

Zbynek Suchy

Fachkraft für Explosionsschutz / Sachverständiger für Explosionsschutz
Fachkraft für Arbeitssicherheit / Sachverständiger für Arbeitssicherheit
Brandschutzbeauftragter

Mobile +49 160 915 840 34
zbynek.suchy@bad-gmbh.de
<http://www.bad-gmbh.de>

Bericht zur Feststellung und Beurteilung von Explosionsgefährdungen („Gutachterliche Stellungnahme Explosionsschutz“)

Für das Bauprojekt

Aufstellung einer Ammoniak-Wärmepumpe im Rahmen des Forschungsvorhabens „AQVA HEAT“ Friedensstraße 17 02763 Zittau

Auftraggeber: Hochschule Zittau / Görlitz
Theodor-Körner Allee 16
02763 Zittau

Bericht Nr.: SN_EX_21-24_SUC_HSZG

Zeichen des Erstellers: SUC

erstellt am 12. Oktober 2024
ergänzt am 11. November 2024



Zbynek Suchy
B·A·D Gesundheitsvorsorge und Sicherheitstechnik GmbH
Kompetenzfeld Explosionsschutz
Leopoldstr.175, 80804 München, Deutschland

Inhaltsverzeichnis

1	AUFGABENSTELLUNG UND AUSFÜHRUNG.....	3
2	ALLGEMEINE ANGABEN ZU DEN ANLAGEN UND VERFAHREN	3
2.1	Allgemeines	3
2.2	Explosionstechnische Grundsätze	3
2.3	Beschreibung der Betriebsbereiche	4
2.4	Angaben zu den eingesetzten gefährlichen Stoffen.....	4
3	BEURTEILUNG DER EXPLOSIONSGEFAHREN	5
3.1	Gefahrenanalyse	5
3.1.1	Relevante Gefahrenquellen.....	6
3.1.2	Beurteilung der möglichen Freisetzungsquellen	6
3.1.3	Beurteilung der Dichtheit der Geräte, Anlagen und Anlagenkomponenten	6
3.1.4	Grundlagen der Zoneneinteilung.....	7
3.2	Schutzmaßnahmen zur Vermeidung von Explosionen	10
3.2.1	Maßnahmen zur Vermeidung oder Einschränkung des Entstehens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre	11
3.2.2	Überwachung der Lüftung als Sicherheits- und Schutzmaßnahme	12
3.2.3	Maßnahmen zur Vermeidung von Zündquellen (der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre)	13
3.3	Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken.....	16
3.4	Organisatorische Maßnahmen - Maßnahmen, zur Sicherstellung des „Normalbetriebes“	16
3.4.1	Aufgaben und Verantwortung der Führungskräfte	16
3.4.2	Koordination und Arbeitsfreigabesystem.....	17
3.4.3	Unterweisung und Schulung	17
3.4.4	Prüfung und Kennzeichnung von Betriebsmitteln, bzw. Bereichen.....	18
3.4.5	Kennzeichnung von Ex-Bereichen und Betriebsmitteln	18
3.4.6	Wartung und Instandhaltung	18
3.4.7	Signalisation von Gefahrenzuständen.....	19
3.4.8	Anforderungen an die Zuverlässigkeit der Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen (Funktionale Sicherheit)	19
3.4.9	Beherrschung von „Betriebsbedingten Störungen“ und Havarien.....	19
3.4.10	Persönliche Schutzausrüstung im Ex-Schutz.....	19
3.5	Arbeits- und Brandschutz	19
3.5.1	Ex-Dokumentation.....	20
3.6	Cybersicherheit / Informationssicherheit	20
4	ZUSAMMENFASSUNG.....	21
5	BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN	22

1 Aufgabenstellung und Ausführung

Die Grundlagen für die zu erarbeitende Gutachterliche Stellungnahme zum Explosionsschutz bilden in erster Linie die vorliegenden Planungsunterlagen, die zum Zeitpunkt der Erstellung am 12.10.2024 vorlagen. Die genaue Beschreibung des Bauvorhabens geht aus den Bauunterlagen hervor.

Bei der Betrachtung der Unterlagen für die Einbeziehung in die „Gutachterliche Stellungnahme zum Explosionsschutz“ wurden sowohl die Plausibilität der geplanten Schutzmaßnahmen wie auch deren Umsetzung geprüft und bewertet.

Im nachfolgenden Dokument werden die vorliegenden schriftlichen Unterlagen/Dokumente, die Ist-Situation der getroffenen Schutz- und Sicherheitsmaßnahmen (z.B. an Geräten und Anlagen, an den vorherrschenden Prozessabläufen und den organisatorischen Maßnahmen), gesondert betrachtet. Dort wo es erforderlich ist, werden Empfehlungen ausgesprochen und "Grün" dargestellt.

In die Bewertung der Ist-Situation des Planungsstandes des Vorhabens wird das von den geltenden Vorschriften vorgegebene Schutzziel als „Sollvorgabe“ angenommen und z.B. alle umgesetzten Schutz- und Sicherheitsmaßnahmen daran gemessen.

2 Allgemeine Angaben zu den Anlagen und Verfahren

2.1 Allgemeines

Am Standort der Stadtwerke Zittau soll im bestehenden Gebäude MHKW eine Ammoniak-Wärmepumpe im Rahmen des Forschungsvorhabens „AQVA HEAT“ der Hochschule Zittau / Görlitz aufgestellt werden.

In der geplanten Halle soll eine zusätzliche Einhausung für die Wärmepumpe erstellt werden, in der eine Ammoniak-Wärmepumpe (Kältemittelmenge ca. 65kg) betrieben wird.

In dem Raum und in der Anlage kommt zukünftig Ammoniak, das als entzündbares Gas eingestuft ist und bei Erwärmung explodieren kann. Konkret wird hier mit brennbaren und giftigen Gasen umgegangen. Dabei werden als Ausgangsstoff nur industriell hergestellte Stoffe für die einzelnen Verfahren oder Arbeitsschritte eingesetzt.

Die Grundlagen für die zu erarbeitende sicherheitstechnische Stellungnahme zum Explosionsschutz bilden in erster Linie die vorliegenden Planungsunterlagen.

2.2 Explosionstechnische Grundsätze

In der geplanten Einhausung ist durch den Umgang mit brennbaren Stoffen mit der Entstehung einer explosionsfähigen Atmosphäre und somit auch von Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre durch ein Lösemitteldampf-Luft-Gemisch und ein Gas-Luft-Gemisch zu rechnen.

In dem neu geplanten Bereich in dem brennbaren Stoffe zum Einsatz kommen, kann es im Havariefall dazu kommen, dass durch das Freisetzen von brennbaren Gasen ein explosionsfähiges Gemisch (ein Gemisch zwischen „Untere Explosionsgrenze“ UEG und „Obere Explosionsgrenze“ OEG) entsteht.

Bei gleichzeitigem Vorhandensein und Wirksamwerden einer Zündquelle würde dann eine Verbrennung ablaufen, die als Verpuffung oder als Explosion einzustufen ist.

Die Häufigkeit und die mögliche Dauer des Vorhandenseins einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre bestimmt die Ex-Zoneneinstufung.

Im Sinne der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) § 6 Abs. 8 und Anhang 1 Nr. 1.7 handelt es sich - zumindest in Teilbereichen um Geräte oder Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen, und somit in der Gesamtheit um eine Anlage, bei der eine Gefahrenbewertung und Gefährdungsbeurteilung auf Grundlage des §§ 3 und 6 GefStoffV erfolgen muss.

Arbeitsmittel (Geräte, Anlagenkomponenten, Anlagen) in diesen Bereichen müssen im Sinne des § 5 BetrSichV sicher sein und entsprechend dem Stand der Technik errichtet und betrieben werden.

Die wesentlichen Sicherheitsaspekte werden nachfolgend kurz dargestellt.

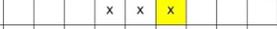
2.3 Beschreibung der Betriebsbereiche

Die Betriebsbeschreibung der neu zu errichtenden Anlagen liegen den Antragsunterlagen bei. Sie werden im Gutachten nicht weiter erläutert, bilden aber die Grundlage für die Sicherheitsbetrachtung.

2.4 Angaben zu den eingesetzten gefährlichen Stoffen

Im täglichen Forschungsprozess (Normalbetrieb) werden nur industriell hergestellte Gefahrstoffe eingesetzt. Für die Betrachtung zum Explosionsschutz gemäß BetrSichV kann es dabei in erster Linie um Stoffe mit verschiedenen Gefahrstoffeigenschaften gehen die in einem Gefahrstoffkataster aufgezählt werden müssen.

Folgende Gefahrstoffeigenschaften wären nach aktueller Betrachtung möglich:

Gefahrstoffbezeichnung	chemische Formel	Konzentration / Reinheit	Dichte (Luft = 1) bei 15 °C [kg/m ³ / g/cm ³]	Median in µm	UEG bei 20°C und 1,013 bar	OEG bei 20°C und 1,013 bar	Stadepunkt	Flammpunkt	Zündtemperatur (ZT)	Glimmtemperatur (GT) bei 5mm	Mindestzündenergie (MZE)	Grenzsapfweite	Max. Explosionsdruck (überdruck p _{max})	Max. zulässiger Druckanstieg (KSt-Wert)	Staubexplosionsklasse	Explosionsgruppe	Temperaturklasse	GefahrenEinstufung nach Sicherheitsdatenblatt									
					[Vol.-%]	[Vol.-%]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[mJ]	[mm]	[bar]	[g/m ³]	[bar m/s]	[ST]	[ST]										
Ammoniak R717 wasserfrei	NH ₃ / H ₃ N		0,7198 kg/		15,4	33,6	-33,35	64	630		14	3,18	6,9			IIA	T1										

Die auszuführenden Tätigkeiten und die geplanten Arbeitsverfahren werden in der Regel bei folgenden Umgebungsbedingungen durchgeführt:

- Umgebungstemperatur: - 20°C bis +60°C
- Luftdruck: 0,8 bis 1,1bar
- Sauerstoffkonzentration in der Luft: ca. 21%

Aus der allgemeinen Übersicht (Kennzeichnung explosionsgeschützter Betriebsmittel nach ATEX 2014/34/EU) der zur Anwendung kommenden brennbaren flüssigen, gasförmigen Stoffen sind für die jeweilig festgelegten Ex-Zonen, insbesondere für die Auslegung der Komponenten die Mindestbedingungen (z.B. für Sensoren) einzuhalten.

- Gerätekategorie: II 2 G (für Gas, Dampf oder Nebel)
- Explosionsgruppe: IIB (für Lösemitteldämpfe und Gase)
- Temperaturklasse: T1 (Bei T3/T4 deckt man die meisten Stoffe ab)
- Geräteschutzniveau: Gb (für Gas, Dampf oder Nebel)

- max. Oberflächentemperatur: T1 >450 °C (z.B. max. Oberflächen oder Prozesstemperatur)
- Anforderung an Beleuchtung: FF oder D (Leuchten mit reduzierter Oberflächentemperatur)
- Funktionale Sicherheit (SIL): SIL 1 (für die Ex-Zone 2)
(Erklärung siehe unten) SIL 2 (für die Ex-Zone 1)
SIL 2 (grundsätzlich für Steuerungen SPS)

Performance Level - PL nach EN ISO 13849-1	Sicherheits-Integritätslevel - SIL nach EN/IEC 62061
Der Performance Level (PL) ist in der DIN EN ISO 13849-1 definiert. Über den PL wird die Fähigkeit von sicherheitsbezogenen Teilen einer Steuerung beschrieben, eine Sicherheitsfunktion unter vorhersehbaren Bedingungen auszuführen. In die Betrachtung werden die sowohl quantitative als auch qualitative Aspekte einbezogen. Die PL-Abstufungen reichen von a (geringster Level) bis e (höchster Level). Sie geben die durchschnittliche Wahrscheinlichkeit eines gefährlichen Ausfalls je Stunde an (probability of dangerous failure per hour – PFHd).	Das sogenannte Sicherheits-Integritätslevel wird in der DIN EN 61508 und EN 62061 beschrieben. Beim SIL handelt es sich um einen Wert, der ermittelt wird und einen Gradmesser für sicherheitsgerichtete Zuverlässigkeit darstellt. Der Anwendungsbereich beider Normen beschränkt sich auf elektrische, elektronische und programmierbare elektronische Systeme. Die SIL-Abstufungen gehen von SIL 1 (geringster Level) bis SIL 3 (höchster Level).

Die bei der Verwendung/Entstehung von bisher nicht bekannten/verwendeten brennbaren Stoffen einzuhaltenden Sicherheitsanforderungen an die Arbeitsmittel und die betreffenden Arbeitsbereiche sind je nach Art des eingesetzten Stoffes dem jeweiligen Sicherheitsdatenblatt zu entnehmen. Sie müssen ggf. angepasst werden.

Ein Gefahrstoffkataster ist für alle eingesetzten Gefahrstoffe zu erstellen.

3 Beurteilung der Explosionsgefahren

3.1 Gefahrenanalyse

Zur Beurteilung möglicher Explosionsgefahren wurden die vorhandenen Unterlagen hinsichtlich entsprechender Explosionsgefahren durchgearbeitet und abschließend bewertet.

Die Ergebnisse dieser Betrachtung sind im Folgenden zu den verschiedenen Geräten, Anlagen oder Bereichen zusammengefasst.

Im Ergebnis der Beurteilung der Ausgangssituation ist das Auftreten einer **gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre (geA)** für das Innere und für die Umgebung der betroffenen Arbeitsbereiche, Arbeitsmittel oder Anlagen zu beurteilen.

Bei der Beurteilung der Explosionsgefahr ist davon auszugehen, dass eine Entzündung eventuell vorhandener explosionsfähiger Atmosphäre stets möglich ist.

Die Ermittlung von Ex-Zonen ist dabei unabhängig von der Frage, ob Zündquellen vorhanden sind oder nicht, durchzuführen.

Per Definition in der Gefahrstoffverordnung kann sich durch vorgenannte Stoffe eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre und damit ein gefährliches explosionsfähiges Gemisch bilden. Ein für das Zustandekommen einer explosionsfähigen Atmosphäre ausreichender Dispersionsgrad ist naturgemäß gegeben.

Eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre (**geA**) liegt dann vor, wenn im Falle der Entzündung die Sicherheit und Gesundheit der im unmittelbaren Umfeld tätigen Mitarbeiter des Unternehmens, bzw. Dritte gefährdet sind und beeinträchtigt werden kann.

3.1.1 Relevante Gefahrenquellen

Zu den relevanten Gefahrenquellen die in diesem Zusammenhang zu betrachten und zu bewerten sind gehören:

- Gefahrenquellen durch den Einsatz von Geräten und Anlagen oder deren Komponenten (z.B. mechanisches Versagen, Undichtheiten, Störungen im Prozessablauf, menschliches Fehlverhalten),
- Übergreifende Gefahren (durch Gefahren aus anderen Bereichen hervorgerufen, die mit den betrachteten Bereichen z.B. über Rohrleitungen in konstruktiver Verbindung stehen),
- Eingriffe Unbefugter (z.B. durch unzureichende Be- und Überwachung der Bereiche oder unzureichende Einweisung Institutsfremder),

3.1.2 Beurteilung der möglichen Freisetzungsquellen

Die möglichen Freisetzungsquellen werden gemäß der **DIN EN 60079-10-1** nach dem Grad der Freisetzung, der Häufigkeit und der Dauer eingeteilt:

ständiger Freisetzungsgrad

- Freisetzung, die ständig erfolgt oder von der erwartet wird, dass sie häufig oder langfristig auftritt.

primärer Freisetzungsgrad

- Freisetzung, von der erwartet wird, dass sie periodisch oder gelegentlich bei Normalbetrieb auftritt.

sekundärer Freisetzungsgrad

- Freisetzung, von der nicht erwarten wird, dass sie im Normalbetrieb auftritt, und wenn sie auftritt, dann auch nur selten und kurzfristig.

Zur Beurteilung der Gesamtsituation einer möglichen Freisetzung von brennbaren Stoffen ist darüber hinaus auch die Bauweise der Anlage, der Geräte und der Anlagenkomponenten in Bezug auf deren Dichtheit mit zu betrachten.

3.1.3 Beurteilung der Dichtheit der Geräte, Anlagen und Anlagenkomponenten

Gemäß der TRGS 722 gehören zu den Explosionsschutzmaßnahmen, die gefährliche explosionsfähige Atmosphäre verhindern oder einschränken, unter anderem (Zitat):

Die Bildung von gefährlichen explosionsfähigen Gemischen innerhalb und außerhalb von Anlagenteilen kann durch die Dichtheit des Anlagenteils verhindert oder eingeschränkt werden.

Bei der Konstruktion von Anlagenteilen für die Handhabung mit brennbaren Gasen und Flüssigkeiten sind die Werkstoffe so auszuwählen, dass sie den zu erwartenden mechanischen, thermischen und chemischen Beanspruchungen standhalten. Gefahren durch abrasive Beanspruchung sind zu berücksichtigen. Gefahren durch Reaktionen des Wandmaterials mit den brennbaren Gefahrstoffen sind auszuschließen. Grundsätzlich ist die „Dichtheit“ der Geräte, der Anlagen oder einzelner Anlagenkomponenten von der Art des verwendeten Materials und deren Verarbeitung abhängig.

Auf Dauer technisch dichte Anlagenteile:

Anlagenteile können dann als „auf Dauer technisch dicht“ angesehen werden, wenn

- diese so ausgeführt sind, dass sie auf Grund ihrer technischen Konstruktion dicht bleiben oder
- ihre technische Dichtheit durch regelmäßige Wartung und Überwachung ständig gewährleistet wird.

Anlagenteile, die als auf Dauer technisch dicht gelten, verursachen in ihrer unmittelbaren Umgebung während des Normalbetriebes keine Freisetzung brennbarer Flüssigkeiten/ Dämpfe und demzufolge auch kein explosionsgefährliches Gemisch. Die Bildung von Ex-Zonen wird dadurch verhindert.

Technisch dichte Anlagenteile:

Als technisch dicht gelten alle Anlagenteile, bei denen nur selten Stofffreisetzungen auftreten und für die gegebenenfalls im unmittelbaren Nahbereich eine Zone festgelegt werden muss.

Anlagenteile gelten auch dann als technisch dicht, wenn bei einer für den Anwendungsfall geeigneten Dichtheitsprüfung oder -kontrolle eine Undichtheit bzw. Produktaustritt nicht erkennbar ist (z.B. für Dämpfe mit schaubildenden Mitteln oder mit Leck Suchgeräten).

Betriebsbedingter Austritte brennbarer Gefahrstoffe:

Außerhalb von Anlagenteilen, die weder auf Dauer technisch dicht noch technisch dicht sind, ist mit der Bildung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre durch betriebsbedingten Austritt brennbarer Flüssigkeiten, Gase oder Dämpfe zu rechnen.

Bei den zur Anwendung kommenden Maschinen, Geräten, Anlagen oder Anlagenkomponenten kann bei bestimmungsgemäßer Anwendung, regelmäßigen Prüfung, Wartung und Instandsetzung davon ausgegangen werden, dass sie als "technisch dicht" einzustufen sind. Je nach vorliegenden Verhältnissen vor Ort kann die Einstufung von Bereichen oder Teilbereichen in eine Ex-Zone erforderlich sein.

In den geplanten Bereichen trifft das vor allem auf die mögliche Sonderabluft an der Anlage in der Einhausung zu.

3.1.4 Grundlagen der Zoneneinteilung

Die in den verschiedenen Bereichen zum Einsatz kommenden Stoffe sind wie schon dargestellt, zum Teil in der Lage explosionsfähige Luft-Gemische zu bilden. Folglich muss nach GefStoffV eine Klassifikation der gefährdeten Bereiche in Bezug auf die Wahrscheinlichkeit der Ausbildung von explosionsfähigen Atmosphären durchgeführt werden.

Die Zoneneinteilung liegt gemäß der GefStoffV in der Verantwortlichkeit des Betreibers.

3.1.4.1 Betrachtung der Ex-Zonen

Nachfolgend wird entsprechend GefStoffV § 6 Abs. 9 und Anhang 1 Nr. 1.7, bzw. der TRGS 720 für die Bereiche bewertet, mit welcher Wahrscheinlichkeit eine explosionsfähige Atmosphäre gebildet werden kann. Dazu wurden die verschiedenen Anlagenteile bewertet und, wenn erforderlich, in Ex-Zonen eingeteilt. Dabei werden die Empfehlungen und die Festlegungen aus entsprechenden technischen Regeln bzw. Unterlagen der zuständigen Berufsgenossenschaft berücksichtigt.

In Ergebnis werden die gefährdeten Geräte, Anlagen, Anlagenkomponenten und Betriebsbereiche wie folgt eingestuft:

Zone	Vorhandensein einer explosionsfähigen Atmosphäre
0	kennzeichnet Bereiche, in denen explosionsfähige Atmosphäre als ständig oder überwiegend vorhanden vorausgesetzt werden muss
1	kommt es im Normalbetrieb gelegentlich zu explosionsfähiger Atmosphäre kommen. Dies tritt jedoch in unregelmäßigen Zeitabständen oder mit eingeschränkter Wahrscheinlichkeit auf, so dass nicht zwingend zu jedem Zeitpunkt damit gerechnet werden muss.
2	kommt es im Normalbetrieb nicht zu explosionsfähigen Gemischen. Hier sind in der Regel störungsbedingte Zustände zu beachten. Treten entsprechende Störungen aber zu häufig auf oder halten solche Störungen zu lange an (z.B. unerkannte Störung oder mangelhafte Gegenmaßnahme bei der Störung), so ist eine höherwertige Einstufung erforderlich.

Definition Betriebszustände nach TRGS 720: Normalbetrieb / Havariefall

Betriebszustände (TRGS 720)		
Normalbetrieb	Der Begriff „Normalbetrieb“ wird im Zusammenhang mit der Definition von Zone 1, Zone 2, Zone 21 und Zone 22 verwendet. Normalbetrieb ist der Zustand, in dem die Arbeitsmittel oder Anlagen und deren Einrichtungen innerhalb ihrer Auslegungsparameter benutzt oder betrieben werden. Da diese Definition relativ allgemein ist, muss sie von der Unternehmensleitung konkretisiert werden.	Zum Normalbetrieb gehören in der Regel auch: - Das Anfahren und Abfahren von Anlagen. - Die Freisetzung bei betriebsüblichen Störungen, - Die regelmäßig wiederkehrende Reinigung von Anlagen, die zum laufenden Betrieb erforderlich ist. - Tätigkeiten wie häufige bzw. gelegentliche Inspektion, Wartung und gegebenenfalls Überprüfung. - Die Freisetzung geringer Mengen brennbarer Stoffe (z. B. aus Dichtungen, deren Wirkung auf der Benetzung durch die geförderte Flüssigkeit beruht).
Havariefall	Störungen (z. B. Versagen von Dichtungen, von Pumpen oder Flanschen oder die Freisetzung von Stoffen infolge von Unfällen), die z. B. Instandsetzung oder Abschaltung erfordern, werden nicht als Normalbetrieb angesehen.	Außerhalb des Normalbetriebs gibt es besondere und seltene Vorgänge und Tätigkeiten, die bei der Zoneneinteilung nicht berücksichtigt werden müssen, die jedoch Explosionsschutzmaßnahmen erfordern. Solche Vorgänge und Tätigkeiten können z. B. sein: - Das einmalige Durchlaufen eines explosionsfähigen Bereichs im Inneren eines Flüssiggas-Lagerbehälters während der erstmaligen Befüllung - Die Instandsetzung nach unplanmäßiger Abschaltung mit möglichem Auftreten einer explosionsfähigen Atmosphäre - Der Eingriff in eine technisch dichte oder auf Dauer technisch dichte Anlage mit möglichem Auftreten einer explosionsfähigen Atmosphäre - Seltene Instandsetzungs- und Wartungsmaßnahmen mit möglichem Auftreten einer explosionsfähigen Atmosphäre

3.1.4.2 Zoneneinteilung der produktberührten Anlagenteile/Bereiche

In der nachfolgenden Tabelle sind, die vom Bauvorhaben berührten, als Ex-Bereiche / Ex-Zonen eingestuft Arbeitsplätze, Arbeitsmittel oder -bereiche im Einzelnen dargestellt. Die hier vorgenommene Einstufung erfolgt nach den Ergebnissen der durchgeführten Gefährdungsbeurteilung und unter Beachtung der Angaben der geltenden Rechtsvorschriften.

Allgemeine Angaben zum Notluftsystem:

Die Abluftanlage bestehend aus, Wickelfalzrohr Stahlblech DN200, BSK, motorisch Dicht schließender Klappe, Filterbox, Ex.- geschützter Ventilator (Vmax 800 m³/h), Rohrleitung/ Kanal wird über Dach geführt und frei ausgeblasen.

Zuluftanlage bestehend aus, Wickelfalzrohr Stahlblech DN200, BSK, Rohrventilator (Vmax 800m³/h), Außenluftfilter (Filterbox), motorisch Dicht schließender Klappe, Wetterschutzgitter.

Bezeichnung	Kriterien	Ex- Zone
Einhausung	In der Einhausung wird die Wärmepumpe aufgestellt. Die Einhausung wird technisch mit einem Notluftsystem abgesaugt und regelmäßig geprüft. Der Luftwechsel wird beim Angehen in das Notluftsystem während der Laufzeit (mit z.B. einem Durchflusswächter) überwacht.	Aus der Havariebetrachtung ist im Inneren der Einhausung die Zone 2 festgelegt
	Ausstattung der Einhausung mit einer GWA (Maßnahmen bei VA und HA)	Bei Meldung über die GWA <ul style="list-style-type: none"> - Einschalten der Abluft auf mind LWZ 10fach - Einschalten der Zuluft in der Halle - Abschaltung der Anlage - akustische/optische Signalfunktion in und außerhalb der Einhausung sowie vor der Eingangstür zur Halle
	Ausstattung der Einhausung mit einer Auffangwanne unter der Wärmepumpe mit einem Flüssigkeitsfühler bei einem möglichen Austritt von Ammoniak	Bis 1m über der Auffangwanne ist die Zone 2 festgelegt Bei Meldung über Flüssigkeitsfühler <ul style="list-style-type: none"> - Erhöhung der Abluft auf mind. LWZ 10fach (siehe auch Abluftleitung) - Abschaltung der Anlage - akustische/optische Signalfunktion in und außerhalb der Einhausung sowie vor der Eingangstür zur Halle
	Ausstattung der Einhausung mit einer technischen Zu- und Abluft als Notluftsystem Beim Einschalten des Notluftsystems wird die Zu- und Abluft (mit z.B. einem Durchflusswächter) überwacht	Bei Ausfall der Lüfter oder nicht Erreichen der Abluftmenge <ul style="list-style-type: none"> - Abschaltung der Anlage - akustische/optische Signalfunktion in und außerhalb der Einhausung sowie vor der Eingangstür zur Halle
	Ausstattung mit einer BMA	Bei Meldung über die BMA <ul style="list-style-type: none"> - Abschaltung der Anlage - akustische/optische Signalfunktion in und außerhalb der Einhausung sowie vor der Eingangstür zur Halle

Abluftleitungen der Einhausung für flüssige und gasförmige brennbare Stoffe, sowie deren Ausblasöffnungen der Abluft über Dach	Sichere Abführung des explosionsgefährlichen Luftgemisches ins Freie, Rohrleitungen müssen dicht und mindestens schwer entflammbar und gegen die abgesaugten Stoffe resistent ausgelegt werden.	In den Rohrleitungen ist die Zone 2 festgelegt und 1,0 m kugelförmig um die Ausblasöffnungen die Zone 2
	für Laugen und Säuren = LWZ 100fach/h (ca. 100 bis 120 m³)	nur über Absorber, Filter oder Nachverbrennung abzuleiten Es muss geprüft werden ob mit einer hohen Abluftleistung keine Grenzwerte im äußeren Bereich überschritten werden oder ein Reinigungssystem in der Abluft verbaut werden muss
Wärmepumpe	Betrieb der Wärmepumpe mit Ammoniak R717 Laut Herstellerangaben ist die Wärmepumpe auf Dauer technisch dicht.	Beim Austritt von Ammoniak sind die Maßnahmen wie bei Einhausung beschrieben einzuleiten
	Befüllen der Wärmepumpe ist nur unter Vollast der Absaugung durchzuführen	In der näheren Umgebung 0,5 m Radius der Befüllung ist die Zone 1 festgelegt In weiteren Umgebung 1,0 m ist die Zone 2 festgelegt
Halle	In der Halle wird die Einhausung (Ammoniak-Wärmepumpe) und eine Wärmepumpe von Fraunhofer aufgestellt	Der Raum ist „ zonenfrei “
Untergeschoß	Aufstellung des Vakuum Flüssigkeitserzeuger	Der Raum ist „ zonenfrei “ Im Untergeschoß sollte aus Sicherheitsgründen ein O ₂ -Sensor aufgestellt werden Bei Unterschreitung der Sauerstoffwerte - akustische/optische Signalfunktion in und außerhalb der Halle sowie vor der Eingangstür zur Halle

3.2 Schutzmaßnahmen zur Vermeidung von Explosionen

Da, wie in den oberen Ausführungen schon dargestellt, das Auftreten einer explosionsfähigen Atmosphäre in den einzelnen Arbeitsbereichen nicht völlig vermieden werden kann, sind entsprechende primäre, sekundäre, tertiäre und organisatorische Maßnahmen vorzusehen und umzusetzen.

Die vorzusehenden Explosionsschutzmaßnahmen gliedern sich grundsätzlich in vorbeugende und auswirkungsbegrenzende Maßnahmen.

Als Grundsatz bei der Anwendung der einzelnen Schutzmaßnahmen gilt, dass die Verhinderung des Entstehens einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre und die Vermeidung von Zündquellen Vorrang vor einer Verringerung des Ausmaßes der Auswirkungen einer Explosion und auch vor organisatorischen Maßnahmen hat.

Vorbeugende Schutzmaßnahmen:

Durch entsprechende konstruktive Gestaltung der Geräte, der Anlagen und Anlagenkomponenten ist dabei grundsätzlich anzustreben, dass die Freisetzung von brennbaren Stoffen vermieden und somit die Entstehung von explosionsfähigen Atmosphären oder von explosionsgefährdeten Bereichen möglichst vermieden wird (Vermeidung der Bildung einer explosionsfähigen Atmosphäre).

Auf Grundlage der vorzunehmenden Zoneneinteilung sind darüber hinaus geeignete Schutzvorkehrungen zu treffen, um eine Entzündung explosionsfähiger Gemische durch die verschiedensten Zündquellen nach **TRGS 723** zu vermeiden.

Dies geschieht vorrangig durch den Einsatz von elektrischen und nicht elektrischen Betriebsmitteln, die so konzipiert sind, dass sie **nicht** als wirksame Zündquelle in Erscheinung treten (die eingesetzten Anlagenkomponenten entsprechen den Schutzanforderungen der jeweiligen Zone).

Auswirkungsbegrenzende Schutzmaßnahmen:

Sofern das Entstehen einer explosionsfähigen Atmosphäre und von wirksamen Zündquellen im Normalbetrieb organisatorisch oder technisch nicht ausreichend sicher vermieden werden können, müssen geeignete Schutzmaßnahmen zur Verringerung der Auswirkung von Explosionen auf ein, für die beteiligten Arbeitnehmer und Dritte, unbedenklich vertretbares Maß getroffen werden.

Geeignete Maßnahmen sind hier z.B. die explosionsfeste Bauweise von Geräten, die Anwendung der Explosionsdruckentlastung, die Explosionsunterdrückung oder die Explosionsschutz-entkopplung.

3.2.1 Maßnahmen zur Vermeidung oder Einschränkung des Entstehens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre

Zur Vermeidung einer Freisetzung von brennbaren Stoffen (insbesondere brennbaren Lösemittel-Dämpfen und Gase) werden im Projekt alle Geräte, Anlagen und Anlagenkomponenten, soweit es möglich ist, „auf Dauer technisch dicht“, zumindest aber „technisch dicht“ ausgelegt und nach den Vorgaben des Herstellers montiert. Zur Lagerung brennbarer Stoffe werden nur „dichte“ Behälter eingesetzt.

Die Dichtheit von Anlagen und Geräten muss vor der ersten Erprobung/Inbetriebnahme geprüft und kontrolliert werden.

Erreicht wird das z.B.

- durch die Verwendung technisch dichter Behältnisse,
- durch den Einsatz von Lüftung oder Absaugungen,
- Da wo es erforderlich ist, wird die Entstehung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre mit einer Gaswarnanlage überwacht und Anlagen gegebenenfalls bei Gefahr elektrisch freigeschaltet und die Räume mit einem 10-fachen LW abgesaugt werden.

Die geplanten Maßnahmen entsprechen den notwendigen Anforderungen

3.2.1.1 Zur Vermeidung der unkontrollierten Freisetzung

Die Vermeidung der unkontrollierten Freisetzung von brennbaren Stoffen (insbesondere von brennbaren Lösemittel-Dämpfen und brennbaren Gasen) wird in erster Linie auf die Dichtheit der Geräte und Anlagen, bzw. von Anlagenkomponenten geachtet. Dabei wird/werden:

- in der Einhausung alle Geräte, Anlagen und Anlagenkomponenten, soweit es möglich ist, „auf Dauer technisch dicht“, zumindest aber „technisch dicht“ ausgelegt und nach den Vorgaben des Herstellers montiert,
- die Anlagen und Geräte regelmäßig gewartet und instandgesetzt, die Dichtheit regelmäßig geprüft und kontrolliert wird.

Darüber hinaus werden Maßnahmen der technischen Lüftung gemäß den Vorgaben zur Verdünnung einer möglichen Ex-Atmosphäre zusätzlich als unterstützende Schutzmaßnahme umgesetzt.

3.2.2 Überwachung der Lüftung als Sicherheits- und Schutzmaßnahme

Die Überwachung muss entsprechend den geltenden Vorschriften dauerhaft während der Laufzeit erfolgen und ist nach zwei Möglichkeiten zu realisieren. So z.B. durch:

- die Überwachung der Konzentration der Ex-Atmosphäre, der Explosionsgrenzen, mit Gaswarnsensoren,
- Überwachung der Mindest-Luftleistung mit Volumenstromregler/ Differenzstromwächter

3.2.2.1 Überwachung der Konzentration der Ex-Atmosphäre, der Explosionsgrenzen, mit Gaswarnsensoren

Entsprechend den Anforderungen der **GefStoffV** sind austretende Gefahrstoffe unmittelbar am Entstehungsort zu erfassen. Zur Ermittlung ob an einem Arbeitsplatz oder in einem Bereich gefährliche explosionsfähige Atmosphäre vorhanden ist, sollten Gaswarnsensoren mit dazugehörigen Auswerteeinrichtungen verwendet werden. Über die jeweilige Gas-Warnanlage müssen beim Erreichen einer eingestellten Schwellwertgrenze (Konzentrationsgrenze) automatisch zusätzliche Schutzmaßnahmen aktiviert werden.

Für die Umsetzung der anstehenden Anforderungen aus den Vorschriften ist für den sicheren Betrieb sollten folgendes festgelegt werden:

Die erforderlichen Grenzwerte für den VA und für den HA sind wie folgt einzustellen:

Voralarm (VA) bei max. 10% der unteren Explosionsgrenze (UEG) des brennbaren Stoffes = automatisches Auslösen eines akustischen und optischen Signals im Raum/Bereich und vor dem Zugang, zusätzlich ein Signal an die Gebäudeleittechnik (GLT).

Hauptalarm (HA) bei max. 40% der unteren Explosionsgrenze (UEG) des brennbaren Stoffes = automatisches Auslösen eines akustischen und optischen Signals im Raum/Bereich und vor dem Zugang, zusätzlich automatisches abschalten der Anlage und erhöhen der Abluftleistung und ein Signal an die Gebäudeleittechnik (GLT).

Die Gas-Warnanlage muss nach den Vorschriften geprüft und zugelassen sein. Sie ist nach den Vorgaben der Hersteller mindestens jährlich zu prüfen und zu warten.

Die Auslegung der Sensoren muss der für den Bereich, der jeweiligen Ex-Zone entsprechend notwendiger Gerätekategorie, entsprechen.

Für die eingesetzten Gaswarnanlagen und die automatisch ausgelösten Sicherheitsmaßnahmen muss eine "Signalmatrix" erstellt und aktuell gehalten werden.

3.2.2.2 Überwachung der Mindest-Luftleistung mit Volumenstromregler/ Differenzstromwächter

Analog zur Überwachung der Lüftung mit Sensoren kann die Überwachung auch mit Volumenstromreglern oder Differenzstromwächter realisiert werden. Wie bei den Sensoren ist auch hier mit unterschiedlichen Signalen zu arbeiten. Festgelegt ist auch hier:

Voralarm (VA) bei min. 95% der vorgegebenen Soll-Luftmenge = automatisches Auslösen eines akustischen und optischen Signals im Raum/Bereich und vor dem Zugang, zusätzlich ein Signal an die Gebäudeleittechnik (GLT).

Hauptalarm (HA) bei min. 85% der vorgegebenen Soll-Luftmenge = automatisches Auslösen eines akustischen und optischen Signals im Raum/Bereich und vor dem Zugang, zusätzlich automatisches abschalten der Anlage und ein Signal an die Gebäudeleittechnik (GLT).

Die Volumenstromregler und Differenzstromwächter müssen der, für die jeweilige Ex-Zone notwendigen Gerätekategorie entsprechen und sind mindestens jährlich zu prüfen und zu warten und zu protokollieren.

Die zur Überwachung der Lüftung umgesetzten Maßnahmen sind noch vor der Erstinbetriebnahme der neuen Anlagen zu überprüfen und das Ergebnis in einem Protokoll festzuhalten.

3.2.3 Maßnahmen zur Vermeidung von Zündquellen (der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre)

3.2.3.1 Zündquellenbewertung - allgemein

Da explosionsfähige Gemische nicht vollständig vermieden werden können, sind zur Verhinderung von Explosionen wirksame Zündquellen mit ausreichender Sicherheit auszuschließen. Das bedeutet in jedem Fall, dass in den festgelegten Ex-Zonen nur Arbeitsmittel eingesetzt werden dürfen, die der jeweils erforderlichen Gerätekategorie entsprechen. Das ist unabhängig davon, ob sie in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden sollen oder ob in ihrem Inneren selbst eine Ex-Zone festgelegt wurde.

Gemäß der **TRGS 723** sind bei der Zündquellenbewertung folgende Zündquellen zu berücksichtigen:

Zündquellen gemäß TRGS 723 (können einzeln oder in Kombination auftreten)	
1	Heiße Oberflächen
2	Flammen und heiße Gase
3	Zündquellen durch mechanische Reib-, Schlag- und Abtrennvorgängen
4	Elektrische Anlagen
5	Elektrische Ausgleichsströme, kathodischer Korrosionsschutz
6	Statische Elektrizität
7	Blitzschlag
8	Elektromagnetische Felder im Bereich der Frequenzen von 9 kHz bis 300 GHz
9	Elektromagnetische Strahlung im Bereich der Frequenzen von 300 GHz bis 3000 THz bzw. Wellenlängen im Bereich von 1000 µm bis 0,1 µm (optischer Spektralbereich)
10	Ionisierende Strahlung
11	Ultraschall
12	Adiabatische Kompression, Stoßwellen, strömende Gase
13	Chemische Reaktionen

Zur Bewertung der verschiedenen Zündquellen müssen zusätzlich die „Sicherheitstechnischen Kenngrößen der Stoffe“ bekannt sein und mit beachtet werden.

Für die **Zone 0**

In Bereichen, in denen durch brennbare Gase, Dämpfe oder Nebeln ein gefährliches explosionsfähiges Gemisch (**g.e.G**) ständig, über lange Zeiträume oder häufig hervorgerufen werden kann, sind zusätzlich zu den für die Zone 1 erwähnten Fehlerzuständen auch die selten auftretenden Störungen / Havarien zu betrachten.

Da in diesen Bereichen die Zündquellenfreiheit grundsätzlich durchgehend gegeben sein muss, scheiden organisatorische Maßnahmen als alleinige Zündquellenvermeidung aus.

Als zusätzliche Schutzmaßnahme haben hier die organisatorischen Schutzmaßnahmen zur Vermeidung von Zündquellen wie Inspektion, Wartung und Instandhaltung als vorbeugende Maßnahmen unbedingt ihre Bedeutung.

Für die **Zone 1**

Für die Situation, dass sich bei Normalbetrieb der Anlagenteile gelegentlich ein gefährliches explosionsfähiges Gemisch (**g.e.G**) bilden kann (Zone 1), sind zusätzlich **Fehlerzustände und Havarie-Situationen zu beurteilen**, die bei vorhersehbaren Störungen zündwirksame Vorgänge hervorrufen können.

Organisatorische Maßnahmen, die auf den Ersatz für fehlende/unzureichende technische Maßnahmen zur Zündquellenvermeidung an den Geräten, der Anlagen oder den Anlagenkomponenten abzielen, können bei diesen Betriebsverhältnissen nur in Einzelfällen einen ausreichenden Schutz gewährleisten und sind individuell zu betrachten und zu gestalten.

Für die **Zone 2**

In solchen Fällen, in denen ein gefährliches explosionsfähiges Gemisch (**g.e.G**) bei Normalbetrieb normalerweise nicht oder aber nur kurzzeitig auftritt (Zone 2), sind geeignete Maßnahmen zu treffen, damit Zündquellen bei Normalbetrieb der Anlagenteile nicht entstehen.

Ergänzt werden sollten die oben genannten Maßnahmen durch eine regelmäßig wiederkehrende Inspektion, Wartung und Instandhaltung.

3.2.3.2 Elektrische Anlagen

Elektrische Betriebsmittel können betriebsmäßig, meist nur störungsbedingt zündwirksam werden und eine Zündquelle für ein explosionsfähiges Luft-Gemisch darstellen.

Elektrische Funken sind im Explosionsschutz die häufigsten Auslöser von Explosionen.

Die Störungen an elektrischen Betriebsmitteln können hier sowohl auf mechanisches Versagen von Elektrokomponenten (z.B. Lagerschaden bei einem Elektromotor mit Beschädigung der Wicklung), auf Beschädigung von elektrischen Installationen, als auch auf menschliches Fehlverhalten, wie z.B. Fehlbedienung zurückzuführen sein.

Funken an elektrischen Betriebsmitteln können durch eine Gestaltung in einer für die jeweilige Explosionsschutzzone (Ex-Zone) geeigneten Bauweise mit ausreichender Sicherheit vermieden werden (richtige Gerätekategorie für die entsprechende Zone).

Für die in der Tabelle unter dem Punkt 4.1.4.2 festgelegten Ex-Zonen ergeben sich folgende Gerätekategorien und notwendige Unterlagen für elektrische Geräte:

Zone	Kennzeichnung	Erforderliche Unterlagen
0	EX II 1G ¹	EU-Baumusterprüfbescheinigung + Konformitätserklärung des Herstellers
1	mindestens Ex II 2G	EU-Baumusterprüfbescheinigung + Konformitätserklärung des Herstellers
2	mindestens Ex II 3G	Konformitätserklärung des Herstellers

In einigen Fällen müssen die eingesetzten Geräte, Anlagen und Anlagenkomponenten auf ihre Betriebszustände hin, die einen zündwirksamen Vorgang im Normalbetrieb oder bei vorhersehbaren Störungen verursachen können, zusätzlich mit entsprechenden Überwachungskomponenten, wie z.B. Gassensoren, Temperaturfühler oder Durchflusswächter u. ä. ausgestattet werden.

Bei diesen Einrichtungen handelt es sich um Schutz- und Überwachungskomponenten, die als sicherheitsrelevant einzustufen sind und deren Auslegung nach **RL 2014/34/EU** (Explosionsschutzrichtlinie – ATEX 2014) erfolgen muss (Sicherheitsbauteil) und die einer bestimmten Anforderung bezüglich der funktionalen Sicherheit unterliegen.

Demnach ist grundsätzlich bei der Auslegung der Signalbearbeitung und -überwachung das Prinzip des sicheren Fehlverhaltens (Fail-safe) anzuwenden und die Schalthandlungen müssen grundsätzlich ohne Softwaresteuerung direkt auf das entsprechende Stellglied (z.B. Ventil der Leitung) einwirken.

Für die Auslegung der Steuerung der Anlagen sind Konzepte der jeweiligen Hersteller zur entsprechenden Schaltsicherheit zu erstellen (im zu bewertenden Projekt geht es hierbei in erster Linie um Überwachungssensoren, Durchflusswächter und Lüfter).

3.2.3.3 Nicht - elektrische Betriebsmittel

Nichtelektrische Betriebsmittel müssen entsprechend der BetrSichV ebenfalls der geltenden **ExVO** entsprechen. Demnach sind nichtelektrische Betriebsmittel ebenfalls in einer für die jeweilige Zone zugelassenen Gerätekategorie, und unter Beachtung der weiteren, sich aus den "Sicherheitstechnischen Kennzahlen" ergebenden Voraussetzungen, zu installieren.

Für die nichtelektrischen Geräte und Anlagenkomponenten gilt:

Zone	Kennzeichnung	Erforderliche Unterlagen
0	EX II 1G	EU-Baumusterprüfbescheinigung + Konformitätserklärung des Herstellers
1	mindestens Ex II 2G	Konformitätserklärung des Herstellers
2	mindestens Ex II 3G	Konformitätserklärung des Herstellers

3.2.3.4 Heiße Oberflächen an Betriebsmitteln

Heiße Oberflächen können auch prozessbedingt in oder an den Anlagen vorkommen und zu Explosionen (Verpuffungen), führen. Davon ausgehend, müssen hier an den betreffenden Arbeitsmitteln die aus den sicherheitstechnischen Kennzahlen abgeleiteten Grenztemperaturen für Oberflächen oder für ablaufende technische Prozesse, festgelegt und eingehalten werden.

Heiße Oberflächen könnten zudem im Zuge von Wartungs- und Instandsetzungstätigkeiten auftreten

Für die zu betrachtende Bereiche wird auf Grund der zum Einsatz kommenden Stoffe eine max. Oberflächentemperatur für Geräte oder Anlagen von 450 °C (T1) für die benannten Ex-Bereiche festgelegt.

Heiße Oberflächen könnten zudem im Zuge von Wartungs- und Instandsetzungstätigkeiten im geplanten Prozess auftreten. Diese mögliche Zündgefahr muss durch ein Arbeitsfreigabesystem für derartige Tätigkeiten sicher ausgeschlossen werden.

3.2.3.5 Blitzschlag

Hinsichtlich des Blitzschutzes ist der Bestandsbau mit einer Blitzschutzanlage entsprechend den geltenden DIN-Vorschriften ausgestattet. Es werden dabei sowohl der Äußere und der Innere Blitzschutz realisiert.

Wichtig ist, hierbei auch den Schutz vor Überspannungen für elektrische Betriebsmittel und Anlagen in Ex-Bereichen zu beachten!

Von der geplanten Blitzschutzanlage gehen im Normalbetrieb und bei vorhersehbaren Störungen keine Zündgefahren aus. Zu beachten sind dabei die erforderlichen Trennungsabstände zwischen den Installationskomponenten der Blitzschutzanlage und den Luftauslässen der Ex-Abluft mit den vorgegebenen Ex-Zonen.

3.2.3.6 Mechanische erzeugte Funken

Durch mechanische Einwirkung auf einzelne Anlagenteile können Schlag- oder Reibfunken entstehen, die an der Entstehungsstelle zur Zündung eines gefährlichen explosionsfähigen Gemischs (**g.e.G**) führen.

Dies kann im Bereich vor allem bei Wartung und Instandhaltung auftreten.

3.3 Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken

Auf Grundlage der GefStoffV § 3 Abs. (4) Ziffer 2 (Auswirkungen von Bränden und Explosionen beschränken) in Zusammenhang mit § 11 der GefStoffV (Besondere Schutzmaßnahmen gegen Brand- und Explosionsgefahren) sind über die primären Maßnahmen (Verhinderung von explosionsfähigen Gemischen und der Vermeidung von zündwirksamen Vorgängen in Bereichen mit explosionsfähigen Gemischen) hinaus, konstruktive Maßnahmen vorzusehen, die die schädlichen Auswirkungen einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß reduzieren und die Auswirkungen von Bränden und Explosionen auf benachbarte Bereiche eingrenzen.

3.4 Organisatorische Maßnahmen - Maßnahmen, zur Sicherstellung des „Normalbetriebes“

Der Betreiber von Bereichen, Anlagen oder von Geräten, in denen explosionsfähige Atmosphäre auftreten kann ist verpflichtet, organisatorische Maßnahmen gemäß GefStoffV, der BetrSichV und andere geltender Vorschriften zu ergreifen, umzusetzen und einzuhalten.

3.4.1 Aufgaben und Verantwortung der Führungskräfte

Arbeitsschutz ist Teil der Unternehmerverantwortung. Der Schutz von Leben und Gesundheit ist Verfassungsgrundsatz. Die Arbeitsschutz-Vorschriften schreiben die Verantwortung für die

Vermeidung von Unfall- und Gesundheitsrisiken und für die Umsetzung von Schutzmaßnahmen immer der Unternehmensspitze zu.

Für die Tätigkeiten in explosionsgefährdeten Bereichen (insbesondere für Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahmen sind noch vor Aufnahme der Tätigkeiten in den Bereichen Koordinatoren zu benennen und schriftlich zu bestellen. Sie sind darüber hinaus mit entsprechenden Befugnissen auszustatten.

3.4.1.1 Mitarbeiter

Mitarbeiter, die in Ex-Bereichen oder auch an Geräten mit einer Ex-Zone im Inneren tätig werden sollen, sind so auszubilden und einzuweisen, dass sie die erforderliche Erfahrung und Ausbildung für die ihnen zugewiesenen Aufgaben, insbesondere für den sicheren Betrieb der Geräte und Anlagen besitzen. Das bezieht sich in erster Linie auf den Normalbetrieb der Arbeitsmittel/Anlagen.

3.4.2 Koordination und Arbeitsfreigabesystem

Müssen in explosionsgefährdeten Bereichen oder Geräten und Anlagen Tätigkeiten wie Wartung, Reparatur usw. durchgeführt werden, so hat der zuständige Bereichsleiter als Koordinator zu handeln. Die für das Freigabesystem zuständigen Koordinatoren müssen darüber hinaus über ausreichend Wissen und Erfahrung im Ex-Schutz verfügen, so dass sie die möglichen Gefahren und die erforderlichen Schutzmaßnahmen erkennen, einschätzen und bewerten können. Sie müssen in der Lage sein, abgestimmt mit einem Spezialisten, die richtigen Schutzmaßnahmen für die anstehenden Tätigkeiten zu treffen. In erster Linie gilt das für erforderliche Wartungs- und Instandsetzungsmaßnahmen.

Die Arbeitsfreigabe kann nur durch sie schriftlich erteilt werden und ist ebenso durch sie mit seiner Unterschrift zu bestätigen. Dazu kann die Bekannte Vorlage für Heißarbeiten genutzt werden, oder aber ein gesondertes Dokument.

Vor Aufnahme der erforderlichen Arbeiten sind alle Beteiligten durch den Koordinator über die geltenden Sicherheitsrichtlinien und Festlegungen zu unterweisen.

3.4.3 Unterweisung und Schulung

Vor Aufnahme der geplanten Arbeiten an explosionsgefährdeten Anlagen / Anlagenteilen in Ex-Bereichen, oder solchen, in denen sich im Inneren eine Ex-Zone befindet, sind die jeweiligen Mitarbeiter durch einen Koordinator über die einschlägigen Sicherheitsrichtlinien zu unterweisen.

Hierbei sind insbesondere Sicherheitsunterweisungen und Schulungen bzw. Einweisungen zum Umgang mit den vorhandenen Geräten, Anlagen und Anlagenkomponenten durchzuführen. Das hat in der Regel erstmalig bei der Arbeitsaufnahme am jeweiligen Arbeitsplatz und danach regelmäßig einmal jährlich zu erfolgen. Zur Unterstützung der Koordinatoren ist hier die im Institut bestellte Fachkraft für Arbeitssicherheit mit einzubinden.

Die Unterweisung und Einweisung vor Ort ist, gleichfalls für das in den Bereichen tätige Fremdpersonal, zwingend vorgeschrieben.

Die Unterweisungen sind durch die persönliche Unterschrift der unterwiesenen Person zu bestätigen.

3.4.4 Prüfung und Kennzeichnung von Betriebsmitteln, bzw. Bereichen

In Erfüllung der geltenden Vorschriften sind die nach BetrSichV und GefStoffV geforderten Prüfungen an Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen durchzuführen. Dabei geht es in erster Linie um:

- die Durchführung der Prüfung vor der erstmaligen Inbetriebnahme, gemäß § 15 (1) - (3) in Verbindung mit Anhang 2, Abschnitt 3, Nr. 4.1 BetrSichV und § 11 in Verbindung mit Anhang 1 GefStoffV und
- die Durchführung der wiederkehrenden Prüfung alle 3 bzw. 6 Jahre gemäß § 16 (1) - (4) in Verbindung mit Anhang 2, Abschnitt 3, Nr. 5.1 - 5.3 BetrSichV und § 11 in Verbindung mit Anhang 1 GefStoffV.

Die Prüfungen können durch eine „zur Prüfung befähigte Person“ im Ex-Schutz gemäß § 2 (6) bzw. Anhang 2, Abschnitt 3, Nr. 3 der BetrSichV oder durch einen Mitarbeiter einer zugelassenen Überwachungsstelle erfolgen.

3.4.5 Kennzeichnung von Ex-Bereichen und Betriebsmitteln

Die geltenden Vorschriften verlangen eine Kennzeichnung der festgelegten Ex-Bereiche kann das folgendermaßen zu erfolgen:



3.4.6 Wartung und Instandhaltung

Wartung und Instandsetzung dienen der Werterhaltung und der hohen Verfügbarkeit der Anlagen sowie der Verhinderung von Störungen des bestimmungsgemäßen Betriebes.

In den Betriebsbereichen sind für die wichtigsten Geräte, Anlagen oder Anlagenkomponenten die notwendigen Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen zu erfassen und durch konkrete Tätigkeiten umzusetzen. Grundlage für diesen Plan sind die Maßnahmen aus den technischen Unterlagen der Arbeitsmittel / Anlagen.

Für die Einhaltung des Wartungs- und Instandhaltungsplanes ist der jeweilige Bereichsleiter verantwortlich. Instandhaltungstätigkeiten mit besonderen Gefahren (z.B. Arbeiten mit Zündgefahren) werden durch gesonderte Freigabeverfahren geregelt. Inspektions- und Wartungstätigkeiten werden in Prüfprotokollen dokumentiert.

Für die Planung der erforderlichen Prüfungen und von notwendigen Instandhaltungsmaßnahmen sind die Angaben aus den technischen Unterlagen der Geräte, Anlagen oder

Anlagenkomponenten zu erfassen und in Prüfprotokollen zu dokumentieren. eine Ablaufroutine aufzunehmen.

3.4.7 Signalisation von Gefahrenzuständen

Für die Signalisation der verschiedenen Gefahrenzustände, wie z.B. Gas, verminderte Lüftung (Lüftungsalarm, sind die einzelnen Bereiche innerhalb und außerhalb der Zugangsmöglichkeiten (Türen) mit einem optischen und einem akustischen Signal/Signalgeber auszurüsten. Zusätzlich muss bei einem Gefahrenzustand eine sichere Signalübermittlung zur GLT erfolgen.

Es ist sicher zu stellen, dass die Gefahrensignale überall ausreichend erkannt und auch zugeordnet werden können.

3.4.8 Anforderungen an die Zuverlässigkeit der Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen (Funktionale Sicherheit)

In einigen Fällen müssen die eingesetzten Geräte, Anlagen und Anlagenkomponenten auf ihre Betriebszustände hin, die einen zündwirksamen Vorgang im Normalbetrieb oder bei vorhersehbaren Störungen verursachen können, zusätzlich mit entsprechenden Überwachungskomponenten, wie z.B. Gassensoren, Temperaturfühler oder Durchflusswächter u. ä. ausgestattet werden.

Für die Gesamtsituation ist eine Signalmatrix, noch vor der Erstinbetriebnahme zu erstellen.

3.4.9 Beherrschung von „Betriebsbedingten Störungen“ und Havarien

Für nicht auszuschließende Havarien und Notfälle sind die erforderlichen Handlungsvorgaben z.B. in einem „Havariemanagement“ und „Alarmplan“ festzuschreiben und darzustellen. Dazu gehört gleichfalls die Erarbeitung von Informationen für die Einsatzkräfte der Feuerwehr.

Ziel dieser Handlungsvorgaben ist es, durch unverzügliches und überlegtes Handeln Schaden von den Betroffenen und vom Unternehmen abzuwenden.

Die Handlungsvorgaben sind mindestens jährlich zu kontrollieren und gegebenenfalls zu aktualisieren.

3.4.10 Persönliche Schutzausrüstung im Ex-Schutz

Bekanntermaßen laden sich auch Menschen elektrostatisch, z.B. nur durch das Laufen auf. Die Stärke der Aufladung hängt dabei vom Untergrund auf dem gelaufen wird und von der Dauer des Laufens ab. Jedoch erst bei 3.000 Volt ist die Entladung unangenehm für Menschen. Es braucht aber nur 50 Volt für einen Funken, der ein explosives Gase-Luft-Gemisch entzünden kann.

Für Tätigkeiten in Ex-Bereichen, ist die Notwendigkeit des Einsatzes spezieller PSA gesondert mit einem Spezialisten abzustimmen.

3.5 Arbeits- und Brandschutz

Arbeitsbereiche mit Brand- und Explosionsgefährdungen sind so zu gestalten und auszulegen, dass die Übertragung von Bränden und Explosionen sowie deren Auswirkungen auf benachbarte Bereiche vermieden werden. Eine Explosionsgefahr ist immer dann gegeben, wenn in einer baulichen Anlage die Gefahr des Auftretens einer explosionsfähigen Atmosphäre in gefahrdrohender Menge nicht ausgeschlossen werden kann.

Die im Projekt konkret notwendigen Maßnahmen des baulichen, technischen und organisatorischen Brandschutzes werden in dem vorliegenden Brandschutzkonzept festgelegt und beschrieben. Bei Einhaltung dieser Forderungen ergeben sich keine zusätzlichen Anforderungen in Bezug auf den Explosionsschutz.

3.5.1 Ex-Dokumentation

Im Rahmen der Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung zum Explosionsschutz gemäß GefStoffV hat der Arbeitgeber die Gefährdungen durch gefährliche explosionsfähige Gemische, besonders auszuweisen. Vor Inbetriebnahme der neuen Anlagen oder der erstmaligen Nutzung von Arbeitsbereichen mit brennbaren Stoffen, ist ein Explosionsschutzdokument zu erstellen und weiterhin aktuell zu halten.

Die erforderlichen Unterlagen sind noch vor der Erstinbetriebnahme zu erstellen.

3.6 Cybersicherheit / Informationssicherheit

Die Cybersicherheit für sicherheitsrelevante Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen im Sinne der TRBS 1115 Teil 1 ist durch den Errichter bzw. den Betreiber der Anlage nachzuweisen. Der weitere Zugriffschutz auf sicherheitsrelevante Daten oder Steuerungssysteme ist durch den Betreiber sicherzustellen.

Die sicherheitstechnische Absicherung gegen fremde Cyberangriffe und einem Zugriffschutz auf die gesamte Anlage erfolgt über folgende Schutzmaßnahmen:

- Festlegung und Umsetzung des Schutzkonzepts für die Cybersicherheit mittels Cybersicherheitskomponenten
 - sicherheitsrelevante Hardware-Komponenten
 - sicherheitsrelevante Softwaretools, IT-Strukturen
 - Schnittstellen aller sicherheitsrelevanten MSR-Einrichtung und Datenstrukturen
 - sicherheitsrelevante Prozesse, Richtlinien, Organisationsstrukturen
 - Personenzugriffsrechte
- Regelmäßige Kontrolle der Funktionsfähigkeit der Cybersicherheitsmaßnahmen sicherheitsrelevanter MSR-Einrichtungen und ihrer IT/OT-Umgebung
- Ordnung und saubere Dokumentenablage
- Datenzugriff ausschließen
- Vertraulichkeit gewährleisten
- richtiges Entsorgen vertraulicher Dokumente und Datenträger
- sichere Nutzung von E-Mails und deren Anhänge, Bilder, Daten
- Nachweis eines Sicherheitsmanagementsystem

4 Zusammenfassung

Mit der Umsetzung der gesetzlichen Vorgaben und der Anforderungen aus den geltenden Vorschriften, zusätzlich der in dieser Gutachterlichen Stellungnahme zum Explosionsschutz gegebenen Hinweise zur Umsetzung der Schutzzielanforderungen der BetrSichV und der GefStoffV kann festgestellt werden, dass für den Neubau im Normalbetrieb und bei vorhersehbaren Störungen Explosionsgefahren weitgehend ausgeschlossen werden können. Das Schutzziel der Betriebssicherheitsverordnung und der Gefahrstoffverordnung wird mit den empfohlenen und vorgegebenen technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen erreicht.

5 Beurteilungsgrundlagen

Für die gutachterliche Stellungnahme wurden unter anderem folgende Unterlagen und Vorschriften herangezogen:

Rechtsgrundlagen (Gesetze, Verordnungen, technische Regeln)		
ArbSchG	Arbeitsschutzgesetz	05/2023
ArbStättV	Arbeitsstättenverordnung	12/2020
BA	Betriebsanleitungen der Anlagen / Maschinen / Tätigkeiten	
BA-Ex	Betriebsanweisung „Arbeiten in EX-Bereichen“	
BetrSichV	Betriebssicherheitsverordnung Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln – BetrSichV	07/2021
DGVU I 109-002	Arbeitsplatzlüftung, Lufttechnische Maßnahmen	04/2020
DGVU I 213-106	Explosionsschutzdokument	06/20221
DGVU R 113-001	Explosionsschutz-Regeln	12/2022
DIN EN 1127-1	Explosionsfähige Atmosphären – Explosionsschutz	10/2011
DIN EN 13463-1	Nichtelektrische Geräte für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen-Grundlagen und Anforderungen	07/2009
DIN EN 14986	Konstruktion von Ventilatoren für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen	04/2017
DIN EN 60079-10-1	Einteilung der Bereiche – Gasexplosionsgefährdete Bereiche	10/2016
DIN EN 60079-14	Explosionsgefährdete Bereiche Teil 14: Projektierung, Auswahl und Errichtung	
DIN EN 60079-17	Explosionsgefährdete Bereiche Teil 17: Prüfung und Instandhaltung elektrischer Anlagen	
DIN EN 60079-25	Explosionsgefährdete Bereiche Teil 25: Eigensichere Systeme (Eigensicherheitsnachweis)	
DIN EN 62305	Blitzschutz	10/2011
GefStoffV	Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen	07/2021
MBO / LBO	Muster-Bauordnung und Landesbauordnungen	09/2022
Richtlinie 2006/42/EG	Maschinenrichtlinie	05/2006
Richtlinie 2014/34/EU	Richtlinie zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen	02/2014
SDB	Sicherheitsdatenblätter der einzelnen zu verarbeitender Stoffe (Gefahrstoffe)	
TRBS 1115	Sicherheitsrelevante Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen	03/2021
TRBS 1115 Teil 1	Cybersicherheit für sicherheitsrelevante Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen	11/2022

TRBS 1123	Prüfpflichtige Änderungen von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen - Ermittlung der Prüfnotwendigkeit gemäß § 15 Absatz 1 BetrSichV	07/2018
TRBS 1201 Teil 1	Prüfung von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen	03/2019
TRBS 1201 Teil 3	Instandsetzung an Geräten, Schutzsystemen, Sicherheits-, Kontroll- und Regelvorrichtungen im Sinne der Richtlinie 2014/34/EU	01/2018
TRGS 720	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre	03/2021
TRGS 721	Gefährliche explosionsfähige Gemische - Beurteilung der Explosionsgefährdung	12/2020
TRGS 722	Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre	03/2022
TRGS 723	Gefährliche explosionsfähige Gemische - Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische	10/2020
TRGS 724	Gefährliche explosionsfähige Gemische - Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, welche die Auswirkung einer Explosion auf ein unbedenkliches Maß beschränken	08/2019
TRGS 725	Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre – Mess-, Steuer- und Regeleinrichtungen im Rahmen von Explosionsschutzmaßnahmen	06/2023
TRGS 727	Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen	07/2016
TRGS 800	Brandschutzmaßnahmen	01/2011
VO (EU) 2016/425	PSA	04/2019
11. ProdSV	Explosionsschutzprodukteverordnung	06/2016
GESTIS	Stoffdatenbank: Brenn- und Explosionskenngrößen	
Planung	Planungs- und Ausführungszeichnungen	
	Sicherheitstechnische Daten aus Fachdatenbanken	
	Sicherheitskonzepte und –Betrachtungen von Einzelanlagen	
	Zentrale Vorgaben der Fraunhofer-Gesellschaft zur Umsetzung des Explosionsschutzes	
Schriftverkehr	Fotos, Emails, Zuarbeiten	