



PROZESSE & ANLAGEN

SICHER BETREIBEN



CSE-Engineering Services GmbH

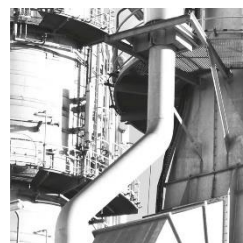
EXPLOSIONSSCHUTZKONZEPT

Projekt:

**Explosionsschutzkonzept für die Produktions-
stätte von McCain in Mehrum**

Auftraggeber:

McCain GmbH
Düsseldorfer Str. 13
65760 Eschborn
Deutschland



Berichtsnummer:	2024_R01615
Datum:	03.04.2025

Zusammenfassung:

Die McCain GmbH beabsichtigt in Mehrum eine Produktionsstätte zur Verarbeitung von Kartoffelprodukten zu errichten und zu betreiben. Die Produktionsstätte umfasst eine Ammoniak-Kälteanlage für den Betrieb eines Tiefkühlagers sowie den Betrieb einer Biogasanlage zur Verwertung von pflanzlichen Resten. Die Ammoniak-Kälteanlage und Biogasanlage sind nach § 4 BImSchG genehmigungsbedürftigen Anlagen und unterliegen aufgrund der Mengenschwellen den Anforderungen der 12. BImSchV. In der Anlage sollen

- entzündbare Gase (Ammoniak und Biogas) sowie
- entzündbare Flüssigkeiten (Ammoniak druckverflüssigt)

gehandhabt werden. Zu diesem Zweck wurde eine Stellungnahme zum geplanten Explosionsschutz-Konzept formuliert. Die Explosionsgefährdungen, die in Bezug auf den Betrieb identifiziert wurden, sind in diesem Dokument, zusammen mit den ergriffenen Gegenmaßnahmen zur Reduktion des Explosionsrisikos, beschrieben.

Autoren:

Matthias Müller, M.Sc.

Process Safety Engineer

Telefon: +49 721 6699 4703

E-Mail: matthias.mueller@cse-engineering.de

Unterschrift:



Matthias Müller,
Process Safety Engineer



Dr.-Ing. Natalie Schmidt,
Head of Consulting Services Department

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
2	Gesetzliche und normative Verweise	6
3	Standortbeschreibung	9
4	Verfahrensbeschreibung	9
4.1	Ammoniak-Anlage der Kühllagerung	9
4.2	Ammoniak-Kältesystem	9
4.3	Biogasanlage-Anlage	10
5	Beschreibung des vorgesehenen Explosionsschutzkonzepts	12
5.1	Beschreibung der relevanten Stoffe	12
5.2	Wesentliche Explosionsgefahren	14
5.2.1	Ammoniak-Kälteanlage	14
5.2.2	Biogasanlage	15
5.3	Schutzkonzept	15
5.3.1	Allg. und anlagenübergreifende Schutzmaßnahmen	15
5.3.2	Schutzkonzept der Ammoniak-Kälteanlagen	16
5.3.3	Schutzkonzept der Biogasanlage	18
5.4	Einteilung von Zonen	21
6	Literaturverzeichnis	23

Revisionen

Nummer	Datum	Beschreibung
0	28.11.24	Erstellung des Dokuments
1	03.04.25	Ergänzungen zur Biogasanlage

1 Einleitung

Gemäß §6 GefStoffV, muss der Arbeitgeber ein Explosionsschutzkonzept erstellen, wenn das Vorhandensein von gefährlichen explosionsfähigen Gemischen auf der Grundlage einer Gefährdungsbeurteilung nicht sicher ausgeschlossen werden kann. Für die betreffenden Tätigkeiten müssen, die sich daraus ergebenden Gefahren ermittelt und geeignete Maßnahmen

- zur Vermeidung explosionsfähiger Atmosphäre (primäre Schutzmaßnahmen)
- zur Vermeidung wirksamer Zündquellen (sekundäre Schutzmaßnahmen) oder zum
- zum konstruktiven Explosionsschutz (tertiäre Schutzmaßnahmen)

ergriffen werden.

Gemäß der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) ist der Arbeitgeber verpflichtet, vor der Aufnahme von Tätigkeiten bzw. vor Übergabe von Arbeitsmitteln eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen. Analog dazu verpflichtet die Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) den Arbeitgeber zur Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung vor Aufnahme von Tätigkeiten in Verbindung mit Gefahrstoffen (§ 6 Abs. 8 GefStoffV). Ergibt sich daraus eine Explosionsgefahr (§ 6 Abs. 4 GefStoffV), ist der Arbeitgeber zum Erstellen eines Explosionsschutzdokuments verpflichtet (§ 6 Abs. 9 GefStoffV).

Gemäß § 6 Abs. 9 GefStoffV müssen folgende Angaben aus dem Explosionsschutzdokument insbesondere hervorgehen,

- dass die Explosionsgefährdungen ermittelt und bewertet worden sind (Gefährdungsbeurteilung)
- dass angemessene Vorkehrungen getroffen werden, um die Ziele des Explosionsschutzes zu erreichen (Explosionsschutzkonzept)
- welche Bereiche entsprechend Anhang 1 Nummer 1.7 GefStoffV in Zonen eingeteilt wurden
- für welche Bereiche Explosionsschutzmaßnahmen nach § 11 und Anhang 1 Nummer 1 GefStoffV getroffen wurden (Vermeidung von Brand- und Explosionsgefährdungen)
- wie die Vorgaben aus § 15 GefStoffV umgesetzt werden (Fremdfirmenkoordination)
- welche Überprüfungen nach § 7 Absatz 7 GefStoffV festgelegt sind (Prüf- und Instandhaltungsplan)

Es können weitere technische Regeln, Richtlinien, Normen und Spezifikationen als Erkenntnisquelle zur Erfüllung der Anforderungen nach GefStoffV dienen. Die Verantwortung konkreter Schutzmaßnahmen, Vorgaben und Fristen verbleibt jedoch beim Arbeitgeber.

2 Gesetzliche und normative Verweise

Das Konzept des Explosionsschutzes wird auf Basis der folgenden gesetzlichen und normativen Erkenntnisquellen definiert:

Tabelle 1: Gesetzliche und normative Verweise

Kurzbezeichnung	Name / Vollzitat
RL 89/391/EWG	Richtlinie des Rates vom 12. Juni 1989 über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit (89/391/EWG) (ABl. L 183, 29.6.1989, p.1)
RL 1999/92/EG	Richtlinie 1999/92/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 1999 über Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können (Fünfzehnte Einzelrichtlinie im Sinne von Artikel 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG) (ABl. L 023, 28.1.2000, p.57)
MaschinenRL 2006/42/EG	Richtlinie 2006/42/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG (Neufassung) (ABl. L 157 vom 9.6.2006, S. 24)
ATEX-RL 2014/34/EU	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 (Neufassung) (ABl. L 96 vom 29.3.2014, S. 309–356)
ArbSchG	Arbeitsschutzgesetz vom 7. August 1996 (BGBl. I S. 1246), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 22. Dezember 2020 (BGBl. I S. 3334) geändert worden ist
ArbStättV	Arbeitsstättenverordnung vom 12. August 2004 (BGBl. I S. 2179), die zuletzt durch Artikel 4 des Gesetzes vom 22. Dezember 2020 (BGBl. I S. 3334) geändert worden ist
BetrSichV	Betriebssicherheitsverordnung vom 3. Februar 2015 (BGBl. I S. 49), die zuletzt durch Artikel 7 des Gesetzes vom 27. Juli 2021 (BGBl. I S. 3146) geändert worden ist
ChemG	Chemikaliengesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 28. August 2013 (BGBl. I S. 3498, 3991), das zuletzt durch Artikel 115 des Gesetzes vom 10. August 2021 (BGBl. I S. 3436) geändert worden ist

Kurzbezeichnung	Name / Vollzitat
GefStoffV	Gefahrstoffverordnung vom 26. November 2010 (BGBl. I S. 1643, 1644), die zuletzt durch Artikel 2 der Verordnung vom 21. Juli 2021 (BGBl. I S. 3115) geändert worden ist
9. ProdSV	Neunte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Maschinenverordnung) vom 12. Mai 1993 (BGBl. I S. 704), die zuletzt durch Artikel 23 des Gesetzes vom 27. Juli 2021 (BGBl. I S. 3146) geändert worden ist
11. ProdSV	Explosionsschutzprodukteverordnung vom 6. Januar 2016 (BGBl. I S. 39), die durch Artikel 25 des Gesetzes vom 27. Juli 2021 (BGBl. I S. 3146) geändert worden ist
TRBS 1112-1	Explosionsgefährdungen bei und durch Instandhaltungsarbeiten – Beurteilung und Schutzmaßnahmen, Ausgabe: März 2010 GMBI. Nr. 29 vom 12. Mai 2010 S. 615
TRBS 1123	Prüfpflichtige Änderungen von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen – Ermittlung der Prüfnotwendigkeit gemäß § 15 Absatz 1 BetrSichV, Ausgabe: Juli 2018 GMBI 2018 S. 735 [Nr. 39/40] Berichtigung: GMBI 2021 S. 497 [Nr. 22]
TRBS 1201	Prüfungen und Kontrollen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen, Ausgabe: März 2019 GMBI 2019 S. 229 [Nr. 13–16] Berichtigung: GMBI 2019 S. 431 [Nr. 22]
TRBS 1201-1	Prüfung von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen, Ausgabe: März 2019 GMBI 2019 S. 241 [Nr. 13–16] Berichtigung: GMBI 2019 S. 431 [Nr. 22] Änderungen und Ergänzungen: GMBI 2021 S. 1007 [Nr. 46]
TRBS 1203	Zur Prüfung befähigte Personen, Ausgabe: März 2019 GMBI 2019 S. 262 [Nr. 13–16] Änderung: GMBI 2021 S. 1002 [Nr. 46]
TRGS 510	Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern Ausgabe Dezember 2020 GMBI 2021 S. 178-216 [Nr. 9-10] (v. 16.2.2021)
TRGS 720	Gefährliche explosionsfähige Gemische -Allgemeines, Ausgabe Juli 2020 GMBI 2020 S. 419-426 [Nr. 21] (v. 24.07.2020) Berichtigt: GMBI 2021 S.399 [Nr. 17-19] (v. 16.03.2021)
TRGS 721	Gefährliche explosionsfähige Gemische – Beurteilung der Explosionsgefährdung Ausgabe Oktober 2020 GMBI 2020 S. 807-814 [Nr. 38] (v. 02.10.2020) berichtigt GMBI 2020 S. 1116 [Nr. 51] (v. 21.12.2020)

Kurzbezeichnung	Name / Vollzitat
TRGS 722	Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Gemische, Ausgabe Februar 2021 GMBI 2021 S. 399-415 [Nr. 17-19] (v. 16.3.2021)
TRGS 723	Gefährliche explosionsfähige Gemische – Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische, Ausgabe: Juli 2019 GMBI 2019 S. 638-656 [Nr. 33-34] v. 26.08.2019 Geändert: GMBI 2020 S. 815 [Nr. 38] v. 02.10.2020
TRGS 724	Gefährliche explosionsfähige Gemische - Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken, Ausgabe: Juli 2019 GMBI 2019 S. 656-664 [Nr. 33-34] v. 26.08.2019
TRGS 725	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen im Rahmen von Explosionsschutzmaßnahmen, Ausgabe: Januar 2016 GMBI 2016 S. 238-256 [Nr. 12-17] (v. 26.04.2016) Zuletzt geändert und ergänzt: GMBI 2018 S. 194 [Nr. 7-11] (v. 03.04.2018)
TRGS 727	Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen, Ausgabe: Januar 2016 GMBI 2016 S. 256-314 [Nr. 12-17] (v. 26.04.2016) Berichtigt: GMBI 2016 S. 623 [Nr. 31] (v. 29.07.2016)

3 Standortbeschreibung

Für die Standortbeschreibung wird auf das *Gutachten zur Ermittlung angemessener Sicherheitsabstände im Sinne des § 3 Abs. 5c BImSchG für die Errichtung einer Anlage zur Verarbeitung von Kartoffeln am Standort Mehrum* [1] verwiesen.

4 Verfahrensbeschreibung

In der Produktionsstätte werden Kartoffelprodukte verarbeitet, ein zugehöriges Tiefkühlager (TK)-Lager, eine Abwasseraufbereitung zur Direkteinleitung in den Mittellandkanal, sowie eine Biogasanlage zur Verwertung anfallender Produktionsreste betrieben. Die Ammoniak-Kälteanlage und Biogasanlage sollen im Rahmen dieses Explosionsschutzkonzepts bewertet werden. Nachfolgend sind die wesentlichen Anlagenteile beschrieben.

4.1 Ammoniak-Anlage der Kühllagerung

Durch Kompressoren wird die gasförmige Phase des Ammoniaks aus dem Niederdruckbehälter (Arbeitstemperatur von -33°C , Dampfdruck Ammoniak: 0,028 barg) verdichtet und in Kondensatoren geleitet. Die Kondensatoren leiten die Wärme des warmen Ammoniakdampfes an die Atmosphäre ab. Das auskondensierte Ammoniak wird in einem Ammoniak-Hochdruckbehälter (Arbeitstemperatur von -25°C , Dampfdruck Ammoniak: 0,52 barg) aufgefangen und anschließend in den Niederdruckbehälter entspannt. Vom Niederdruckbehälter wird die kalte Ammoniakflüssigkeit zu den Verdampfern der einzelnen Kühlräume gepumpt. Durch Verdampfen des Ammoniaks wird den Kühlräumen Wärme entzogen. Das verdampfte Ammoniak-Gas-Flüssigkeits-Gemisch wird in den Niederdruckverdampfer zurückgeführt. Für die Anlage werden 8,5 Tonnen Ammoniak benötigt.

4.2 Ammoniak-Kältesystem

Das Ammoniak-Kältesystem zum Frosten der Produkte besteht im Wesentlichen aus 6 Behältern zur Lagerung von Ammoniak, 11 Kompressoren zum Verdichten der gasförmigen Ammoniakphase der Behälter, 10 Wärmetauschern zur Verflüssigung des Ammoniaks, 37 Verdampfern zum Verdampfen des Ammoniaks und Frosten der Produkte, sowie 6 Verdampfern zur Raumkühlung. Einer der Behälter (Glycol cooling surge drum) wird zum Kühlen eines Glykol-Kreislaufes verwendet, zu welchem 5 Verdampfer zum Kühlen der Produkte gehören, sowie weitere

Verdampfer zur Raumkühlung. Der mit Ammoniak gefüllte Teil des Behälters (Glycol cooling surge drum) hat eine Arbeitstemperatur von -6°C , was einem Ammoniakdampfdruck von 2,42 barg entspricht. Auf den Glykol-Kreislaufes wird im Folgenden nicht näher eingegangen. Der Behälter LPR 5 hat eine Arbeitstemperatur von -1°C (Dampfdruck Ammoniak: 3,15 barg) und versorgt 12 Verdampfer (Precooler) zum Frosten der Produkte. Die Behälter LPR 1, 2 und 3 haben eine Arbeitstemperatur von -28°C (Dampfdruck Ammoniak: 0,32 barg) und versorgen 25 Verdampfer (Sequentia defrost). Der Behälter LPR 4 hat eine Arbeitstemperatur von -26°C (Dampfdruck Ammoniak: 0,45 barg) und versorgt 6 Verdampfer zur Raumkühlung (Tote room cooler). Die gesamte Menge an Ammoniak im Ammoniak-Kältesystem beträgt 41,7 Tonnen. Das gasförmige Ammoniak wird mit den Verdichtern auf max. 11,7 barg verdichtet. Ein Teil des verdichteten Ammoniaks wird in Behälter LPR 5 bei -1°C gesammelt und der Rest in den Niederdrucktanks LPR 1, 2, 3 und 4 bei -28°C und -26°C vorgehalten. Das gesamte Ammoniak-System wird ausschließlich unter Überdruck betrieben.

4.3 Biogasanlage-Anlage

Die Erzeugung von Biogas erfolgt (a) aus festen Nebenprodukten der Kartoffelkartoffelproduktion und (b) aus organischen belasteten Abwässern der Kartoffelproduktion. Das Biogas aus Fermentern und Hochlast-Anaerobreaktoren wird in ein (c) einer Biogaswaschanlage (Gaswäsche) gereinigt und danach durch einen Verdichter in einen Biogasspeicher geleitet.

(a) Die Erzeugung von Biogas aus festen Nebenprodukten besteht im Wesentlichen aus zwei Hauptfermentern (12.000 m^3) und einem Nachgärbehälter (5.000 m^3). Den Hauptfermentern werden Nebenprodukte aus einem Nebenprodukt-Speicher (1000 m^3 ; Schälabfälle, Kartoffelabfälle, frittierte Abfälle, etc.) zugeführt. In den Hauptfermentern wird die Umwandlung der organischen Feststoffe in Biogas nahezu abgeschlossen. Der Nachgärbehälter erhält den Überlauf der beiden Hauptfermenter und beendet die Umwandlung in Biogas. Das erzeugte Biogas wird zur Gaswäsche geleitet. Die Fermentierung wird durch Temperatur, pH-Wert, Gärrestpegel, Druck und Biogasfluss gesteuert. Wenn eine Prozessabweichung festgestellt wird, wird die Zufuhr zu den Hauptfermentern automatisch gestoppt und ein Alarm ausgelöst. Die Beheizung der Fermenter erfolgt über einen externen Wärmetauscher, welcher mit dem Heißwassersystem verbunden ist. Die Fermenter werden mit einem Überdruck von max. 30 mbar betrieben, wobei der maximale

Auslegungsdruck 50 mbar beträgt und durch eine Biogasfackel geregelt wird. Die Behälter sind durch Atmungsarmaturen gegen unzulässigen Unter- und Überdruck geschützt. Die Gärreste aus dem Nachgärbehälter werden zur Kläranlage gepumpt und dort weiterverarbeitet.

(b) Die Erzeugung von Biogas aus organischen belasteten Abwässern besteht im Wesentlichen aus zwei Hochlast-Anaerobreaktoren (1850 m³) mit jeweils einem Neutralisationstank („Mixtank“). Die Neutralisationstanks beziehen das organisch belastete Abwasser aus der Produktion über einen Pufferspeicher (200 m³). Den Hochlast-Anaerobreaktoren wird über den zugehörigen Neutralisationstank organisch belastetes Abwasser zugeführt. Die Zuführung erfolgt über den Boden der Hochlast-Anaerobreaktoren und strömt durch ein anaerobes Granulat (Biomassebett), in welchem die biologische Umwandlung in Biogas stattfindet. Durch einen 3-Phasen-Trenner werden die Phasen Wasser, Biogas und Biomasse voneinander getrennt. Das Wasser wird einer Nachbehandlung (Membran-Bioreaktor) zugeführt, das Biogas wird in die Gaswäsche geleitet. Die Biomasse bleibt in Neutralisationstanks und Hochlast-Anaerobreaktoren. Die Reaktoren werden als geschlossene Behälter ausgeführt und durch Atmungsarmaturen gegen unzulässigen Unter- und Überdruck (max. 50 mbar) geschützt. Die Atmungsarmaturen sind doppelt ausgeführt.

(c) Der Biogaswaschanlage (Gaswäscher) wird durch eine Sammelleitung das erzeugte Biogas aus Fermentern und Hochlast-Anaerobreaktoren zugeführt. Im Gaswäscher wird Schwefelwasserstoff in Schwefel umgewandelt, bis auf einen Restwert von 150 ppm. Der erwartete Methangehalt des Biogases liegt bei 55 bis 65 %. Nach der Schwefelentfernung wird das Biogas in einer Kühleinheit entwässert. Das abgezogene Kondensat wird der Hauptabwasserleitung zugeführt. Das aufbereitete Biogas wird mit Verdichtern bei ca. 250 mbar zum Biogasspeicher transportiert. Im Fall eines Ausfalls des Verdichters wird die Fackel aktiviert. Bei einem Überdruck von 50 mbar oder einem Unterdruck in Fermentern oder Hochlast-Anaerobreaktoren sprechen die Atmungsarmaturen an, um die Behälter vor unzulässigem Druck zu schützen. Durchfluss, Druck und Zusammensetzung des Biogases werden vor und nach der Biogaswaschanlage online überwacht. Das Biogas wird in der Produktion zur Verarbeitung der Kartoffelprodukte verwendet.

5 Beschreibung des vorgesehenen Explosionsschutzkonzepts

5.1 Beschreibung der relevanten Stoffe

Die in Ammoniak-Kälteanlage und Biogasanlage gehandhabten Stoffe sind gemäß Anhang I der 12. BImSchV den nachfolgenden Kategorien zugeordnet, bzw. als Einzelstoffe eingestuft:

- 2.1. Verflüssigte entzündbare Gase
- 2.5. Ammoniak

In Tabelle 2 sind die relevanten Stoffe, sowie ihre sicherheitstechnischen Kenngrößen aufgelistet.

EXPLOSIONSSCHUTZKONZEPT

Berichtsnummer: 2024_R01615
Datum: 03.04.2025



Tabelle 2: Sicherheitstechnische Kenngrößen der auftretenden Stoffe

Stoff	T _F [°C]	ρ [kg/m³]	p _D [mbar]	UEG OEG [Vol.-%]	p _{max} [bar]	T _Z [°C]	E _Z [mJ]	Gr [mm]	Ex	T _K	Quelle
Methan	-	0,6709	-	4,4 17	8,1	595	0,29	1,14	IIA	T1	[2]
Ammoniak	-	0,7198	8,5737	14 32,5	6,9	630	-	3,18	IIA	T1	[3]

Tabelle 3: Abkürzungen in Tabelle 2

ρ	Gas-Dichte bei 20 °C und 1 bar
UEG/OEG	Untere/Obere Explosionsgrenze in Luft
p _{max}	Maximaler Explosionsüberdruck
T _Z	Zündtemperatur
T _K	Temperaturklasse
E _Z	Mindestzündenergie
Ex-Klasse	Explosionsgruppe
T _F	Flammpunkt
p _D	Dampfdruck bei 20 °C
Gr	Grenzspaltweite

5.2 Wesentliche Explosionsgefahren

Die wesentlichen Gefahren und Gefährdungen bezüglich der Prozesssicherheit wurden anhand typischer Gefahren und Gefährdungen der Anlagentypen festgelegt. Die festgelegten Maßnahmen dienen der Konzeption des Betriebsbereichs, bei welcher die Bestimmungen des Explosionsschutzes eingehalten werden. Die im Detail umzusetzenden Maßnahmen sind im Explosionsschutzdokument mit Zonenplan zu definieren. Folgende Einteilung der Zonen gilt für das Auftreten von explosionsgefährdeten Bereichen:

- Zone 0: ist ständig, langfristig oder häufig vorhanden
- Zone 1: tritt gelegentlich auf
- Zone 2: trittwahrscheinlich nicht auf, und wenn, dann selten oder kurzzeitig
- Keine Zone: Auftreten wird ausgeschlossen

5.2.1 Ammoniak-Kälteanlage

Möglichkeiten der Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre:

- Austritt von Ammoniak und Mischung mit Luft in Innen- und Außenbereichen von Anlagenteilen durch Leckagen an Behältern, Rohrleitungen, Flanschverbindungen, Armaturen, Ventilen, Sicherheitsventilen, Verdichtern, Kondensatoren, Verdampfer und Ölabscheider.
- Mischung von entzündbaren Gasen mit Luft beim Anfahren im Inneren der Anlage.
- Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre bei Wartungsarbeiten durch Öffnen von Anlagenteilen.

Mögliche Zündquellen:

- Insbesondere elektrische Zündquellen und mechanische Zündquellen sind in dieser Betriebseinheit nicht auszuschließen.

Die folgenden fünf Szenarien wurden für das Auftreten einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre in Ammoniak-Kälteanlagen identifiziert und werden in Abschnitt 5.3.2 näher erläutert:

- (1) Leckage an Flanschverbindungen oder Ventilen
- (2) Beschädigung des Verdichters
- (3) Ansprechen eines Sicherheitsventils
- (4) Unterdruck durch Temperaturen kleiner -32°C stromabwärts der Verflüssiger
- (5) Wartungsarbeiten

5.2.2 Biogasanlage

Möglichkeiten der Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre:

- Austritt von Biogas und Mischung mit Luft in Innen- und Außenbereichen von Anlagenteilen durch Leckagen an Behältern, Rohrleitungen, Flanschverbindungen, Armaturen, Ventilen, Sicherheitsventilen, Vergärungsbehälter, Gasspeicher, Rohgasaufbereitung.
- Mischung von entzündbaren Gasen mit Luft beim Anfahren im Inneren der Anlage.
- Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre bei Wartungsarbeiten durch Öffnen von Anlagenteilen.

Mögliche Zündquellen:

- Insbesondere elektrische Zündquellen, mechanische Zündquellen und Blitzschlag sind in dieser Betriebseinheit nicht auszuschließen.

Die folgenden fünf Szenarien wurden für das Auftreten einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre in der Biogasanlage identifiziert und werden in Abschnitt 5.3.3 näher erläutert:

- (1) Leckagen an Flanschverbindungen oder Ventilen
- (2) Austritt von Biogas an Verdichtern im Maschinenraum
- (3) Austritt von Biogas aus Sicherheitsventilen oder Atmungsarmaturen
- (4) Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten an Gas führenden Teilen
- (5) Anfahren der Anlage bei Inbetriebnahme bzw. nach Instandhaltungsarbeiten

5.3 Schutzkonzept

5.3.1 Allg. und anlagenübergreifende Schutzmaßnahmen

Organisatorische primäre, sekundäre und tertiäre Schutzmaßnahmen:

- Arbeiten gemäß Arbeits- und Sicherheitsanweisung durch unterwiesene Beschäftigte.
- Unterweisung und Schulung von Mitarbeitern zu Risiken und richtigen Verhaltensweisen in explosionsgefährdeten Bereichen.
- Der Zutritt von Unbefugten auf das Betriebsgelände wird durch das vorhandene Zutrittskontrollsystem verhindert.
- Kennzeichnung der explosionsgefährdeten Bereiche (Zoneneinteilung Explosionsschutz) nach Explosionsschutzdokument.
- In explosionsgefährdeten Bereichen dürfen nur Geräte mit geeigneter Gerätekategorie gemäß ATEX2014/34/EU verwendet werden und keine Zündquelle in der Zone darstellen.
- Für Arbeiten in explosionsgefährdeten Bereichen werden Gefährdungsbeurteilungen durchgeführt und Schutzmaßnahmen festgelegt.

- Betrieb von Anlagenteilen und Maschinen sind nur nach Betriebsvorschrift zulässig.
- Regelmäßige Wartung und Instandhaltung von Anlagenteilen nach Herstellervorgaben zur Gewährleistung der Funktionsfähigkeit und des sicheren Betriebes inklusive Inspektionsprotokollen.
- Bei Instandhaltungsmaßnahmen ist mit der Freisetzung größerer Mengen explosionsfähiger Gase und mit der Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre zu rechnen. Im Rahmen von Gefährdungsbeurteilungen müssen geeignete Schutzmaßnahmen festgelegt werden.

5.3.2 Schutzkonzept der Ammoniak-Kälteanlagen

Im Folgenden werden die fünf identifizierte Szenarien beschrieben, welche potenziell bei Ammoniak-Kälteanlagen zur Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre führen können.

- (1) Leckage an Flanschverbindungen, Ventilen oder Verflüssigern:
Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre in Ammoniak-Kälteanlagen durch Leckagen oder Undichtigkeiten an Flanschverbindungen, Ventilen oder Verflüssigern durch Beschädigung oder unzureichende Wartung.

Alle Flanschverbindungen und Verflüssiger werden nach TRGS 722 als auf Dauer technisch dicht ausgeführt, um die Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre zu verhindern. Als weitere Schutzmaßnahme wird im Maschinenraum durch eine Gaswarnanlage mit Zwangslüftung das Ansammeln von Ammoniakgas verhindert. Das Betreten des Raumes ist nach Ansprechen der Gaswarnanlage nur noch mit geeigneter persönlicher Schutzausrüstung oder nach Freimessung erlaubt. Außerdem wird eine Segmentierung der Anlage nach TRAS 110 Abschnitt 4.2.2 vorgenommen, um die Menge an freigesetztem Ammoniak im Falle eines Lecks außerhalb des Maschinenraums zu begrenzen. An geeigneten Stellen werden Absperreinrichtungen durch ein NOT-AUS-System fernbetätigt. Als Kontrollmaßnahme werden die Rohrleitungen sowie Vorlagen und Behälter monatlich einer Sichtprüfung unterzogen. Im Wartungs- und Instandhaltungsplan werden die Prüfintervalle in Abhängigkeit der Dichtheit (technisch dicht / auf Dauer technisch Dicht) festgelegt.

- (2) Beschädigung des Verdichters:
Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre durch mechanische Schäden oder Fehlfunktionen, beispielsweise durch Ansaugen aus einem geschlossenen System, und Austritt von Ammoniak oder Öl aus dem Verdichter oder Austritt von Ammoniak aus anderen Anlagenteile innerhalb des Maschinenraumes.

Aus Gründen der Sicherheit und des Umweltschutzes werden alle Verdichter und weitere Anlagenteile wie Pumpen und Behälter in Maschinenräumen platziert, die nur für befugte Personen zugänglich sind. Der Maschinenraum wird mit einer Gaswarnanlage zur Detektion von Ammoniak mit Entlüftungseinrichtung ausgeführt (Technisch überwachte Raumlüftung zur Abführung von Leckgasmengen) und ohne Öffnungen in andere Gebäudebereiche.

Der Maschinenraum wird mit einer Gaswarnanlage ausgestattet, was nach TRAS 110 verpflichtend ist. Bei einer gemessenen Ammoniak-Konzentration von maximal 500 ppm wird ein Voralarm eingeschaltet sowie automatisch die technische Notlüftung. Bei maximal 1000 ppm wird der Hauptalarm eingeschaltet und alle betroffenen Anlagenteile abgeschaltet sowie die Absperrrarmaturen geschlossen. Bei maximal 30 000 ppm wird die technische Notlüftung abgeschaltet und die Zuluftöffnungen automatisch verschlossen und über die Gaswarnanlage alle Anlagenteile mit potenzieller Zündquelle, wie beispielsweise Antriebe, Beleuchtungen und Steckdosen, spannungsfrei geschaltet. Für alle elektrischen Geräte, wie Notbeleuchtung und Abluftventilatoren, die nicht spannungsfrei geschaltet werden, wird eine Gefährdungsbeurteilung nach Explosionsschutz (Anhang I Nummer 1.7 GefStoffV) umgesetzt. Alle Geräte die nicht spannungsfrei geschaltet werden, werden mindestens nach Gerätekategorie 3 nach Anhang I der Richtlinie 2014/34/EU ausgeführt.

Der Austritt von Öl aus den Verdichtern würde zu einer Ansammlung von Öl unterhalb des betroffenen Verdichters führen. Der Flammpunkt des Öls liegt oberhalb von 100°C. Die Raumtemperatur liegt bei unter 35°C. Die Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre wird nicht erwartet.

- (3) Ansprechen eines Sicherheitsventils:
Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre durch Ansprechen eines Sicherheitsventils innerhalb der Abblaseleitung und außerhalb des Auslasses der Abblaseleitung.

Zur Absicherung gegen unzulässigen Überdruck werden nach TRAS 110 Sicherheitsventile verwendet. Ein Ansprechen der Sicherheitsventile führt zur Entlastung von Ammoniak über die Abblaseleitung. In der Abblaseleitung und um den Auslass der Abblaseleitung ist eine Zone 2 zu definieren. Die Abblaseleitungen sowie die Sammelleitung von Überströmventilen und sind mit „Abblaseleitung“ zu kennzeichnen inklusive der Fließrichtung. Für Sicherheitsventile, welche in die Atmosphäre abblasen sind die Vorgaben nach TRAS 110 Abschnitt 4.2.2 einzuhalten.

- (4) Unterdruck durch Temperaturen kleiner -32°C hinter den Verflüssigern:
Wenn die Temperatur in den Verflüssigern auf Temperaturen kleiner gleich -32°C fällt, ist mit einem Vakuum in den betroffenen Anlagenteilen und stromabwärts zu rechnen. Undichtigkeiten könnten zu einem Eindringen von Luft und Feuchtigkeit in den Kältemittelkreislauf führen, was Korrosion im Inneren begünstigt. Die Anlage ist gemäß TRGS 722 als auf Dauer technisch Dicht ausgeführt. Ein Eindringen von größeren Mengen von Luft wird vernünftigerweise ausgeschlossen. Nach VDMA 24020-1 würde das Eindringen nicht kondensierbarer Gase, beispielsweise Luft, zu einem Anstieg des Verflüssigungsdruck und durch eine Druckbegrenzung bemerkt werden können. Die Auswirkungen sind prozessrelevant und nicht sicherheitsrelevant. Wird das Eindringen von kleinen Mengen an Luft unterstellt ist nicht mit der Bildung einer gefährlichen explosionsfähige Atmosphäre zu rechnen.
- (5) Wartungsarbeiten:
Bei Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen kann es zu Freisetzung von Ammoniak kommen, wodurch sich eine explosionsfähige Atmosphäre bilden kann. Mögliche Szenarien sind das Demontieren von Rohrleitungen und Ventilen. Im Rahmen von Gefährdungsbeurteilungen werden Gefährdungen berücksichtigt und geeignete Schutzmaßnahmen festgelegt. Maßnahmen sind die Abschaltung und Vermeidung von Zündquellen (spannungsfreischalten von elektrischen Betriebsmitteln ohne ATEX-Zulassung), die Sicherstellung einer geeigneten Belüftung und die Verwendung geeigneter persönlicher Schutzausrüstung. Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen werden nur von geschultem Fachpersonal durchgeführt. Bei diesen Tätigkeiten muss nach TRAS 110 eine zweite unterwiesene Person mit Sichtkontakt anwesend sein, um bei Notfällen eingreifen zu können. Für die Wartungsarbeiten werden nur geeignete Werkzeuge verwendet, die keine Zündquelle darstellen.

Weitere Maßnahmen

- Ammoniak darf nicht über Entlüftungseinrichtungen oder Abblaseleitungen in Versammlungsräume gelangen

5.3.3 Schutzkonzept der Biogasanlage

Im Folgenden werden fünf identifizierte Szenarien beschrieben, welche potenziell bei Biogas-Anlagen zur Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre führen können:

- (1) Leckagen an Flanschverbindungen oder Ventilen:
Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre durch Leckagen oder Undichtigkeiten und Austritt von Bio- oder Hydrolysegas aus Flanschverbindungen oder Ventilen.

Als primäre Maßnahme werden alle gasbeaufschlagten Anlagenteile, soweit es nach dem Stand der Technik umgesetzt werden kann, als auf Dauer technisch dicht ausgeführt. Mindestens wird eine technische Dichtheit umgesetzt. Bei technischer Dichtheit wird nach Bedarf eine technische Lüftungseinrichtung oder Inertisierung als weitere Schutzmaßnahme angewendet (bspw. in Maschinenräumen). Dichtungen an Wanddurchdringungen für Substrat- oder Gärrestleitungen und -anschlüsse werden, wie in TRAS 120 beschrieben, gegen Herausrutschen gesichert und im Rahmen der Eigenüberwachung kontrolliert.

Nach TRAS 120 ist die Dichtheit aller gasbeaufschlagten Anlagenteile, sowie die Funktionsfähigkeit von Absperrarmaturen durch eine befähigte Person vor Inbetriebnahme und wiederkehrend mindestens alle drei Jahre zu prüfen und zu bewerten, falls keine ständige Überwachung erfolgt. Bei konstruktiv auf Dauer technisch dichten Anlagenteilen kann die wiederkehrende Dichtheitsprüfung nach zwölf Jahren erfolgen.

- (2) Austritt von Biogas an Verdichtern im Maschinenraum:
Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre durch Leckagen oder Undichtheiten und Austritt von Biogas aus Verdichtern oder weiterer Anlagenteile im Maschinenraum.

Maschinenräume werden mit einer ausreichenden technischen Lüftung versehen, um eine explosionsfähige Atmosphäre zu verhindern. Außerdem werden Maschinenräume mit einer Gaswarnanlage und Rauchmeldern ausgestattet. Bei einem Alarm wird das verantwortliche Betriebspersonal benachrichtigt. Bis zur ersten automatischen Sicherheitsabsperrarmatur sind alle Verbindungen als auf Dauer technisch dicht ausgeführt. Die Gaswarnanlage wird zweistufig ausgeführt. Bei Erreichen der ersten Alarmschwelle wird die technische Lüftung auf maximale Leistung geschaltet. Bei Erreichen der zweiten Alarmschwelle werden die Sicherheitsabsperrarmaturen geschlossen und alle Verdichter und weitere Anlagenteile im Maschinenraum ausgeschaltet. Bei Brandalarm werden die technische Lüftung ausgeschaltet und die Sicherheitsabsperrarmaturen geschlossen. Als sekundäre Maßnahme wird der Verdichter für Biogas mindestens in Gerätekategorie 3 im Sinne der Richtlinie 2014/34/EU ausgeführt.

- (3) Austritt von Biogas aus Sicherheitsventilen oder Atmungsarmaturen:
Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre außerhalb der Biogasanlage durch Ansprechen von Sicherheitsventilen oder Atmungsarmaturen.

Für den Bereich um Sicherheitsventile und Atmungsarmaturen werden Zonen festgelegt, durch welche spezifische Schutzmaßnahmen und

Geräteanforderungen innerhalb der Zonen festgelegt werden. Unmittelbar um die Sicherheitsventile und Atmungsarmaturen wird eine Zone 1 festgelegt. Hier ist gelegentlich mit einer explosionsfähigen Atmosphäre zu rechnen. Im weiteren Abstand wird eine Zone 2 festgelegt. Hier ist selten und kurzfristig mit einer explosionsfähigen Atmosphäre zu rechnen. Innerhalb der Zone 1 dürfen nur Geräte in Gerätekategorie 2 im Sinne der Richtlinie 2014/34/EU aufgestellt und betrieben werden. Für die Zone 2 gilt Gerätekategorie 3 im Sinne der Richtlinie 2014/34/EU. In den Abblaseleitungen der Sicherheitsventile und Atmungsarmaturen wird eine Zone 1 festgelegt.

Nach TRAS 120 ist, bevor es zu dem Ansprechen einer Überdrucksicherung (Sicherheitsventil oder Atmungsarmatur) kommt, eine zusätzliche Gasverbrauchseinrichtung hinzu zu schalten. Diese soll das Ansprechen der Überdrucksicherung verhindern oder soweit wie möglich minimieren. Unzulässiger Unter- und Überdruck in den Fermentern werden durch Atmungsarmaturen verhindert, welche einen Druck zwischen -10 und 40 mbarg in den Fermentern zulassen.

- (4) Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten an gasführenden Teilen:
Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre außerhalb und innerhalb der Biogasanlage oder Teilen der Biogasanlage durch Öffnen von Anlagenteilen im Rahmen von Wartungs- oder Instandhaltungsarbeiten.

Nach TRAS 120 ist die Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre und die Emission von Biogas durch das Öffnen bei Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten zu vermeiden bzw. so weit wie möglich zu reduzieren.

Ohne vorherige Inertisierung ist durch das Öffnen von Anlagenteilen mit der Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre zu rechnen. Für Wartungs- und Inspektionsarbeiten, bei denen die Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre zu erwarten ist, werden Gefährdungsbeurteilungen durchgeführt. Im Rahmen von Gefährdungsbeurteilungen werden Gefährdungen berücksichtigt und geeignete Schutzmaßnahmen festgelegt. Maßnahmen sind die Abschaltung und Vermeidung von Zündquellen (spannungsfreischalten von elektrischen Betriebsmitteln ohne ATEX-Zulassung), die Sicherstellung einer geeigneten Belüftung und die Verwendung geeigneter persönlicher Schutzausrüstung. Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen werden nur von geschultem Fachpersonal durchgeführt.

- (5) Anfahren der Anlage bei Inbetriebnahme bzw. nach Instandhaltungsarbeiten:
Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre innerhalb der Fermenter durch Bildung von Biogas in luftgefülltem Fermenter.

Bei der Befüllung der Anlage wird der Fermenter zunächst mit Wasser gefüllt und der verbleibende Gasraum anschließend mit Stickstoff inertisiert. Der Inertisierungsprozess wird messtechnisch überwacht. Die Messtechnik zur Überwachung der Inertisierung ist in ausreichender Qualität auszuführen und wird abschließend im Explosionsschutzdokument bewertet. Nach erfolgreicher Inertisierung des Fermenters wird dieser befüllt und bei einem Überdruck von 30 mbar unter inerten Bedingungen betrieben. Durch den leichten Überdruck wird ein Eintrag von Sauerstoff in den Fermenter ausgeschlossen. Die Befüllung aus der Prozessanlage wird über einen Puffertank realisiert. Dieser ist mit einer Füllstandsüberwachung in ausreichender Verfügbarkeit ausgestattet. Bei der Befüllung wird über die Füllstandsüberwachung und einer Ansaugung unterhalb des Flüssigkeitsspiegels im Puffertank sichergestellt, dass ausschließlich flüssiges Gärmaterial in den Fermenter gelangt und der Eintrag von Sauerstoff in den Fermenter sicher ausgeschlossen wird.

Ergänzungen: Szenarien zur Bewertung im Explosionsschutzdokument

Die folgenden Szenarien wurden im Rahmen einer What-If-Analyse identifiziert und werden abschließend im Explosionsschutzdokument bewertet.

Vorläufige Bewertungen zur What-If-Analyse:

- Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre durch größere Zufuhr von Biogas in Mixtank oder Pasteurisationstank. Zur Vermeidung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre werden die Reste des Biogases aus den Tanks in die Luft-Nachbehandlung (Air-treatment) abgeführt.
- Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre durch Eintritt von Sauerstoff in die Fermenter. Die in den Fermentern eingebauten Sensoren sind nach ATEX zugelassen.

5.4 Einteilung von Zonen

Ammoniak-Kälteanlagen:

Innerhalb des Kältekreislaufes wird keine Zone definiert. Für alle Abblaseleitungen von Sicherheitsventilen und um deren Auslass, die im Fall eines Ansprechens Ammoniak ausblasen, wird eine Zone 2 definiert. Für den Maschinenraum müssen keine Zonen nach Anhang I Nummer 1.7 GefStoffV definiert werden, wenn für die Anlagenteile der Stand der Technik (vgl. VDMA Einheitsblatt 24020 Teil 1 Nummer 6) eingehalten wird. Alle Geräte, die im Maschinenraum bei Austritt von Ammoniak und Überschreiten der Grenzwerte nach TRAS 110 über die Gaswarnanlage nicht spannungsfrei geschaltet werden, werden im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung bewertet und in der benötigten Gerätekategorie im Sinne der ATEX-Richtlinie 2014/34/EU ausgeführt. Für den restlichen Teil der Anlage mit Wärmetauschern müssen keine Zonen definiert werden. Das Auftreten einer Zone wird durch auf

Dauer technisch Dichte Flanschverbindungen verhindert. Außerdem wird der Austritt von Ammoniak durch eine Gaswarnanlage erkannt, um Schutzmaßnahmen einzuleiten. Zusätzlich werden die Sichtprüfungen nach TRAS 110 durchgeführt.

Biogasanlage:

In den Abblaseleitungen der Sicherheitsventile und Atmungsarmaturen wird eine Zone 1 festgelegt. Unmittelbar um die Auslässe der Abblaseleitungen von Sicherheitsventilen und Atmungsarmaturen wird eine Zone 1 festgelegt. Hier ist gelegentlich mit einer explosionsfähigen Atmosphäre zu rechnen. Im weiteren Abstand wird eine Zone 2 festgelegt. In Fermentern und Reaktoren wird mindestens eine Zone 2 festgelegt, da durch die Atmungsarmaturen Luft in die Behälter gezogen werden kann. Falls im Maschinenraum nicht alle Anlagenteile als auf Dauer technisch dicht ausgelegt werden können, wird mindestens eine Zone 2 definiert. Alle Verbindungen außerhalb des Maschinenraumes werden soweit technisch möglich als auf Dauer technisch dicht ausgeführt. Um alle Verbindungen, die als technisch dicht ausgeführt werden, wird eine Zone 2 definiert.

6 Literaturverzeichnis

- [1] Gutachten „Gutachten zur Ermittlung angemessener Sicherheitsabstände im Sinne des § 3 Abs. 5c BImSchG für die Errichtung einer Anlage zur Verarbeitung von Kartoffeln am Standort Mehrum“, Bericht 2024_R01613, CSE-Engineering Services GmbH
- [2] GESTIS-Stoffdatenbank: „Methan“, online verfügbar unter <https://gestis.dguv.de/data?name=010000>, Zugriff am 21.10.2024
- [3] GESTIS-Stoffdatenbank: „Ammoniak“, online verfügbar unter <https://gestis.dguv.de/data?name=001100>, Zugriff am 21.10.2024
- [4] Newcold; Concept Ammonia – NH₃; Refrigeration installation; PROJECT: Highbay storage project Hannover; PROJECT NUMBER: HN01; Dateiname: HN01-Concept Ammonia - NH₃ refrigeration installation.
- [5] Seward Refrigeration Ltd.; Ref No 1, 08/10/2024 THE PROVISIONAL P&ID; Fließbild der Kälteanlage; Dateiname: P&ID WITH AFE FREEZERS 06.07.2024.
- [6] Seward Refrigeration Ltd.; AMMONIA REFRIGERATION SYSTEM DESCRIPTION; Beschreibung der Kälteanlage; Dateiname: AMMONIA PLANT BRIEF DESCRIPTION 04.10.2024.
- [7] Seward Refrigeration Ltd.; Dateiname: LINE 2 AMMONIA DETECTION SCHEMATIC; Dateiname: AMMONIA DETECTION SYSTEM.
- [8] D2O -design2operate; High level process description; McCain Project October, Waste Water Treatment; Revision: 08.10.2024; Dateiname: High level process description WWTP.incl RB remarksV2.
- [9] D2O -design2operate; Block Diagram; McCain Project October, Waste Water Treatment; Dateiname: 24P03-513 Block Diagram Project October Rev1.3.
- [10] D2O -design2operate; P&ID; McCain Project October, Waste Water Treatment; Dateiname: 24P03-514 P&ID WWTP McCain October rev 0.5.