbeurteilung beruht auf einer konservativen Einschätzung. Diese Einschätzung ist bisher vorläufig und kann im weiteren Verlauf der Detailplanung angepasst werden.
- ⁸ Die Gefährdungsbeurteilung beruht auf einer konservativen Einschätzung. Diese Einschätzung ist bisher vorläufig und kann im weiteren Verlauf der Detailplanung angepasst werden.
- ⁹ Die Gefährdungsbeurteilung beruht auf einer konservativen Einschätzung. Diese Einschätzung ist bisher vorläufig und kann im weiteren Verlauf der Detailplanung angepasst werden.

Zoneneinteilung		
Anlagentyp	Zone	Bemerkung (falls erforderlich)
Störstoffabscheider 1 und 2	<ul style="list-style-type: none"> Zonenfrei innerhalb und außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 1.3 a2)
Trockner 1 und 2	<ul style="list-style-type: none"> Zonenfrei innerhalb und außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 1.3 a2)
Brüdenkondensator 1 und 2 (inkl. Rohrleitung)	<ul style="list-style-type: none"> Zone 2 innerhalb der Leitung Zonenfrei außerhalb der Leitung 	<ul style="list-style-type: none"> Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 1.3 b1.2) Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 1.1 a)
Brüdenkondensatpumpen	<ul style="list-style-type: none"> Zonenfrei innerhalb und außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> Aufgrund vollständiger Füllung mit Kondensat
Brüdengebläse	<ul style="list-style-type: none"> Zone 2 innerhalb der Leitung Zonenfrei außerhalb der Leitung 	<ul style="list-style-type: none"> Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 1.3 b1.2) Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 1.1 a)
Brüdennotablass	<ul style="list-style-type: none"> Zone 2 innerhalb der Leitung Zonenfrei außerhalb der Leitung Zone 2 im Nahbereich um die Öffnung der Leitung zur Atmosphäre 	<ul style="list-style-type: none"> Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 1.3 b1.2) Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 1.1 a) Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 1.2.5 i.V.m. Nr. 5.14 <p>ZV 18 Die Ausdehnung der Zone um die Öffnung der Leitung zur Atmosphäre ist zu berechnen</p>
Kondensatbehälter	<ul style="list-style-type: none"> Zonenfrei innerhalb und außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 1.3 a2)
Kondensatpumpen	<ul style="list-style-type: none"> Zonenfrei innerhalb und außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 1.3 a2)

Sekundäre Schutzmaßnahmen	
Zündquellenart	Bemerkung/Schutzmaßnahmen
Heiße Oberflächen	<ul style="list-style-type: none"> Max. Oberflächentemperatur 450° C (Basis Methan T1)
Flammen und heiße Gase	<ul style="list-style-type: none"> Flammen und heiße Gase sind im betrachteten Anlagenbereich nicht vorgesehen
Mechanisch erzeugte Funken	<ul style="list-style-type: none"> Ausführung der Geräte folgendermaßen (Basis Methan T1): Zone 2: II 1G/2G/3G T1 Verwendung funkenarmer Werkzeuge
Elektrische Anlagen	<ul style="list-style-type: none"> Ausführung der Geräte folgendermaßen (Basis Methan T1): Zone 2: II 1G/2G/3G T1 Für die elektrische Installation in explosionsgefährdenden Bereichen sind insbesondere die folgenden Regelwerke bzw. Erkenntnisquellen zu beachten: Nr. 5.5 TRGS 723 [27] DIN EN 60079-14 [21]

S:\M\PROJ\174M174575M174575_01_BER_7D_UNMARKIERT.DOCX:26. 02. 2024

Sekundäre Schutzmaßnahmen	
Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz	<ul style="list-style-type: none"> • Entfällt
Statische Elektrizität	<ul style="list-style-type: none"> • Maßnahmen gemäß TRGS 727 [30] gegen Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladung, insbesondere Erdung bzw. Verbindung mit Erde leitfähiger bzw. ableitfähiger Anlagenteile (hier: Hochregale) sowie Vermeidung isolierender Materialien in explosionsgefährdeten Bereichen
Blitzschlag	<ul style="list-style-type: none"> • Entfällt (vgl. Nr. 5.8.2 (1) TRGS 723 [27])
Elektromagnetische Felder	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Elektromagnetische Strahlung	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Ionisierende Strahlung	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Ultraschall	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Adiabatische Kompression, Stoßwellen, strömende Gase	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Chemische Reaktionen	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt

Tertiäre Schutzmaßnahmen
<ul style="list-style-type: none"> • Nicht erforderlich aufgrund der primären und sekundären Schutzmaßnahmen

Bewertung der Explosionssicherheit unter Berücksichtigung der TRGS 725				
<i>Betriebskonzept</i>				
Im bestimmungsgemäßen Betrieb liegt die Konzentration von CH ₄ in den Brüden unterhalb der UEG. Im Sinne einer konservativen Betrachtung und vorbehaltlich der weiteren Detailplanung wird angenommen, dass es selten und für kurze Zeit zu einer Überschreitung der UEG und damit zur Bildung einer g. e. A. kommen kann.				
<i>Zone auf Basis des Betriebskonzeptes</i>				
Zone 2				
<i>Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen</i>				
-	Sehr hoch	Hoch	Ausreichend	Keine
Begründung	-			
<i>Erforderliche Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen</i>				
Zündquellenbewertung auf Basis des Betriebskonzeptes	Zone auf Basis des Betriebskonzeptes			
	0/20	1/21	2/22	Zonenfrei
Zündquelle im Normalbetrieb (betriebsmäßig) vorhanden	Sehr hoch	Hoch	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im vorhersehbaren Fehlerfall oder bei gelegentlichen Betriebsstörungen vorhanden	Hoch	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im seltenen Fehlerfall oder bei seltenen Betriebsstörungen vorhanden	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im sehr seltenen Fehlerfall vorhanden	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich			
<i>Erforderliche Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung</i>				
-	K3	K2	K1	Keine
Die Explosionssicherheit nach Nr. 3.2 (3) der TRGS 725 [29] wird unter Umsetzung der vorgegebenen Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen und der erforderlichen Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung erreicht.				

S:\M\PROJ\174M174575M174575_01_BER_7D_UNMARKIERT.DOCX:26. 02. 2024

7.3 BE 03 Feuerung und Kessel

Anlage	KSVA Böblingen
Anlagenbereich	BE 03 Feuerung und Kessel
Anlagenteile	Verbrennungsluftversorgung (Wirbelluftgebläse mit LuVo 1-3, Brennerluftgebläse) Brennkammer (Brüendüsen, Sekundärluftdüsen, Wurfbeschicker 1 und 2, Düsenboden) Anfahr- und Stützbrenner (Brennkammerbrenner, Kombi-Lanzen) Mischtopf für Anfahr- und Stützbrenner Bettentaschung Kessel und Kesselentaschung
Gehandhabte Stoffe	<ul style="list-style-type: none"> • Klärschlamm (ca. 38 % TR-Gehalt) • Faulgase aus dem Klärschlamm • Nicht-kondensierbarer Brüdenanteil (ca. 10%, Methan und Ammoniak) • Heizöl • Erdgas • Bett- und Kesselasche
Explosionsschutztechnisch relevante Stoffe	<ul style="list-style-type: none"> • Anteile brennbarer Stäube von getrocknetem Klärschlamm • Methan (Faulgas, Erdgas) • Ammoniakdämpfe • Gas/Dämpfe von Heizöl
Explosionsschutztechnisch relevante Prozessschritte	<ul style="list-style-type: none"> • Transport des Klärschlammes • Verbrennung von Klärschlamm • Betrieb eines Mischtopfes (Heizöl, Erdgas) • Verbrennung von Heizöl, Erdgas • Transport und Lagerung von ausgebranntem Klärschlamm (Aschen)
Örtliche Gegebenheiten	<ul style="list-style-type: none"> • Anlagenaufstellung im Gebäude • Geregelte thermische Umsetzung der Brennstoffe • Natürliche Lüftung

Betriebskonzept und primäre Schutzmaßnahmen
<p>Verbrennungsluftversorgung (Wirbelluftgebläse mit LuVo 1-3, Brennerluftgebläse)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Methankonzentration unterhalb der UEG von Methan • Hoher Absaugvolumenstrom (20.000 m³/h) • Rohrleitung auf Dauer technisch dicht im Sinne von Nr. 4.5.2 TRGS 722 [26] <p>Brennkammer (Brüendüsen, Sekundärluftdüsen, Wurfbeschicker 1 und 2, Düsenboden)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vollautomatischer Prozess mit Überwachung durch geschultes Anlagenpersonal • Anlagenteile technisch dicht im Sinne von Nr. 4.5.3 TRGS 722 [26] • Aufstellung in Gebäude mit natürlicher Lüftung im Sinne von Nr. 4.6.2 (2) TRGS 722 [26] <p>ZV 19 Es ist eine regelmäßige Reinigung aller mit Staub belegten Flächen vorzusehen. Dies ist in einer Betriebsanweisung festzulegen.</p> <p>Anfahr- und Stützbrenner (Brennkammerbrenner, Kombi-Lanzen)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vollautomatischer Prozess mit Überwachung durch geschultes Anlagenpersonal • Anlagenteile technisch dicht im Sinne von Nr. 4.5.3 TRGS 722 [26] • Aufstellung in Gebäude mit natürlicher Lüftung im Sinne von Nr. 4.6.2 (2) TRGS 722 [26] • Brenner gemäß Stand der Technik ausgeführt

S:\M\PROJ\174M174575\M174575_01_BER_7D_UNMARKIERT.DOCX:26. 02. 2024

<p>Betriebskonzept und primäre Schutzmaßnahmen</p> <p>Mischtopf für Anfahr- und Stützbrenner inkl. Rohrleitungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rohrleitungen und Mischtopf auf Dauer technisch dicht im Sinne von Nr. 4.5.2 TRGS 722 [26] <i>Hinweis: Kann der Mischtopf nicht auf Dauer technisch dicht ausgeführt werden, sind zusätzliche primäre Schutzmaßnahmen (z. B. Gaswarnanlage für Erdgas) vorzusehen.</i> • Aufstellung in Gebäude mit natürlicher Lüftung im Sinne von Nr. 4.6.2 (2) TRGS 722 [26] • Innerhalb des geschlossenen Systems liegen Erdgas verfahrensbedingt oberhalb der OEG <i>Hinweis: Es erfolgt keine Bewertung des vorgeschalteten Gasversorgungsystems. Die hier vorliegende Bewertung setzt voraus, dass im vorgeschalteten Gasversorgungssystem die Überschreitung der OEG jederzeit sichergestellt werden kann.</i> <p>Bettentaschung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transport von ausgebranntem Klärschlamm (Bettasche) mit Bettmaterial (Sand) <p>Kessel und Kesselentaschung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transport von ausgebranntem Klärschlamm (Kesselasche) • Lagerung der Aschen im isolierten Silo, Minimierung der Bildung von Kondenswasser (keine Hydratation der Aschen und damit keine Wasserstoffbildung zu erwarten)
--

<p>Gefährdungsbeurteilung</p> <p>Verbrennungsluftversorgung (Wirbelluftgebläse mit LuVo 1-3, Brennerluftgebläse)</p> <p>Innerhalb und außerhalb der Verbrennungsluftversorgung ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p> <p>Brennkammer (Brühdüsen, Sekundärluftdüsen, Wurfbeschicker 1 und 2, Düsenboden)</p> <p>Innerhalb der Brennkammer ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der sofortigen bestimmungsgemäßen Umsetzung (Verbrennung) vernünftigerweise ausgeschlossen.</p> <p>Außerhalb der Brennkammer ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p> <p>Anfahr- und Stützbrenner (Brennkammerbrenner, Kombi-Lanzen)</p> <p>Innerhalb der Anfahr- und Stützbrenner ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der sofortigen bestimmungsgemäßen Umsetzung (Verbrennung) vernünftigerweise ausgeschlossen.</p> <p>Außerhalb der Anfahr- und Stützbrenner ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p> <p>Mischtopf für Anfahr- und Stützbrenner inkl. Rohrleitungen</p> <p>Innerhalb des Mischtopfes ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p> <p>Außerhalb des Mischtopfes ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p> <p>Bettentaschung</p> <p>Innerhalb und außerhalb der Bettentaschung ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p> <p>Kessel und Kesselentaschung</p> <p>Innerhalb und außerhalb des Kessels und der Kesselentaschung ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p>
--

Zoneneinteilung		
Anlagentyp	Zone	Bemerkung (falls erforderlich)
Verbrennungsluftversorgung (Wirbelluftgebläse mit LuVo 1-3, Brennerluftgebläse)	<ul style="list-style-type: none"> • Zonenfrei innerhalb und außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> • Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 1.3 a2)

S:\M\PROJ\174M174575\M174575_01_BER_7D_UNMARKIERT.DOCX:26. 02. 2024

Zoneneinteilung		
Brennkammer (Brühdüsen, Sekundärluftdüsen, Wurfbeschicker 1 und 2, Düsenboden)	<ul style="list-style-type: none"> • Zonenfrei innerhalb und außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufgrund der sofortigen bestimmungsgemäßen Umsetzung (Verbrennung)
Anfahr- und Stützbrenner (Brennkammerbrenner, Kombi-Lanzen)	<ul style="list-style-type: none"> • Zonenfrei innerhalb und außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufgrund der sofortigen bestimmungsgemäßen Umsetzung (Verbrennung)
Mischtopf für Anfahr- und Stützbrenner inkl. Rohrleitungen	<ul style="list-style-type: none"> • Zonenfrei innerhalb • Zonenfrei außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> • Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 1.3 a1) • Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 1.1.1 a)
Bettentaschung	<ul style="list-style-type: none"> • Zonenfrei innerhalb und außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufgrund der Handhabung des ausgebrannten Klärschlammes (Aschen)
Kessel und Kesselentaschung	<ul style="list-style-type: none"> • Zonenfrei innerhalb und außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufgrund der Handhabung des ausgebrannten Klärschlammes (Aschen)

Sekundäre Schutzmaßnahmen	
Zündquellenart	Bemerkung/Schutzmaßnahmen
Heiße Oberflächen	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Flammen und heiße Gase	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Mechanisch erzeugte Funken	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Elektrische Anlagen	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Statische Elektrizität	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Blitzschlag	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Elektromagnetische Felder	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Elektromagnetische Strahlung	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Ionisierende Strahlung	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Ultraschall	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Adiabatische Kompression, Stoßwellen, strömende Gase	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Chemische Reaktionen	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt

Tertiäre Schutzmaßnahmen
<ul style="list-style-type: none"> • Nicht erforderlich aufgrund der primären und sekundären Schutzmaßnahmen

Bewertung der Explosionssicherheit unter Berücksichtigung der TRGS 725				
<i>Betriebskonzept</i>				
Im bestimmungsgemäßen Betrieb wird durch die automatische Brennersteuerung die Bildung einer g. e. A. verhindert.				
<i>Zone auf Basis des Betriebskonzeptes</i>				
Zonenfrei				
<i>Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen</i>				
-	Sehr hoch	Hoch	Ausreichend	Keine
Begründung	-			
<i>Erforderliche Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen</i>				
Zündquellenbewertung auf Basis des Betriebskonzeptes	Zone auf Basis des Betriebskonzeptes			
	0/20	1/21	2/22	Zonenfrei
Zündquelle im Normalbetrieb (betriebsmäßig) vorhanden	Sehr hoch	Hoch	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im vorhersehbaren Fehlerfall oder bei gelegentlichen Betriebsstörungen vorhanden	Hoch	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im seltenen Fehlerfall oder bei seltenen Betriebsstörungen vorhanden	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im sehr seltenen Fehlerfall vorhanden	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich			
<i>Erforderliche Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung</i>				
-	K3	K2	K1	Keine
Die Explosionssicherheit nach Nr. 3.2 (3) der TRGS 725 [29] wird unter Umsetzung der vorgegebenen Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen und der erforderlichen Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung erreicht.				

S:\M\PROJ\174M174575\M174575_01_BER_7D_UNMARKIERT.DOCX:26. 02. 2024

7.4 BE 04 Wasser-Dampf-Kreislauf – Wärmepumpe

Anlage	KSVA Böblingen
Anlagenbereich	BE 04 Wasser-Dampf-Kreislauf
Anlagenteile	Wärmepumpe bestehend aus Verdichter, Kondensator, Entspanner, Verdampfer
Gehandhabte Stoffe	<ul style="list-style-type: none"> • Ammoniak
Explosionsschutztechnisch relevante Stoffe	<ul style="list-style-type: none"> • Ammoniak
Explosionsschutztechnisch relevante Prozessschritte	<ul style="list-style-type: none"> • Handhabung von Ammoniak innerhalb der Wärmepumpe • Lagerung von Ammoniak in einer Flaschenbatterie
Örtliche Gegebenheiten	<ul style="list-style-type: none"> • Aufstellung im Freien

Betriebskonzept und primäre Schutzmaßnahmen
<p>Wärmepumpe¹⁰</p> <ul style="list-style-type: none"> • Betrieb der Anlage durch geschultes Anlagenpersonal • Wärmepumpe gemäß DIN EN 378-Reihe [42] • Anlage auf Dauer technisch dicht im Sinne von Nr. 4.5.2 TRGS 723 [26] • Anschlüsse technisch dicht im Sinne von Nr. 4.5.3 TRGS 723 [26] • Anlage wird in einem Maschinenraum gemäß DIN EN 378-3 [42] aufgestellt • Im Inneren der Anlage wird die OEG dauerhaft überschritten <p>Flaschenbatterie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Betrieb der Anlage durch geschultes Anlagenpersonal • Flaschenbatterie auf Dauer technisch dicht im Sinne von Nr. 4.5.2 TRGS 723 [26] • Anschlüsse technisch dicht im Sinne von Nr. 4.5.3 TRGS 723 [26] • Im Inneren der Flaschenbatterie wird die OEG dauerhaft überschritten

Gefährdungsbeurteilung
<p>Wärmepumpe</p> <p>Innerhalb der Wärmepumpe ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p> <p>Außerhalb der Wärmepumpe ist die Bildung von g. e. A. normalerweise nicht und wenn doch, dann nur selten und für kurze Zeit zu erwarten.</p> <p>Flaschenbatterie</p> <p>Innerhalb der einzelnen Gasflaschen ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p> <p>Außerhalb der Flaschenbatterie ist die Bildung von g. e. A. normalerweise nicht und wenn doch, dann nur selten und für kurze Zeit zu erwarten.</p>

¹⁰ Hinweis: Für die gegenständliche Bewertung wurde die DIN EN 378-Reihe zugrunde gelegt.

Zoneneinteilung		
Anlagentyp	Zone	Bemerkung (falls erforderlich)
Wärmepumpe	<ul style="list-style-type: none"> • Zonenfrei innerhalb • Zone 2 im Nahbereich um Ventile zum Entölen • Zonenfrei außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> • Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 1.3 a1) • Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 4.11.2.1.1 c1) • Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.1.1.1 b) i. V. m. Nr. 3.1.1.2
Flaschenbatterie	<ul style="list-style-type: none"> • Zonenfrei innerhalb • Zone 2 2 m um die Flaschenbatterie 	<ul style="list-style-type: none"> • Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 1.3 a1) • Vgl. TRGS 510 [31] Nr. 10.4 (2)

Sekundäre Schutzmaßnahmen	
Zündquellenart	Bemerkung/Schutzmaßnahmen
Heiße Oberflächen	<ul style="list-style-type: none"> • Max. Oberflächentemperatur 450° C (Basis Ammoniak T1)
Flammen und heiße Gase	<ul style="list-style-type: none"> • Flammen und heiße Gase sind im betrachteten Anlagenbereich nicht vorgesehen
Mechanisch erzeugte Funken	<ul style="list-style-type: none"> • Ausführung der Geräte folgendermaßen (Basis Ammoniak T1): Zone 2: II 1G/2G/3G T1 • Verwendung funkenarmer Werkzeuge
Elektrische Anlagen	<ul style="list-style-type: none"> • Ausführung der Geräte folgendermaßen (Basis Ammoniak T1): Zone 2: II 1G/2G/3G T1 • Für die elektrische Installation in explosionsgefährdenden Bereichen sind insbesondere die folgenden Regelwerke bzw. Erkenntnisquellen zu beachten: Nr. 5.5 TRGS 723 [27] DIN EN 60079-14 [21]
Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Statische Elektrizität	<ul style="list-style-type: none"> • Maßnahmen gemäß TRGS 727 [30] gegen Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladung, insbesondere Erdung bzw. Verbindung mit Erde leitfähiger bzw. ableitfähiger Anlagenteile sowie Vermeidung isolierender Materialien in explosionsgefährdeten Bereichen
Blitzschlag	<ul style="list-style-type: none"> • Entfällt (vgl. Nr. 5.8.2 (1) TRGS 723 [27])
Elektromagnetische Felder	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Elektromagnetische Strahlung	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Ionisierende Strahlung	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Ultraschall	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Adiabatische Kompression, Stoßwellen, strömende Gase	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Chemische Reaktionen	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt

S:\M\PROJ\174M\174575\M174575_01_BER_7D_UNMARKIERT.DOCX:26. 02. 2024

Sekundäre Schutzmaßnahmen
Tertiäre Schutzmaßnahmen
<ul style="list-style-type: none"> Nicht erforderlich aufgrund der primären und sekundären Schutzmaßnahmen

Bewertung der Explosionssicherheit unter Berücksichtigung der TRGS 725				
<i>Betriebskonzept</i>				
Im bestimmungsgemäßen Betrieb ist nur mit geringfügigen Ammoniakfreisetzungen zu rechnen, die auf die räumliche Nähe der Anlagen beschränkt bleibt.				
<i>Zone auf Basis des Betriebskonzeptes</i>				
Zone 2				
<i>Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen</i>				
-	Sehr hoch	Hoch	Ausreichend	Keine
Begründung	-			
<i>Erforderliche Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen</i>				
Zündquellenbewertung auf Basis des Betriebskonzeptes	Zone auf Basis des Betriebskonzeptes			
	0/20	1/21	2/22	Zonenfrei
Zündquelle im Normalbetrieb (betriebsmäßig) vorhanden	Sehr hoch	Hoch	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im vorhersehbaren Fehlerfall oder bei gelegentlichen Betriebsstörungen vorhanden	Hoch	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im seltenen Fehlerfall oder bei seltenen Betriebsstörungen vorhanden	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im sehr seltenen Fehlerfall vorhanden	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich			
<i>Erforderliche Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung</i>				
-	K3	K2	K1	Keine
Die Explosionssicherheit nach Nr. 3.2 (3) der TRGS 725 [29] wird unter Umsetzung der vorgegebenen Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen und der erforderlichen Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung erreicht.				

S:\M\PROJ\174M174575\M174575_01_BER_7D_UNMARKIERT.DOCX:26. 02. 2024

7.5 BE 05 Abgasreinigung

Anlage	KSVA Böblingen
Anlagenbereich	BE 05 Abgasreinigung
Anlagenteile	Adsorbenswechselcontainer Adsorbenswechselcontainerstation Adsorbensdosierstation Reaktor Gewebefilter Reststoffsystem Ammoniakwassersystem (Rohrleitung, Pumpen sowie Eindüsung SCR)
Gehandhabte Stoffe	<ul style="list-style-type: none"> • Adsorbens • Ammoniakwasser • Reststoff (u. a. Adsorbens)
Explosionsschutztechnisch relevante Stoffe	<ul style="list-style-type: none"> • Anteile brennbarer Stäube des Adsorbens • Ammoniakdämpfe
Explosionsschutztechnisch relevante Prozessschritte	<ul style="list-style-type: none"> • Förderung des Adsorbens • Transport und Lagerung der Reststoffe
Örtliche Gegebenheiten	<ul style="list-style-type: none"> • Anlagenaufstellung im Gebäude • Natürliche Lüftung

<p>Betriebskonzept und primäre Schutzmaßnahmen</p> <p>Adsorbenswechselcontainer</p> <ul style="list-style-type: none"> • Container technisch staubdicht im Sinne von Nr. 4.5.3 TRGS 722 [26] • Aufwirbelung von Stäuben nicht zeitlich überwiegend (weniger als 50 % der Betriebszeit) • Überwachung der Entladung durch geschultes Anlagenpersonal (Container ordnungsgemäß und dicht angeschlossen) • Jegliche Verunreinigungen durch Adsorbens werden sofort entfernt <p>Adsorbenswechselcontainerstation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Station technisch staubdicht im Sinne von Nr. 4.5.3 TRGS 722 [26] • Aufwirbelung von Stäuben nicht zeitlich überwiegend (weniger als 50 % der Betriebszeit) • Überwachung der Handhabung durch geschultes Anlagenpersonal • Jegliche Verunreinigungen durch Adsorbens werden sofort entfernt • Anbindung an Inertisierungsstation (Hot-Spot-Bildung durch Adsorbens) <p>Adsorbensdosierstation</p> <ul style="list-style-type: none"> • Station technisch staubdicht im Sinne von Nr. 4.5.3 TRGS 722 [26] • Transport über Zellenradschleuse und Dosierschnecke • Überwachung der Handhabung durch geschultes Anlagenpersonal • Jegliche Verunreinigungen durch Adsorbens werden sofort entfernt <p>Pneumatischer Transport bis Vermischung mit NaHCO₃</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rohrleitung technisch staubdicht im Sinne von Nr. 4.5.3 TRGS 722 [26] • Überwachung der Handhabung durch geschultes Anlagenpersonal • Jegliche Verunreinigungen durch Adsorbens werden sofort entfernt <p>Reaktor</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durch Vermischung mit inertem Feststoff (NaHCO₃) wird ausreichend geringer Anteil von Adsorbens (vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.2 a2)) erreicht • Reaktor technisch staubdicht im Sinne von Nr. 4.5.3 TRGS 722 [26] • Überwachung der Handhabung durch geschultes Anlagenpersonal
--

S:\M\PROJ\174M174575\M174575_01_BER_7D_UNMARKIERT.DOCX:26. 02. 2024

Betriebskonzept und primäre Schutzmaßnahmen

- Jegliche Verunreinigungen durch Adsorbens werden sofort entfernt

Gewebefilter

- Durch Vermischung mit inertem Feststoff (NaHCO_3) wird ausreichend geringer Anteil von Adsorbens (vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.2 a2)) erreicht
- Gewebefilter technisch staubdicht im Sinne von Nr. 4.5.3 TRGS 722 [26]
- Überwachung der Handhabung durch geschultes Anlagenpersonal
- Jegliche Verunreinigungen durch Adsorbens werden sofort entfernt

Reststoffsystem

- Durch Vermischung mit inertem Feststoff (NaHCO_3) wird ausreichend geringer Anteil von Adsorbens (vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.2 a2)) erreicht
- Reststoffsystem technisch staubdicht im Sinne von Nr. 4.5.3 TRGS 722 [26]
- Überwachung der Handhabung durch geschultes Anlagenpersonal
- Jegliche Verunreinigungen durch Adsorbens werden sofort entfernt

Ammoniakwassersystem (Rohrleitung, Pumpen sowie Eindüsung SCR)

- Rohrleitungen immer vollständig gefüllt
- Rohrleitungen auf Dauer technisch dicht im Sinne von Nr. 4.5.2 TRGS 723 [26]
- Pumpen technisch dicht im Sinne von Nr. 4.5.3 TRGS 722 [26]
- Aufgrund der niedrigen Geruchsschwelle werden Undichtigkeiten in der Leitung frühzeitig erkannt

Gefährdungsbeurteilung**Adsorbenswechselcontainer**

Innerhalb des Adsorbenswechselcontainers ist die Bildung von g. e. A. gelegentlich möglich.

Außerhalb des Adsorbenswechselcontainers ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.

Adsorbenswechselcontainerstation

Innerhalb der Adsorbenswechselcontainerstation ist die Bildung von g. e. A. gelegentlich möglich.

Außerhalb der Adsorbenswechselcontainerstation ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.

Adsorbensdosierstation

Innerhalb der Adsorbensdosierstation ist die Bildung von g. e. A. gelegentlich möglich.

Außerhalb der Adsorbensdosierstation ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.

Pneumatischer Transport bis Vermischung mit NaHCO_3

Innerhalb der Rohrleitung für den pneumatischen Transport von Adsorbens bis zur Vermischung mit NaHCO_3 ist die Bildung von g. e. A. zeitlich überwiegend zu erwarten.

Außerhalb der Rohrleitung ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.

Reaktor

Innerhalb und außerhalb des Reaktors ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.

<p>Gewebefilter</p> <p>Innerhalb und außerhalb des Gewebefilters ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p> <p>Reststoffsystem</p> <p>Innerhalb und außerhalb des Reststoffsystems ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p> <p>Ammoniakwassersystem (Rohrleitung, Pumpen sowie Eindüsung SCR)</p> <p>Innerhalb und außerhalb des Ammoniakwassersystems ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p>
--

Zoneneinteilung		
Anlagentyp	Zone	Bemerkung (falls erforderlich)
Adsorbenswechselcontainer	<ul style="list-style-type: none"> Zone 21 innerhalb Zonenfrei außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.2 c1) Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.1.1.1 b)
Adsorbenswechselcontainerstation	<ul style="list-style-type: none"> Zone 21 innerhalb Zonenfrei außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.2 c1) Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.1.1.1 b)
Adsorbensdosierstation	<ul style="list-style-type: none"> Zone 21 innerhalb Zonenfrei außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.2 c1) Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.1.1.1 b)
Pneumatischer Transport bis Vermischung mit NaHCO ₃	<ul style="list-style-type: none"> Zone 20 innerhalb Zonenfrei außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.3.4.2 c) Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.1.1.1 b)
Reaktor	<ul style="list-style-type: none"> Zonenfrei innerhalb Zonenfrei außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.2 a2) Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.1.1.1 b)
Gewebefilter	<ul style="list-style-type: none"> Zonenfrei innerhalb Zonenfrei außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.2 a2) Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.1.1.1 b)
Reststoffsystem	<ul style="list-style-type: none"> Zonenfrei innerhalb Zonenfrei außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.2 a2) Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.1.1.1 b)
Ammoniakwassersystem (Rohrleitung, Pumpen sowie Eindüsung SCR)	<ul style="list-style-type: none"> Zonenfrei innerhalb Zonenfrei außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 2.2 a2) Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 2.1.1 a2)

Sekundäre Schutzmaßnahmen	
Zündquellenart	Bemerkung/Schutzmaßnahmen
Heiße Oberflächen	<ul style="list-style-type: none"> Max. Oberflächentemperatur 356°C (Basis Aktivkohle)
Flammen und heiße Gase	<ul style="list-style-type: none"> Flammen und heiße Gase sind im betrachteten Anlagenbereich nicht vorgesehen

S:\M\PROJ\174M174575M174575_01_BER_7D_UNMARKIERT.DOCX:26. 02. 2024

Sekundäre Schutzmaßnahmen	
Mechanisch erzeugte Funken	<ul style="list-style-type: none"> • Ausführung der Geräte folgendermaßen (Basis Aktivkohle): Zone 20: II 1D 356°C Zone 21: II 1D/2D 356°C • Verwendung funkenarmer Werkzeuge
Elektrische Anlagen	<ul style="list-style-type: none"> • Ausführung der Geräte folgendermaßen (Basis Aktivkohle): Zone 20: II 1D 356°C Zone 21: II 1D/2D 356°C • Für die elektrische Installation in explosionsgefährdenden Bereichen sind insbesondere die folgenden Regelwerke bzw. Erkenntnisquellen zu beachten: Nr. 5.5 TRGS 723 [27] DIN EN 60079-14 [21]
Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Statische Elektrizität	<ul style="list-style-type: none"> • Maßnahmen gemäß TRGS 727 [30] gegen Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladung, insbesondere Erdung bzw. Verbindung mit Erde leitfähiger bzw. ableitfähiger Anlagenteile sowie Vermeidung isolierender Materialien in explosionsgefährdeten Bereichen
Blitzschlag	<ul style="list-style-type: none"> • Blitzschutzanlage gemäß DIN EN 62305
Elektromagnetische Felder	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Elektromagnetische Strahlung	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Ionisierende Strahlung	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Ultraschall	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Adiabatische Kompression, Stoßwellen, strömende Gase	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Chemische Reaktionen	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt

Tertiäre Schutzmaßnahmen
<ul style="list-style-type: none"> • Entfällt aufgrund der primären und sekundären Schutzmaßnahmen

Bewertung der Explosionssicherheit unter Berücksichtigung der TRGS 725					
<i>Betriebskonzept</i>					
Im bestimmungsgemäßen Betrieb ist mit der Aufwirbelung von brennbaren Stäuben in verschiedenen Anlagenteilen zu rechnen.					
<i>Zone auf Basis des Betriebskonzeptes</i>					
Zone 20 bzw. Zone 21					
<i>Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen</i>					
-	Sehr hoch	Hoch	Ausreichend	Keine	
Begründung	-				
<i>Erforderliche Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen</i>					
Zündquellenbewertung auf Basis des Betriebskonzeptes	Zone auf Basis des Betriebskonzeptes				
	0/20 ¹¹	1/21 ¹²	2/22	Zonenfrei	
Zündquelle im Normalbetrieb (betriebsmäßig) vorhanden	Sehr hoch	Hoch	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	
Zündquelle im vorhersehbaren Fehlerfall oder bei gelegentlichen Betriebsstörungen vorhanden	Hoch	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	
Zündquelle im seltenen Fehlerfall oder bei seltenen Betriebsstörungen vorhanden	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	
Zündquelle im sehr seltenen Fehlerfall vorhanden	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich				
<i>Erforderliche Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung</i>					
-	K3	K2	K1	Keine	Keine
Die Explosionssicherheit nach Nr. 3.2 (3) der TRGS 725 [29] wird unter Umsetzung der vorgegebenen Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen und der erforderlichen Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung erreicht.					

¹¹ Bewertung für den pneumatischen Transport bis Vermischung mit NaHCO₃

¹² Bewertung für die Anlagenteile Adsorbenswechselcontainer, Adsorbenswechselcontainerstation und Adsorbensdosierstation.

7.6 BE 06 Nebenanlagen – Zentrale Staubsauganlage

Anlage	KSVA Böblingen
Anlagenbereich	BE 06 Nebenanlagen
Anlagenteile	Zentrale Staubsauganlage bestehend aus: Zyklonabscheider mit Zellenradschleuse und Auffangwanne Gewebefilter mit Zellenradschleuse und Sammlung im BigBag Gebläse
Gehandhabte Stoffe	<ul style="list-style-type: none"> • Klärschlamm (ca. 20 – 33 % TR-Gehalt) • Adsorbens
Explosionsschutztechnisch relevante Stoffe	<ul style="list-style-type: none"> • Anteile brennbarer Stäube von getrocknetem Klärschlamm • Anteile brennbarer Stäube des Adsorbens
Explosionsschutztechnisch relevante Prozessschritte	<ul style="list-style-type: none"> • Entfernung von Staubablagerungen im gesamten Anlagenbereich der KSVA • Abscheidung von Staub im Zyklonabscheider • Transport von Staub über Fallrohr und Zellenradschleuse • Lagerung von abgeschiedenem Staub in einer Auffangwanne • Abreinigung des Gewebefilters • Transport von Staub über Zellenradschleuse • Lagerung von abgeschiedenem Staub im BigBag
Örtliche Gegebenheiten	<ul style="list-style-type: none"> • Anlagenaufstellung im Gebäude • Natürliche Lüftung

Betriebskonzept und primäre Schutzmaßnahmen	
Zentrale Staubanlage	
	<ul style="list-style-type: none"> • Betrieb der Anlage durch geschultes Anlagenpersonal • Rohrleitungen auf Dauer technisch dicht im Sinne von Nr. 4.5.2 TRGS 723 [26] • Zweistufige Reinigung über Zyklonabscheider (Grobstoffe) und Gewebefilter (Feinanteile) • Unterdruckmessung im Gewebefilter <p>ZV 20 Es ist eine regelmäßige Reinigung aller mit Staub belegten Flächen vorzusehen. Dies ist in einer Betriebsanweisung festzulegen.</p> <p>ZV 21 Über die Unterdruckmessung ist bei einem Filterdurchbruch die Anlage unverzüglich abzufahren und instandzusetzen.</p>

S:\M\PROJ\174M174575M174575_01_BER_7D_UNMARKIERT.DOCX:26. 02. 2024

Gefährdungsbeurteilung
<p>Zyklonabscheider</p> <p>Innerhalb des Zyklonabscheiders (Roh- und Reingasraum) ist die Bildung von g. e. A. gelegentlich möglich.</p>
<p>Zellenradschleuse</p> <p>Innerhalb der Zellenradschleuse und der Auffangwanne für den Zyklonabscheider ist die Bildung von g. e. A. gelegentlich möglich.</p>
<p>Gewebefilter</p> <p>Innerhalb des Gewebefilters (Rohgasraum) ist die Bildung von g. e. A. gelegentlich möglich.</p> <p>Innerhalb des Gewebefilters (Reingasraum) ist die Bildung von g. e. A. normalerweise nicht und wenn doch, dann nur selten und für kurze Zeit möglich.</p> <p>Innerhalb der Zellenradschleuse und der Auffangwanne für den Gewebefilter ist die Bildung von g. e. A. gelegentlich möglich.</p>
<p>Gebläse</p> <p>Innerhalb des Gebläses ist die Bildung von g. e. A. normalerweise nicht und wenn doch, dann nur selten und für kurze Zeit möglich.</p>
<p>Zentrale Staubanlage gesamt</p> <p>Außerhalb der zentralen Staubanlage ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.</p>

Zoneneinteilung		
Anlagentyp	Zone	Bemerkung (falls erforderlich)
Zyklonabscheider	<ul style="list-style-type: none"> Zone 21 innerhalb (Roh- und Reingasraum) Zonenfrei außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.3.5.1 b1) Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.1.1.1 b) i. V. m. Nr. 3.1.1.2
Zellenradschleuse und Auffangwanne für Zyklonabscheider	<ul style="list-style-type: none"> Zone 21 innerhalb Zonenfrei außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.2 c1) Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.1.1.1 b) i. V. m. Nr. 3.1.1.2
Gewebefilter	<ul style="list-style-type: none"> Zone 21 innerhalb (Rohgasraum) Zone 22 innerhalb (Reingasraum) Zonenfrei außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.3.5.1 b1) Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.3.5.2 b1) Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.1.1.1 b) i. V. m. Nr. 3.1.1.2
Zellenradschleuse und Auffangwanne für Gewebefilter	<ul style="list-style-type: none"> Zone 21 innerhalb Zonenfrei außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.2 c1) Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.1.1.1 b) i. V. m. Nr. 3.1.1.2

S:\M\PROJ\174M174575\M174575_01_BER_7D_UNMARKIERT.DOCX:26. 02. 2024

Zoneneinteilung		
Gebläse	<ul style="list-style-type: none"> • Zone 22 innerhalb • Zonenfrei außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> • Bedingt durch Zoneneinteilung Gewebefilter (Reingasraum) • Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 3.1.1.1 b) i. V. m. Nr. 3.1.1.2

Sekundäre Schutzmaßnahmen	
Zündquellenart	Bemerkung/Schutzmaßnahmen
Heiße Oberflächen	<ul style="list-style-type: none"> • Max. Oberflächentemperatur 356°C (Basis Aktivkohle)
Flammen und heiße Gase	<ul style="list-style-type: none"> • Flammen und heiße Gase sind im betrachteten Anlagenbereich nicht vorgesehen
Mechanisch erzeugte Funken	<ul style="list-style-type: none"> • Ausführung der Geräte folgendermaßen (Basis Aktivkohle): Zone 21: II 1D/2D 356°C Zone 22: II 1D/2D/3D 356°C • Verwendung funkenarmer Werkzeuge
Elektrische Anlagen	<ul style="list-style-type: none"> • Ausführung der Geräte folgendermaßen (Basis Aktivkohle): Zone 21: II 1D/2D 356°C Zone 22: II 1D/2D/3D 356°C • Für die elektrische Installation in explosionsgefährdenden Bereichen sind insbesondere die folgenden Regelwerke bzw. Erkenntnisquellen zu beachten: Nr. 5.5 TRGS 723 [27] DIN EN 60079-14 [21]
Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Statische Elektrizität	<ul style="list-style-type: none"> • Maßnahmen gemäß TRGS 727 [30] gegen Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladung, insbesondere Erdung bzw. Verbindung mit Erde leitfähiger bzw. ableitfähiger Anlagenteile sowie Vermeidung isolierender Materialien in explosionsgefährdeten Bereichen
Blitzschlag	<ul style="list-style-type: none"> • Blitzschutzanlage gemäß DIN EN 62305
Elektromagnetische Felder	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Elektromagnetische Strahlung	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Ionisierende Strahlung	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Ultraschall	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Adiabatische Kompression, Stoßwellen, strömende Gase	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt
Chemische Reaktionen	<ul style="list-style-type: none"> • entfällt

Tertiäre Schutzmaßnahmen
<ul style="list-style-type: none"> • Nicht erforderlich aufgrund der primären und sekundären Schutzmaßnahmen

S:\M\PROJ\174M174575\M174575_01_BER_7D_UNMARKIERT.DOCX:26. 02. 2024

Bewertung der Explosionssicherheit unter Berücksichtigung der TRGS 725				
<i>Betriebskonzept</i>				
Im bestimmungsgemäßen Betrieb kann durch einen Filterdurchbruch eine Verschleppung von brennbaren Stäuben in nachgeschaltete Anlagenteile erfolgen.				
<i>Zone auf Basis des Betriebskonzeptes</i>				
Zone 21				
<i>Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen</i>				
-	Sehr hoch	Hoch	Ausreichend	Keine
Begründung	-			
<i>Erforderliche Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen</i>				
Zündquellenbewertung auf Basis des Betriebskonzeptes	Zone auf Basis des Betriebskonzeptes			
	0/20	1/21	2/22	Zonenfrei
Zündquelle im Normalbetrieb (betriebsmäßig) vorhanden	Sehr hoch	Hoch	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im vorhersehbaren Fehlerfall oder bei gelegentlichen Betriebsstörungen vorhanden	Hoch	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im seltenen Fehlerfall oder bei seltenen Betriebsstörungen vorhanden	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im sehr seltenen Fehlerfall vorhanden	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich			
<i>Erforderliche Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung</i>				
Unterdruckmessung mit Abschaltung des Gebläses	K3	K2	K1	Keine
Die Explosionssicherheit nach Nr. 3.2 (3) der TRGS 725 [29] wird unter Umsetzung der vorgegebenen Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen und der erforderlichen Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung erreicht.				

S:\M\PROJ\174M174575\M174575_01_BER_7D_UNMARKIERT.DOCX:26. 02. 2024

7.7 BE 06 Nebenanlagen – Netzersatzanlage (NEA)

Anlage	KSVA Böblingen
Anlagenbereich	BE 06 Nebenanlagen
Anlagenteile	NEA
Gehandhabte Stoffe	<ul style="list-style-type: none"> • Heizöl
Explosionsschutztechnisch relevante Stoffe	<ul style="list-style-type: none"> • Heizöl
Explosionsschutztechnisch relevante Prozessschritte	<ul style="list-style-type: none"> • Lagerung von Heizöl • Förderung von Heizöl in Rohrleitungen • Verbrennung von Heizöl
Örtliche Gegebenheiten	<ul style="list-style-type: none"> • Anlagenaufstellung im Gebäude • Natürliche Lüftung

Primäre Schutzmaßnahmen
NEA <ul style="list-style-type: none"> • Handhabung von Heizöl weit unterhalb des Flammpunkts • Bestimmungsgemäße Verbrennung des Heizöls

Gefährdungsbeurteilung
NEA Innerhalb der Heizöl-führenden Anlagenteile ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen. Außerhalb der Heizöl-führenden Anlagenteile ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.

Zoneneinteilung		
Anlagentyp	Zone	Bemerkung (falls erforderlich)
NEA	<ul style="list-style-type: none"> • Zonenfrei innerhalb • Zonenfrei außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> • Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 2.2 a1) • Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 2.1.1 a1) i. V. m. Nr. 2.1.2

S:\M\PROJ\174M174575M174575_01_BER_7D_UNMARKIERT.DOCX:26. 02. 2024

Sekundäre Schutzmaßnahmen	
Zündquellenart	Bemerkung/Schutzmaßnahmen
Heiße Oberflächen	• entfällt
Flammen und heiße Gase	• entfällt
Mechanisch erzeugte Funken	• entfällt
Elektrische Anlagen	• entfällt
Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz	• entfällt
Statische Elektrizität	• entfällt
Blitzschlag	• entfällt
Elektromagnetische Felder	• entfällt
Elektromagnetische Strahlung	• entfällt
Ionisierende Strahlung	• entfällt
Ultraschall	• entfällt
Adiabatische Kompression, Stoßwellen, strömende Gase	• entfällt
Chemische Reaktionen	• entfällt

Tertiäre Schutzmaßnahmen
• entfällt

Bewertung der Explosionssicherheit unter Berücksichtigung der TRGS 725				
<i>Betriebskonzept</i>				
Im bestimmungsgemäßen Betrieb ist aufgrund des hohen Flammpunkts des Heizöls nicht mit der Bildung einer g. e. A. zu rechnen.				
<i>Zone auf Basis des Betriebskonzeptes</i>				
Zonenfrei				
<i>Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen</i>				
-	Sehr hoch	Hoch	Ausreichend	Keine
Begründung	-			
<i>Erforderliche Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen</i>				
Zündquellenbewertung auf Basis des Betriebskonzeptes	Zone auf Basis des Betriebskonzeptes			
	0/20	1/21	2/22	Zonenfrei
Zündquelle im Normalbetrieb (betriebsmäßig) vorhanden	Sehr hoch	Hoch	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im vorhersehbaren Fehlerfall oder bei gelegentlichen Betriebsstörungen vorhanden	Hoch	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im seltenen Fehlerfall oder bei seltenen Betriebsstörungen vorhanden	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im sehr seltenen Fehlerfall vorhanden	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich			
<i>Erforderliche Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung</i>				
-	K3	K2	K1	Keine
Die Explosionssicherheit nach Nr. 3.2 (3) der TRGS 725 [29] wird unter Umsetzung der vorgegebenen Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen und der erforderlichen Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung erreicht.				

S:\M\PROJ\174M174575\M174575_01_BER_7D_UNMARKIERT.DOCX:26. 02. 2024

7.8 BE 06 Nebenanlagen – Kälteanlage

Anlage	KSVA Böblingen
Anlagenbereich	BE 06 Nebenanlagen
Anlagenteile	Kälteanlage / Kaltwassersätze
Gehandhabte Stoffe	<ul style="list-style-type: none"> • Kältemittel R32 (Difluormethan)
Explosionsschutztechnisch relevante Stoffe	<ul style="list-style-type: none"> • Kältemittel R32 (Difluormethan)
Explosionsschutztechnisch relevante Prozessschritte	<ul style="list-style-type: none"> • Handhabung von Difluormethan
Örtliche Gegebenheiten	<ul style="list-style-type: none"> • Anlagenaufstellung im Freien (auf dem Gebäudedach) • Natürliche Lüftung

Primäre Schutzmaßnahmen	
Kälteanlage	
<ul style="list-style-type: none"> • Errichtung der Anlage nach DIN EN 378 [42] • Alle Anlagenteile auf Dauer technisch dicht im Sinne von Nr. 4.5.2 TRGS 722 [26] 	
ZV 22	Ausblasstellen müssen so gestaltet werden, dass das Kältemittel gefahrlos abgeführt werden kann. Druckentlastungsventile müssen mindestens jährlich einer Sicht- und Dichtheitskontrolle unterzogen werden. Druckentlastungsventile müssen alle 5 Jahre getauscht oder neu kalibriert werden siehe DIN EN 378-4 Anhang D [42]

Gefährdungsbeurteilung	
Kälteanlage	
Innerhalb der Kälteanlage ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.	
Außerhalb der Kälteanlage ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der primären Schutzmaßnahmen vernünftigerweise ausgeschlossen.	
Außerhalb der Kälteanlage im Bereich von Abblaseleitungen (von z.B. Druckentlastungsventilen) ist die Bildung von g. e. A. normalerweise nicht zu erwarten und wenn doch, dann nur selten und für kurze Zeit.	

Zoneneinteilung		
Anlagentyp	Zone	Bemerkung (falls erforderlich)
Kälteanlage	<ul style="list-style-type: none"> • Zonenfrei innerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> • Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 1.3 a1)
	<ul style="list-style-type: none"> • Zonenfrei außerhalb 	<ul style="list-style-type: none"> • Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 4.12.1 a)
	<ul style="list-style-type: none"> • Zone 2 außerhalb, im Nahbereich um Abblaseleitungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Vgl. DGUV-R 113-001 [15], Anlage 4, Nr. 4.12.4 b) <p>ZV 23 Die Ausdehnung der Zone um die Öffnung der Leitung zur Atmosphäre der Kälteanlage ist zu berechnen</p>

S:\M\PROJ\174M174575\M174575_01_BER_7D_UNMARKIERT.DOCX:26. 02. 2024

Sekundäre Schutzmaßnahmen	
Zündquellenart	Bemerkung/Schutzmaßnahmen
Heiße Oberflächen	<ul style="list-style-type: none"> Max. Oberflächentemperatur 450° C (Basis Difluormethan T1)
Flammen und heiße Gase	<ul style="list-style-type: none"> Flammen und heiße Gase sind im betrachteten Anlagenbereich nicht vorgesehen
Mechanisch erzeugte Funken	<ul style="list-style-type: none"> Ausführung der Geräte folgendermaßen (Basis Difluormethan T1): Zone 2: II 1G/2G/3G T1 Verwendung funkenarmer Werkzeuge
Elektrische Anlagen	<ul style="list-style-type: none"> Ausführung der Geräte folgendermaßen (Basis Difluormethan T1): Zone 2: II 1G/2G/3G T1 Für die elektrische Installation in explosionsgefährdenden Bereichen sind insbesondere die folgenden Regelwerke bzw. Erkenntnisquellen zu beachten: Nr. 5.5 TRGS 723 [27] DIN EN 60079-14 [21]
Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz	<ul style="list-style-type: none"> entfällt
Statische Elektrizität	<ul style="list-style-type: none"> Maßnahmen gemäß TRGS 727 [30] gegen Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladung, insbesondere Erdung bzw. Verbindung mit Erde leitfähiger bzw. ableitfähiger Anlagenteile sowie Vermeidung isolierender Materialien in explosionsgefährdeten Bereichen
Blitzschlag	<ul style="list-style-type: none"> Entfällt (vgl. Nr. 5.8.2 (1) TRGS 723 [27])
Elektromagnetische Felder	<ul style="list-style-type: none"> entfällt
Elektromagnetische Strahlung	<ul style="list-style-type: none"> entfällt
Ionisierende Strahlung	<ul style="list-style-type: none"> entfällt
Ultraschall	<ul style="list-style-type: none"> entfällt
Adiabatische Kompression, Stoßwellen, strömende Gase	<ul style="list-style-type: none"> entfällt
Chemische Reaktionen	<ul style="list-style-type: none"> entfällt

Tertiäre Schutzmaßnahmen	
<ul style="list-style-type: none"> entfällt 	

Bewertung der Explosionssicherheit unter Berücksichtigung der TRGS 725				
<i>Betriebskonzept</i>				
Im bestimmungsgemäßen Betrieb ist im Bereich der Abblaseöffnungen mit dem Auftreten von g. e. A. zu rechnen. Der Kältesatz ist auf Dauer technisch dicht, es ist damit die Bildung von g. e. A. vernünftigerweise ausgeschlossen. Innerhalb des Systems ist die Bildung von g. e. A. aufgrund der Überschreitung der OEG vernünftigerweise ausgeschlossen.				
<i>Zone auf Basis des Betriebskonzeptes</i>				
Zonenfrei				
<i>Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen</i>				
-	Sehr hoch	Hoch	Ausreichend	Keine
Begründung	-			
<i>Erforderliche Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen</i>				
Zündquellenbewertung auf Basis des Betriebskonzeptes	Zone auf Basis des Betriebskonzeptes			
	0/20	1/21	2/22	Zonenfrei
Zündquelle im Normalbetrieb (betriebsmäßig) vorhanden	Sehr hoch	Hoch	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im vorhersehbaren Fehlerfall oder bei gelegentlichen Betriebsstörungen vorhanden	Hoch	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im seltenen Fehlerfall oder bei seltenen Betriebsstörungen vorhanden	Ausreichend	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich
Zündquelle im sehr seltenen Fehlerfall vorhanden	Keine weiteren Maßnahmen erforderlich			
<i>Erforderliche Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung</i>				
-	K3	K2	K1	Keine
Die Explosionssicherheit nach Nr. 3.2 (3) der TRGS 725 [29] wird unter Umsetzung der vorgegebenen Verfügbarkeit der Explosionsschutzmaßnahmen und der erforderlichen Zuverlässigkeit der Ex-Einrichtung erreicht.				

S:\M\PROJ\174M174575M174575_01_BER_7D_UNMARKIERT.DOCX:26. 02. 2024

8 Fazit und Zielvorgaben

Unter Berücksichtigung der vorgenannten Zielvorgaben bestehen nach Ansicht der Unterzeichner gegen den geplanten Betrieb der im vorliegenden Dokument berücksichtigten Anlagen und Anlagenteile keine explosionsschutztechnischen Bedenken.

Übersicht der Zielvorgaben:

- ZV 1 Das vorliegende Explosionsschutzkonzept ist zur Inbetriebnahme in ein Explosionsschutzdokument zu überführen. Dieses ist durch Unterschrift der zuvor festgelegten verantwortlichen Personen in Kraft zu setzen.
- ZV 2 Die Bestandsbelegschaft sowie neu eingestelltes Personal sind über die in den betrachteten Anlagen auftretenden Gefahren zu unterweisen und mit den zu ihrer Abwendung einzuleitenden Maßnahmen vertraut zu machen. In die Belehrung werden die Betriebs- und Bedienungsanleitungen, geltende Standardarbeitsanweisungen sowie Merkblätter und Richtlinien der Berufsgenossenschaften und die Stoffdatenblätter der verwendeten Produkte mit einbezogen. Im Weiteren ist das Personal fortlaufend und wiederkehrend jährlich zum Arbeits- und Brandschutz sowie zum Umgang mit Gefahrstoffen und explosionsschutztechnisch relevanten Stoffen zu unterweisen. Die arbeitsplatzspezifischen Unterweisungen erfolgen durch den verantwortlichen Abteilungsleiter sowie dessen Beauftragten.
- ZV 3 Mitarbeiter von Fremdfirmen sind vor Arbeitsaufnahme durch den zuständigen Leiter der betrachteten Anlagen zu unterweisen.
- ZV 4 In die oben beschriebenen Unterweisungen des Betriebspersonal und der Mitarbeiter von Fremdfirmen sind die erforderlichen Unterweisungen hinsichtlich des Umgangs mit explosionsschutztechnisch relevanten Stoffen auf Basis der erstellten Betriebsanweisung zu integrieren. Über die durchgeführten Schulungen ist ein Nachweis zu führen.
- ZV 5 Für die verschiedenen explosionsschutztechnisch relevanten Arbeitsbereiche sind Betriebsanweisungen zu erstellen. In diesen sind auch die Explosionsgefahren der gehandhabten Stoffe zu integrieren.
- ZV 6 Die Vorgehensweise bei Störungen ist in den Betriebsanweisungen gemäß GefStoffV [14] zu dokumentieren und an geeigneter Stelle zu hinterlegen.
- ZV 7 Es ist ein Freigabeverfahren zu etablieren, das insbesondere bei Arbeiten durch Fremdfirmen in explosionsgefährdeten Bereichen angewendet ist.
- ZV 8 Die Umsetzung der Betriebsanweisung ist stichprobenartig zu überprüfen.

- ZV 9 Bereiche mit ausgewiesenem Explosionsschutz sind dauerhaft und gut sichtbar mit dem Warnzeichen W21 gemäß BGV A8/DGUV-V9 [32], Anlage 2, Nr. 2 bzw. mit dem Warnzeichen D-W021 gemäß ASR A1.3 [33] zu kennzeichnen.
- ZV 10 In explosionsgefährdeten Bereichen ist konkret darauf hinzuweisen, dass externe Zündquellen zu vermeiden sind. Dies ist durch gut sichtbare und dauerhafte Beschilderung der betroffenen Bereiche sicherzustellen.
- ZV 11 Auf das Verbot von Zündquellen und das Verbot des Zutritts für Unbefugte ist durch die Beschilderung P003 und D-P006 gemäß ASR A1.3 [33] hinzuweisen.
- ZV 12 Es ist eine Prüfung vor Inbetriebnahme nach § 15 BetrSichV [13] auf Basis von Anhang 2, Abschnitt 3, Unterpunkt 4.1 BetrSichV [13] durchzuführen. Die Prüfung ist zu dokumentieren.
- ZV 13 Elektrische Geräte/Anlagen und Schutzsysteme in explosionsgefährdeten Bereichen sind gemäß eines noch zu erstellenden Prüfplans regelmäßig durch eine befähigte Elektrofachkraft zu warten und zu prüfen. Diese Prüfungen sind zu dokumentieren.
- ZV 14 Die allgemeinen Maßnahmen sind, soweit sie auf die explosionsgefährdeten Bereiche der hier betrachteten Anlagenbereiche zutreffen, in geeigneter Weise umzusetzen.
- ZV 15 Die Erhöhung der Lüftungsleistung nach Ansprechen der GWA ist so lange aufrechtzuerhalten, bis keine Überschreitung von 20 % der UEG (bezogen auf Methan) in den sich anschließenden Anlagenteilen (Abkippbunker, Stapelbunker) mehr zu erwarten ist (vgl. auch Anhang B).
- ZV 16 Die Ausdehnung der Zone um die Öffnung der Leitung zur Atmosphäre ist zu berechnen
- ZV 17 Gemäß Nr. 4.2 (6) des Merkblattes VGB M 116 [39] ist die Bypass-Leitung zur Atmosphäre mit einer Flammenrückschlagsicherung auszurüsten, wenn nicht sichergestellt werden kann, dass die abgeleiteten Gase 50 % der UEG nicht überschreiten.
- ZV 18 Die Ausdehnung der Zone um die Öffnung der Leitung zur Atmosphäre ist zu berechnen
- ZV 19 Es ist eine regelmäßige Reinigung aller mit Staub belegten Flächen vorzusehen. Dies ist in einer Betriebsanweisung festzulegen.
- ZV 20 Es ist eine regelmäßige Reinigung aller mit Staub belegten Flächen vorzusehen. Dies ist in einer Betriebsanweisung festzulegen.

- ZV 21 Über die Unterdruckmessung ist bei einem Filterdurchbruch die Anlage unverzüglich abzufahren und instandzusetzen.
- ZV 22 Ausblasstellen müssen so gestaltet werden, dass das Kältemittel gefahrlos abgeführt werden kann.
Druckentlastungsventile müssen mindestens jährlich einer Sicht- und Dichtheitskontrolle unterzogen werden.
Druckentlastungsventile müssen alle 5 Jahre getauscht oder neu kalibriert werden siehe DIN EN 378-4 Anhang D [42]
- ZV 23 Die Ausdehnung der Zone um die Öffnung der Leitung zur Atmosphäre der Kälteanlage ist zu berechnen



Dr. Philipp Anger



Dr. Olaf Treusch

Anhänge

Anhang A

Ermittlung explosionsschutztechnisch relevanter Anlagenteile

Anhang B

Anordnung von Messstellen (Sensoren der GWA)

Anhang A

Ermittlung explosionsschutztechnisch relevanter Anlagenteile

S:\M\PROJ\174M\174575\M174575_01_BER_7D_UNMARKIERT.DOCX:26. 02. 2024

Grundlage für die Aufzählung sind die für den Standort Böblingen zur Verfügung gestellten Betreiberunterlagen bzw. Planungsunterlagen (vgl. Abschnitt 2.1) und deren Auswertung durch die Unterzeichner.

Die in nachfolgender Tabelle 8 aufgeführten Betriebsbereiche/Anlagenbereiche beziehen sich sinngemäß auf die Einteilung in Anlagenbereiche aus den vorgelegten Unterlagen.

Die Ermittlung der potentiellen Möglichkeit der Bildung explosionsfähiger Atmosphäre (Endziffer -13) bedeutet nicht, dass für die Anlagen/Anlagenteile eine Explosions-schutzzone auszuweisen ist. Eine genaue Bewertung der Gefährdung der einzelnen Anlagen und/oder Anlagenteile erfolgt unter Abschnitt 7 des vorliegenden Konzepts.

Tabelle 8. Ermittlung explosionsschutztechnisch relevanter Betriebsbereiche/Anlagenbereich.

Anlagenbereich	Bewertung gemäß Schema Explosions-schutz (vgl. Abbildung 2)
BE 1 Klärschlamm Lagerung	
Ampelanlage zur Verkehrslenkung	1-5-10
Anlieferhalle	1-2-6-13
Anliefer- und Stapelbunker	1-2-6-13
Klärschlammkräne	1-2-6-13
Klärschlammaufgabe	1-2-6-13
Bunkerstillstandsventilation	1-2-6-13
BE 2 Klärschlamm Trocknung	
Trocknung	1-2-6-13
Brüdenkondensation	1-2-6-13
BE 3 Feuerung und Kessel	
Wirbelschichtfeuerung	1-2-6-13 1-2-3-4-11-12-13
Luftvorwärmung	1-5-10
Anfahrbrüner und Zusatzfeuerung	1-2-6-13 1-2-3-4-11-12-13
Bettmaterialsystem	1-2-6-13 1-2-3-4-11-12-13
Abhitzekeessel	1-5-10
Speisewasser- und Kondensatsystem	1-5-10
Gasversorgungssystem/ Heizölsystem	1-2-6-13
BE 4 Wasser-Dampf-Kreislauf	
Turbosatz	1-5-10
Fernwärmeauskopplung	1-5-10
Wärmepumpe	1-2-6-13
Notkühler	1-5-10

Anlagenbereich	Bewertung gemäß Schema Explosionschutz (vgl. Abbildung 2)
Abgaskondensation	1-5-10
BE 5 Abgasreinigung	
Elektrofilter	1-2-3-4-11-12-13
Ammoniakwäscher	1-2-6-13
Saugzuggebläse und Schalldämpfer	1-5-10
Abgaskanäle und Schornstein	1-5-10
Emissionsmesssystem	1-5-10
Natriumhydrogencarbonatsilo	1-5-10
Aschesilos	1-2-6-13
Reststoffsilo	1-2-6-13
Adsorbenswechselcontainerstation	1-2-3-4-11-12-13
Inertisierungsstation	1-5-10
BE 6 Nebenanlagen	
BE 06.01 Brüdenkondensatbehandlung	1-5-10
BE 06.02 Kühlkreis	1-5-10
BE 06.03 Wasseraufbereitung (VE-Anlage)	1-5-10
BE 06.04 Zentrale Druckluftanlage	1-5-10
BE 06.05 Zentrale Staubsauganlage	1-2-3-4-11-12-13
BE 06.06 Wasserver- und entsorgungssystem	1-5-10
BE 06.07 Hebemittel	1-5-10
BE 06.08 Netzersatzaggregat	1-2-3-7-6-13
BE 06 Kälteanlage	1-2-6-13

Durch Fettdruck hervorgehobene Anlagen und/oder Anlagenteile werden in der Gefährdungsbeurteilung (Abschnitt 7) berücksichtigt. Die Angaben zu den Betriebseinheiten wurden der Anlagenbeschreibung entnommen.

Anhang B

Anordnung von Messstellen (Sensoren der GWA)

S:\M\PROJ\174M\174575\M174575_01_BER_7D_UNMARKIERT.DOCX:26. 02. 2024

Im Bereich BE 1 Klärschlamm Lagerung wird eine Gaswarnanlage installiert. Methan ist der aus explosionsschutztechnischer Sicht wesentliche Hauptbestandteil des Faulgases, das bei der anaeroben Zersetzung des Klärschlammes entsteht. Es werden aus diesem Grund Methan- und Schwefelwasserstoff-Sensoren in der Anlieferhalle im Bereich der Abkipföffnungen installiert.

Die Methanbildung des angelieferten Klärschlammes ist im Normalbetrieb nicht ausreichend hoch, um eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre zu erzeugen. Erhöhte Methankonzentrationen werden vor allem durch Fehlchargen von aktiverem Klärschlamm erzeugt. Diese können durch die Sensoren im Bereich des Abkipföffnungen gut detektiert werden.

Die Lüftungsleistung wird nach Ansprechen der Gaswarnsensoren erhöht. Die Erhöhung der Lüftungsleistung ist so lange aufrechtzuerhalten, bis keine Überschreitung von 20 % der UEG (bezogen auf Methan) in den sich anschließenden Anlagenteilen (Abkipfbunker, Stapelbunker) mehr zu erwarten ist (vgl. auch ZV 15).