

| Lfd. Nr.  | Gefahrenquelle                        | Mögliche Ursachen                           | Mögliche Folgen   | Erkennung  | Verhindernde und begrenzende Maßnahmen  |
|---|---------------------------------------|---|---|--|---|
| <b>Vorbemerkung: In dieser Gefahrenanalyse „Arbeitsbehälter“ werden beispielhaft für die 4 gleich ausgerüsteten Arbeitsbehälter die Komponenten- und Messstellenbezeichnungen des Arbeitsbehälters R 01 und der Ringleitung dieses Behälters zur Verbrennungsanlage 2 verwendet; alle Angaben gelten für die weiteren 3 Arbeitsbehälter und die insgesamt 8 Ringleitungssysteme analog.</b> |                                       |   |   |  |   |
| 1   | Versagen von Umschließungen/ Leckagen | Allgemein                                   | Stofffreisetzung; je nach Stoff Vergiftung, Brand Explosion | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Regelmäßige Kontrollgänge</li> <li>- Gaswarnanlage im Arbeitsbehälterraum (Fünf Messstellen für verschiedene Gase (Sauerstoffmangel, HCN,NOx, NH3, Ex) so angeordnet, dass Erkennung eventueller Leckagen leicht möglich)</li> <li>- Füllstandsüberwachung im Pumpensumpf des Arbeitsbehälterraums</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Berücksichtigung der bestimmungsgemäßen und störungsbedingten Belastungen (Druck, Temperatur, Medien, Schwingungen etc.) bei der Auslegung, Konstruktion, Fertigstellung, Aufstellung sowie Überwachung und Wartung der Komponenten</li> <li>- Not-Aus-Schalter für die Pumpen der Arbeitsbehälter vor Ort außerhalb des Raums und am Ofenbedienstand; schaltbar auch von zentraler Messwarte, Zuförderpumpen im Tanklager sind im Tanklagerbedienstand und von der zentralen Messwarte aus auszuschalten (Kommunikation zu Tanklagerbedienstand / Messwarte über Funk oder Telefon im Treppenraum, 10 m vom Arbeitsbehälterraum entfernt)</li> <li>- Bodenbereich als Auffangfläche mit Gefälle zum abflusslosen Pumpensumpf ausgeführt</li> <li>- Durchzuführende Maßnahmen bei Alarmierung der Gaswarnanlage/ Lecküberwachung in den Pumpensämpfen sind in Arbeitsanweisung (AA) bzw. im BAGAP festgelegt; regelmäßige Unterweisung der Mitarbeiter</li> <li>- Zugang in den Arbeitsbehälterraum nur bei in Betrieb befindlicher Raumlüftung und sofern kein Gasalarm ansteht (Anzeige vor Ort); ansonsten nur mit Arbeitslaubnis, persönlicher Schutzausrüstung, transportablem Ex-Ox-Meter und Sicherungsposten</li> <li>- Aufnahme von kleineren Mengen ausgetretener Gefahrstoffe mit Bindemitteln unter Beachtung der Arbeitsschutzmaßnahmen;</li> <li>- Störfallbegrenzende Maßnahmen zum Brandschutz im Bereich der Arbeitsbehälter (Werkfeuerwehr, stationäre Brandmelder, Löschanlagen)</li> </ul> |
| 1.1   |                                       | Äußere mechanische Beschädigung             | Siehe 1   | - Siehe 1  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kein Fahrzeugverkehr, Stapler- oder Hubwagentransport, Krantransport im Bereich der Arbeitsbehälter;</li> <li>- Nur bei Wartungs- / Reparaturarbeiten vereinzelt Handhabung schwerer Lasten unter ständiger Personalanwesenheit; in diesem Fall sind die Anlagenteile außer Betrieb und meist entleert</li> </ul>  |
| 1.2   |                                       | Korrosion; Angriff auf Dichtungsmaterialien | Siehe 1   | - Siehe 1  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Langjährig erprobte und bewährte Werkstoffe (durchgehend Edelstahl, Weichstoffdichtungen) für alle Abfälle führenden Teile, auch beständig gegen witterungsbedingte Außenkorrosion</li> <li>- Annahmekriterien des Tanklagers (insbesondere bzgl. pH-Wert und korrosiver Einzelkomponenten) schließen stark korrosive Abfälle aus</li> <li>- Regelmäßige Prüfung der Arbeitsbehälter auf Schäden / korrosive Angriffe mind. im Rahmen der 5jährlichen VawS-Prüfungen bis dato ohne negativen Befund</li> <li>- Keine temporären / provisorischen Verbindungen (bspw. Schläuche aus Fremdmaterialien) in diesem Bereich</li> <li>- Ansonsten siehe Maßnahmen zu 1</li> </ul>  |

| Lfd. Nr. | Gefahrenquelle  | Mögliche Ursachen                                      | Mögliche Folgen  | Erkennung   | Verhindernde und begrenzende Maßnahmen   |
|----------|---|--|--|---|--|
| 1.3      |   | Leckage an Wellendurchführungen                        | Siehe 1  | - Siehe 1   | - Pumpen:<br>- Pumpen mit doppeltwirkender Gleitringdichtung<br>- Kleinstleckagen werden in Wannen unter der Pumpe zurückgehalten<br>- Rührer:<br>- Wellendurchführung im Gasraum des nahezu drucklos betriebenen Behälter schließt größere Leckage aus<br>- Doppeltwirkende Gleitringdichtungen als Wellenabdichtung<br>- Ansonsten siehe Maßnahmen zu 1  |
| 1.4      |   | Warmwasserbegleitheizung der Rohrleitungen (im Freien) | Äußere Leckage: Wasserfreisetzung<br>Innere Leckage:: Wasserübertritt in die Abfälle führenden Leitungen oder Abfallübertritt in die Wasserleitungen | Regelmäßige Rundgänge; regelmäßige Standkontrolle im Wassernetz           | - Bewährte Werkstoffe (durchgehend Stahl, wo notwendig mit Korrosionsschutzanstrich) für den Wasserkreislauf<br>- Geschlossener Wasserkreislauf mit entgastem, aufbereitetem Wasser<br>- Druck im Wasserkreislauf (typisch 3 bar) unter Druck in den Ringleitungen<br>- In diesem Anlagenbereich kommen keine mit Wasser gefährlich reagierenden Abfälle zum Einsatz (siehe auch lfd. Nr. 10)  |
| 2.1      | Lösen temporärer Verbindungen   |  | Stofffreisetzung bei Fehlbedienung   | - Entfällt  | - Anlage vollständig fest verrohrt; keine temporären / provisorischen Verbindungen in diesem Bereich   |
| 2.2      | Öffnen von Spül- / Entlüftungs- / Entleerungs- / Reinigungsarmaturen etc. |  | Austritt von Abfällen  | - Ständig anwesendes Personal während des Vorgangs<br>- Ansonsten siehe 1 | - Alle derartigen Anschlüsse sind mit normalbetrieblich geschlossenen Armaturen versehen <u>und zusätzlich</u> mit Blindflanschen / -kappen gesichert<br>- Anschlüsse werden nur im drucklosen Zustand bei geschlossenen Armaturen hergestellt bzw. wieder rückgebaut, Kontrolle durch örtliche Manometer an Behältern und Ringleitungen<br>Auch nach erfolgter Absperrung von Teilabschnitten ist durch undichte Armaturen ein erneuter Druckaufbau möglich soweit nicht der zu öffnende Abschnitt nach außen entspannt ist<br>- Während des bestimmungsgemäßen Öffnens unter Beachtung der Arbeitsschutzmaßnahmen werden gemäß AA bzw. Freigabe-/ Erlaubnisschein Auffangeinrichtungen bereitgehalten und die festgelegten Sicherheitsmaßnahmen beachtet |
| 2.3      | Öffnen von Probenahmearmaturen  |  | Austritt von Abfällen  | - Ständig anwesendes Personal während des Vorgangs                        | - Probenahme nur am drucklosen Behälter / auf Pumpensaugseite<br>- Bei Probenahme von leicht flüchtigen, teils giftigen oder leicht entzündlichen Gefahrstoffen werden Probenahmearmaturen mit zwei hintereinander angeordneten normalbetrieblich geschlossenen Armaturen eingesetzt<br>- Probenahme erfolgt unter Nutzung der notwendigen persönlichen Schutzausrüstungen<br>- Kleine Auffangwanne unter möglichen Probenahmearmaturen fängt Tropfleckagen / Nachläufe auf  |

| Lfd. Nr. | Gefahrenquelle                             | Mögliche Ursachen  | Mögliche Folgen   | Erkennung  | Verhindernde und begrenzende Maßnahmen   |
|----------|--|--|---|--|--|
| 3        | Unzulässiger Füllstand                     |  |   |  |  |
| 3.1      | Zu hoch                                    | Erhöhte Stoffzufuhr  | Stoffübertritt ins Abluftsystem und in andere Arbeitsbehälter<br>Verstopfen der Flammensperre | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Füllstandsanzeige LI 322 in Tanklagerbedienstand</li> <li>- Füllstandsalarm LA 321 in zentraler Warte (o. im Tanklagerbedienstand)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Befüllung der Behälter aus dem Tanklager wird nach Unterschreiten eines Mindestfüllstands automatisch ausgelöst (LIS- 322)</li> <li>- Überfüllsicherung LIS+ 322 schaltet Befüllpumpe im Tanklager ab, Armatur bleibt – wegen thermischer Expansion - offen</li> <li>- Redundante Überfüllsicherung LSA++ 321 schließt Armatur in Befüllleitung, damit werden Pumpen ebenfalls ausgeschaltet</li> <li>- Ggf. erfolgt Stoffübertritt in andere Arbeitsbehälter (da die Verbindung zu diesen tiefer liegt als der gemeinsame Abgang ins Abgasnetz) und deren Überfüllsicherungen sprechen an.<br/>(infolgedessen Druckanstieg durch – partielle – Verstopfung der Flammensperre, siehe 4.1)</li> </ul>  |
| 3.2      | Zu tief                                    | Stoffentnahme  | Trockenlaufen der Pumpe, erhöhte Schaumbildung durch teilweise eingetauchten Rührer           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Min.-Stands-Alarm L 324 in zentraler Warte</li> <li>- Min.-Stands-Alarm L 323 in zentraler Warte</li> </ul>                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bei Unterschreitung des Minimalstands von L 324 wird der Rührer stillgesetzt</li> <li>- Bei Unterschreiten des Minimalstands von L 323 – Grenzwert liegt noch im „geraden“ Teil des Behälters, d. h. der Klöpperboden bleibt vollständig gefüllt - werden die Förderpumpen ausgeschaltet</li> <li>- In Pumpe integrierte Temperaturüberwachung TSA++ 624/625 (in Druckstutzen eingelassen, Grenzwert 80°C) schaltet Pumpe bei unzulässiger Temperaturüberschreitung bspw. infolge Trockenlaufens aus<br/>(Pumpe als Zündquelle siehe lfd. Nr. 7.2)</li> </ul>   |
| 4        | Unzulässiger Druck                         |  |   | -  | -  |
| 4.1      | Im Behälter                                |  |   | -  | -  |
| 4.1.1    | Unzulässiger Druck im Behälter:<br>Zu Hoch | Überdrücken durch das zu geförderte Medium aus dem Tanklager | Versagen des Behälters  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Druckalarm PA± 425 in zentraler Warte</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Behälter über Flammensperre XY 641 frei ins Abgasnetz entatmet, Armatur XV 202 in dieser Leitung in Offen-Stellung blockiert; Druckhaltung auf 45 mbar via PC 405 für vier Arbeitsbehälter gemeinsam</li> <li>- Zweite Entatmungsmöglichkeit über Flammensperre XY 641 und Über/Unterdrucksicherung XY 601 (+50/-20 mbar) in die Atmosphäre, Parallelweg ohne Flammensperre via XV 200 geschlossen blockiert</li> <li>- Förderdruck (Nullförderhöhe abzgl. Höhendifferenz) der Tanklagerpumpen liegt über Behälterauslegungsdruck (2,3 barü); deshalb und wegen der Möglichkeit der Verstopfung der Flammensperre verriegelt Drucküberwachung PS +425 die Befüllleitung des Behälters.</li> <li>- Regelmäßige Inspektion und Reinigung der Flammensperre</li> </ul> |

| Lfd. Nr. | Gefahrenquelle                             | Mögliche Ursachen                         | Mögliche Folgen        | Erkennung                               | Verhindernde und begrenzende Maßnahmen   |
|----------|--|---|------------------------|---|--|
| 4.1.2    | Unzulässiger Druck im Behälter:<br>Zu hoch | Überdrücken durch die Ringleitungspumpen  | Versagen des Behälters | - Druckalarm PA± 425 in zentraler Warte | - Die Rückförderung ist zu jedem Zeitpunkt gleich oder kleiner der Entnahme (Rückförderung nur in Quellbehälter möglich); damit ist ein Überdrücken auf diesem Weg ausgeschlossen  |
| 4.1.3    | Unzulässiger Druck im Behälter:<br>Zu Hoch | Überdrücken mit Hilfsmedium Stickstoff    | Versagen des Behälters | - Druckalarm PA± 425 in zentraler Warte | - Stickstoffanschluss erfolgt über Druckminderstation PC 423 (1,05 barü) und Zuspeiseschaltung PS± 424 (2 bis 14 mbar ü)<br>- Aufgrund Leitungsquerschnittsverhältnissen (Stickstoff DN 15, Abgas DN 50) könnte auch die ohne Einsatz des Druckminderers zufließende Stickstoffmenge (Druck dann 6 barü) ohne unzulässigen Druckanstieg (zulässiger Betriebsdruck 2,3 barü) abgeführt werden<br>- Regelmäßige Inspektion und Reinigung der Flammensperre |
| 4.1.4    | Unzulässiger Druck im Behälter:<br>Zu hoch | Überdrücken mit Hilfsmedium Spülwasser    | Versagen des Behälters | - Druckalarm PA± 425 in zentraler Warte | - Reduzierter Spülwasserdruck liegt bei 2 bis 3 barü im Bereich des Behälterauslegungsdrucks<br>- Spülwassermenge über Leitungsquerschnitte so begrenzt, dass eine Abführung in das Abgasnetz (siehe 4.1.1) nicht möglich ist<br>- Spülwassereinsatz nur an zur Atmosphäre geöffneten Behältern (offenes Mannloch o. ä.)   |
| 4.1.5    | Unzulässiger Druck im Behälter:<br>Zu hoch | Gasbildung                                | Versagen des Behälters | - Druckalarm PA± 425 in zentraler Warte | - Siehe Maßnahmen gegen chemische Reaktionen (Ifd. Nr. 10)   |
| 4.1.6    | Unzulässiger Druck im Behälter:<br>Zu hoch | Temperaturerhöhung / Thermische Expansion | Versagen des Behälters | - Druckalarm PA± 425 in zentraler Warte | - Zwei Entatmungsmöglichkeiten ins Abgasnetz bzw. in die Atmosphäre (siehe 4.1.1)<br>- Behälter unbeheizt im Gebäude aufgestellt<br>- Maßnahmen gegen Überfüllen (siehe 3.1) sichern ein Gaspolster im Behälter, so dass auch bei fehlender Entatmung der Druckanstieg auf den Dampfdruck der vorliegenden Fluide begrenzt wäre  |
| 4.1.7    | Unzulässiger Druck im Behälter:<br>Zu tief | Flüssigkeitsentnahme                      | Versagen des Behälters | - Druckalarm PA± 425 in zentraler Warte | - Beatmung über Stickstoffnachspeisung (Zuspeiseschaltung PS 424 im Bereich 2 bis 14 mbar ü)<br>- Zweite Beatmungsmöglichkeit über Flammensperre XY 641 und Über/Unterdrucksicherung XY 601 (+50/-20 mbar) aus der Atmosphäre  |
| 4.1.8    | Unzulässiger Druck im Behälter:<br>Zu tief | Abkühlung                                 | Versagen des Behälters | - Druckalarm PA± 425 in zentraler Warte | - Zwei Beatmungsmöglichkeiten aus dem Stickstoffnetz bzw. der Atmosphäre (siehe 4.1.7)<br>- Behälter frostgeschützt bei wenig schwankenden Umgebungstemperaturen im Gebäude aufgestellt  |

| Lfd. Nr. | Gefahrenquelle                                  | Mögliche Ursachen   | Mögliche Folgen        | Erkennung   | Verhindernde und begrenzende Maßnahmen   |
|----------|---|---|------------------------|---|--|
| 4.1.9    | Unzulässiger Druck im Behälter:<br>Zu tief      | Absaugung in das Abgasnetz  | Versagen des Behälters | - Druckalarm PA± 425 in zentraler Warte   | - Entatmung ins Abgasnetz erfolgt geregelt bei 45 mbar via Druckhaltung PC 405<br>- Zwei Beatmungsmöglichkeiten aus dem Stickstoffnetz bzw. der Atmosphäre (siehe 4.1.7)<br>- Ventilator verfügt über weitere betriebsmäßig offene Ansaugöffnungen an anderen Stelle; Absaugung aus Arbeitsbehältern ist nur ein ganz untergeordneter Strom  |
| 4.2      | Unzulässiger Druck in den Ringleitungen         |   |                        |   |  |
| 4.2.1    | Unzulässiger Druck in den Ringleitungen Zu hoch | Überdrücken durch das geförderte Medium mittels Ringleitungspumpen (siehe auch 5.4) | Versagen der Leitungen | - Druckanzeige und -alarm PICA± S-435 in zentraler Messwarte, örtliche Manometer im Rohrleitungsverlauf | - Druckregelung PICA± S-435 regelt Druck auf etwa 3 bar ü<br>- Nullförderhöhe der Pumpen liegt unter Auslegungsdruck der Rohrleitungen   |
| 4.2.2    | Unzulässiger Druck in den Ringleitungen Zu hoch | Überdrücken mit Hilfsmedium Spülwasser  | Versagen der Leitungen | - Druckanzeige und -alarm PICA± S-435 in zentraler Messwarte; örtliche Manometer im Rohrleitungsverlauf | - Maximaler Spülwasserdruck liegt unter Auslegungsdruck der Rohrleitungen  |
| 4.2.3    | Unzulässiger Druck in den Ringleitungen Zu hoch | Temperaturerhöhung / Thermische Expansion   | Versagen der Leitungen | - Druckanzeige und -alarm PICA± S-435 in zentraler Messwarte, örtliche Manometer im Rohrleitungsverlauf | - Nur im Freien verlaufende Leitungen sind mit Warmwasser gleichbleibender Temperatur (bis 65 °C, mit Sicherheitstemperaturbegrenzer) beheizt; eine nennenswerte Temperaturerhöhung gegenüber der Ausgangstemperatur im Arbeitsbehälterraum (etwa 25°C) findet nicht statt.<br>- Keine betriebsmäßig zu schließenden oder automatisch angesteuerten Armaturen in den Ringleitungen |
| 4.2.4    | Unzulässiger Druck in den Ringleitungen Zu tief | Pumpenausfall<br>Abkühlung u.a.   | Keine                  | - -   | - Gegen Pumpenausfall: Automatische Zuschaltung zweiter Pumpe über PS- 435/430<br>- Leitungen sind vakuumfest<br>(Maßnahmen gegen Rückströmen aus Verbrennung s. Nr. 8; Maßnahmen gegen Störungen im Stofffluss zur Verbrennung s. 11.2)   |

| Lfd. Nr. | Gefahrenquelle                               | Mögliche Ursachen  | Mögliche Folgen                                 | Erkennung   | Verhindernde und begrenzende Maßnahmen  |
|----------|--|--|---|---|---|
| 5        | Unzulässige Temperatur                       |  |   | -   | -   |
| 5.1      | Zu hoch                                      | Zu große Heizleistung  | Druckanstieg in Leitungen, chemische Reaktionen | - Nicht direkt möglich  | - Behälter sind unbeheizt; nur die im Freien verlaufenden Leitungen sind mit Warmwasser gleichbleibender Temperatur (bis 65 °C) beheizt; eine nennenswerte Temperaturerhöhung gegenüber der Ausgangstemperatur im Arbeitsbehälterraum (etwa 25°C) findet nicht statt.<br>- Begrenzung der Beheizungstemperatur durch Sicherheitstemperaturbegrenzer<br>- Annahmekriterien des Tanklagers schließen thermisch sensible Abfälle aus |
| 5.2      | Zu hoch                                      | Gefährliche chemische Reaktionen   |   | -   | - Siehe Maßnahmen gegen chemische Reaktionen (Ifd. Nr. 10); sicherheitsrelevante Temperaturerhöhung nicht zu erwarten   |
| 5.3      | Zu hoch                                      | Witterungs- oder umgebungsbedingte Aufheizung  |   | -   | - Behälter im Raum, Leitungen in Räumen oder durch Warmwasserheizung vor Aufheizung durch Sonnenstrahlung oder heiße Komponenten in der Umgebung hinreichend geschützt.   |
| 5.4      | Zu hoch                                      | Fördern gegen geschlossene Armatur bspw. infolge Versagen Druckregelung, Fehlbedienung, Verstopfen | Unzulässige Erwärmung                           | - Druckanzeige und -alarm PICA± S-435 in zentraler Messwarte; örtliche Manometer im Rohrleitungsverlauf,<br>- Temperaturüberwachung TSA++ 624/625 an den Förderpumpen | - Sicherheitsstellung Druckregelarmatur ist offen<br>- Druckschaltung PCA±S± in Ringleitung schaltet Pumpen bei unzulässigem Druckanstieg (Grenzwert festlegen) aus<br>- Temperaturüberwachung an den Förderpumpen schaltet diese bei unzulässiger Temperaturerhöhung ab (Pumpe als Zündquelle siehe Ifd. Nr. 7.2)  |
| 5.5      | Zu hoch                                      | Energieeintrag über Rührer   | Unzulässige Erwärmung                           | - Temperaturüberwachung TIA+ 623 am Arbeitsbehälter   | - Maximaler Energieeintrag über das Rührwerk (Elektrische Anschlussleistung 550 Watt) kann ohne sicherheitstechnisch relevante Temperaturerhöhung alleine durch die Wärmeabstrahlung des unisolierten Arbeitsbehälters (und bzgl. elektrischen Verluste des Motors) ausgeglichen werden   |
| 5.6      | Zu tief                                      | Witterungsbedingte Abkühlung / Ausfall der Begleitheizung  | Einfrieren, Ausfällen, Verstopfen               | - Rundgänge   | - Behälter im Raum, Leitungen in Räumen und im Freien durch Isolierung vor abrupter Abkühlung geschützt.<br>- Überwachung der Warmwasserbegleitheizung durch regelmäßige Kontrolle  |
| 6        | Bildung Zündfähiger Gemische                 |  |   | -   | -   |
| 6.1      | Unzureichende Inertisierung im Anfahrvorgang | Fehlbedienung  | Explosionsfähige Atmosphäre im Behälter         | -   | - Erstinertisierung der Behälter durch mindestens 5faches Spülen des Behälters zur Atmosphäre hin (in diesem Fall Leitung zum Abgassystem an XV 202 geschlossen, Leitung zur Atmosphäre vor Flamm Sperre an XV 200 offen)<br>- Nach Revisionen zum Anfahren Befüllung mit Wasser<br>- Kontrolle des Inertisierungserfolgs durch Messung des Sauerstoffgehalts (Sollwert unter 5 % = ½ der Sauerstoffgrenzkonz. TRbF 20 8.2.4.2))  |

| Lfd. Nr. | Gefahrenquelle  | Mögliche Ursachen  | Mögliche Folgen                                    | Erkennung   | Verhindernde und begrenzende Maßnahmen  |
|----------|---|--|--|---|---|
| 6.2      | Ausfall Stickstoff während des Betriebs                 |  | Explosionsfähige Atmosphäre im Behälter            | - Zentrale Überwachung des Stickstoffdrucks mit Alarm bei Druckabfall   | - Ausrüstung des Behälters für Zone 0<br>- Überwachung des Stickstoffdrucks durch PSA- 425 am Behälter schaltet den Rührer im Behälter (potentielle Zündquelle) und die Entnahme (Ringleitungspumpen) – zeitverzögert – bei unzureichendem Stickstoffdruck aus, damit ist Lufteintritt über die Beatmung zur Atmosphäre (öffnet bei – 20 mbar) auf geringe Atmungsmengen begrenzt<br>Inertisierungsstufe 2 TRbF 20 8.2.4.       |
| 6.3      | Lufteintritt ins System aus dem Abluftsystem            |  | Explosionsfähige Atmosphäre im Behälter            | -   | - Dauerhafte Stickstoffüberlagerung (via zentraler Zuspeiseregelung PS ± 424 zwischen 2 und 14 mbar) gibt eindeutiges Druckgefälle zur Atmosphäre vor und schließt damit Rückströmen von Luft aus (siehe 6.2)<br>- Entlüftung über zentrale Druckhaltung PC 405 (45 mbar)   |
| 6.4      | Lufteintritt ins System aus der Beatmung zur Atmosphäre |  | Explosionsfähige Atmosphäre im Behälter            | -   | - Dauerhafte Stickstoffüberlagerung (via zentraler Zuspeiseregelung PS ± 424 zwischen 2 und 14 mbar) gibt eindeutiges Druckgefälle zur Atmosphäre vor und schließt damit Rückströmen von Luft aus (siehe 6.2)<br>- Über-/Unterdrucksicherung öffnet erst bei 20 mbar Unterdruck, dieser Unterdruck kann nur bei zeitgleicher Fehlfunktion des Abgassystems und fehlerhaftem Öffnen der Druckhaltung PC 405 im Behälter anstehen |
| 6.5      | Sauerstoffbildung infolge chemischer Reaktion           |  | Explosionsfähige Atmosphäre im Behälter            | -   | - Siehe Maßnahmen gegen chemische Reaktionen (Ild. Nr. 10)<br>- Aufgrund der dauerhaften vollständigen Inertisierung führen geringe Mengen Sauerstoffs nicht zur Überschreitung der Sauerstoffgrenzkonzentration  |
| 6.6      | Freisetzung von brennbaren/ entzündlichen Stoffen       | Leckage<br>Fehlbedienung   | Explosionsfähige Atmosphäre im Arbeitsbehälterraum | - Gaswarnanlage im Arbeitsbehälterraum                                  | - Maßnahmen gegen Stofffreisetzung s. Ild. Nr. 1/ 2<br>- Überwachte technische Lüftung des Raumes (Luftwechsel 9 / Stunde) mit optischer Lauf- und akustischer und optischer Ausfallanzeige vor Ort<br>- Absperreinrichtungen in den Ansaugöffnungen gegen Verstellen gesichert.<br>- Ventilator über Laufüberwachung überwacht.  |
| 7        | Zündung zündfähiger Gemische                            | Vorhandensein wirksamer Zündquelle                                     |  |   |   |
| 7.1      | Innerhalb des Systems                                   | Heiße Oberflächen generell   | Explosion falls nicht inertisiert                  | -   | - Elektrische Einrichtungen explosionsgeschützt entsprechend Temperaturklasse T4 (oder besser) – 135°C - ausgeführt<br>- Keine heißen Medien (Dampfanschluss) im Aufstellungsbereich<br>Erwärmung bewegter Teile infolge Reibung siehe nachstehend 7.2  |
| 7.2 a    |   | Erhitzung durch Reibung an bewegten Teilen<br>- Pumpen (Dichtung etc.) | Explosion falls nicht inertisiert                  | - Temperaturüberwachung TSA+ 624 / 625 mit Alarm in zentraler Messwarte | - Temperaturüberwachung TSA+ 624 / 625 schaltet Pumpe bei unzulässiger Erwärmung aus<br>- doppelwirkende Gleitringdichtungen  |

| Lfd. Nr. | Gefahrenquelle | Mögliche Ursachen  | Mögliche Folgen                   | Erkennung   | Verhindernde und begrenzende Maßnahmen   |
|----------|----------------|--|-----------------------------------|---|--|
| 7.2 b    |                | Erhitzung durch Reibung an bewegten Teilen<br>- Pumpen (Trockenlaufen)                             | Explosion falls nicht inertisiert | - Temperaturüberwachung TSA+ 624 / 625 mit Alarm in zentraler Messwarte | - Trockenlaufschutz LS- 323 schaltet Pumpen bei Unterschreitung eines Mindestfüllstands im Arbeitsbehälter aus<br>- Temperaturüberwachung TSA+ 624 / 625 schaltet Pumpe bei unzulässiger Erwärmung aus<br>- Langjährig bewährte doppeltwirkende Gleitringdichtungen  |
| 7.2 c    |                | Erhitzung durch Reibung an bewegten Teilen<br>- Pumpen (Fördern gegen geschlossene Armaturen)      | Explosion falls nicht inertisiert | - Temperaturüberwachung TSA+ 624 / 625 mit Alarm in zentraler Messwarte | - Siehe 5.4  |
| 7.2 d    |                | Erhitzung durch Reibung an bewegten Teilen<br>- Rührer (Wellendurchführung etc.)                   | Explosion falls nicht inertisiert | - Keine   | - PA±S – 425 schaltet Rührer bei Unterschreiten des vorgesehenen Mindestüberdrucks ab.<br>- Untenliegendes Gegenlager der Rührerwelle ständig flüssigkeitsumspült; bei Unterschreiten des Mindestfüllstands – oberhalb des Lagers – werden die Ringleitungspumpen und der Rührer via LSA- 323 abgeschaltet   |
| 7.2 e    |                | Erhitzung durch Reibung an bewegten Teilen<br>- Anschleifen / Anschlagen des Rührers / Wellenbruch | Explosion falls nicht inertisiert | - Nicht möglich   | - Hoher Abstand Rührerblatt / Wandung (über 50 cm) verhindert Berührung<br>- Rührer läuft bestimmungsgemäß nur bei vollständig eingetauchtem Rührerblatt, so dass auch bei Bruch der Rührerwelle keine Schlagfunken beim Wandauftreffen des Blatts entstehen sollten   |
| 7.3      |                | Statische Elektrizität   | Explosion falls nicht inertisiert | -   | - Alle Anlagenteile sind geerdet und an den Potentialausgleich angeschlossen, es werden keine aufladbaren Materialien eingesetzt   |
| 7.4 a    |                | Eintrag von Zündquellen :<br>Flammen/ heiße Gase von Drehrohr/ Nachbrennkammer                     | Explosion falls nicht inertisiert | -   | <u>Abluft:</u><br>- Abluft –Leitung über drei Sicherheitsmaßnahmen (Einstufung der Abluft Zone 0) gegen Rückzündung aus Brennkammer geschützt<br><u>Flüssig:</u><br>- Vollständige Entleerung des Behälters durch Füllstandsüberwachung LS- 323 (schaltet Pumpen aus) verhindert<br>- Pumpen können kein Gas fördern; Leerlaufen der Ringleitung zur Feuerung hin durch Doppelabsperreinrichtungen im Lanzenbereich verhindert |
| 7.4 b    |                | Eintrag von Zündquellen über weitere Verbindungen nach außen                                       | Explosion falls nicht inertisiert | -   | - Flammensperre in allen genutzten Abluftleitungen<br>- Zuleitungen aus dem Tanklager stets flüssigkeitsgefüllt ; Tanklagerpumpen an den beiden Arbeitstanks verfügen über Trockenlaufschutz<br><br>- Nicht mit einer Flammensperre gesicherte Leitung über Dach ist dauerhaft geschlossen verriegelt (Armatur XV 200) -   |



| Lfd. Nr. | Gefahrenquelle   | Mögliche Ursachen   | Mögliche Folgen  | Erkennung | Verhindernde und begrenzende Maßnahmen   |
|----------|--|---|--|-----------|--|
| 7.5      | Außerhalb des Systems  | Elektrische Betriebsmittel, Statische Elektrizität, Heiße Oberflächen, Instandsetzungsarbeiten, Heiße Teile an Fahrzeugen | Explosion falls Stofffreisetzung außerhalb des Systems erfolgt | -         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausweisung des Arbeitsbehälterraums entsprechend Zone 1 Ex-RL, dementsprechende Wahl der Betriebsmittel und Ausführung der Anlagen;</li> <li>- Arbeiten mit potentiellen Zündgefahren werden nur Erteilung einer schriftlichen Arbeitserlaubnis und mit entsprechenden Sicherheitsmaßnahmen (Überwachung der Atmosphäre, Entleeren von Komponenten etc.) durchgeführt</li> <li>- Kein Fahrzeugverkehr</li> </ul>  |
| 8.1      | Stoff- und Druckübertrag in/aus anderen Anlageteilen<br>(Flüssigkeitsseitig) |   |  | -         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Keine flüssigseitigen Verschaltungsmöglichkeiten zwischen den einzelnen Arbeitsbehältern</li> </ul>   |
| 8.2      | Stoff- und Druckübertrag in/aus anderen Anlageteilen<br>(Gasseitig)          |   | Reaktionen zwischen inkompatiblen Stoffen                      | -         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbindung der Arbeitsbehälter nur über das gemeinsame Abgassystem</li> <li>- <u>Druck:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Maßnahmen gegen unzulässigen Überdruck in Arbeitsbehältern siehe 4.1</li> </ul> </li> <li>- <u>Stoff:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ins Abgassystem übertretende Verdrängungsgase werden aufgrund der gerichteten Strömung im System in die Verbrennung gefördert und gelangen nicht in anderer Behälter</li> <li>- Aufgrund Stoffkonzentrationen und Mengen verursachen über das Abgassystem in anderer Behälter gelangende Verdrängungsgase keine Gefährdung</li> <li>- Kondensatabscheider an den Abgängen jedes Arbeitsbehälters in das Abgassystem; diese werden regelmäßig überprüft und ggf. – analog den Probenahmeeinrichtungen (siehe oben 2.3) – geleert</li> <li>- Aufschäumen des Arbeitsbehälterinhalts und Übertritt von Schaum ins Abgasnetz wird durch Stillsetzen Rührer falls dieser nicht eingetaucht ist via LS-322- vermieden, siehe 3.2 und 7.2 e</li> <li>- Relevanter (flüssiger) Stoffübertritt ins Abgassystem nur möglich bei Überfüllen des Behälters, dazu siehe 3.1</li> </ul> </li> </ul> |
| 8.3      | Stoff- und Druckübertrag in/aus anderen Anlageteilen<br>(Wasserheizung)      |   | Reaktion mit Wasser, Verschleppung von Verunreinigungen        | -         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Siehe 1.4</li> </ul>  |

| Lfd. Nr. | Gefahrenquelle                   | Mögliche Ursachen   | Mögliche Folgen  | Erkennung       | Verhindernde und begrenzende Maßnahmen  |
|----------|----------------------------------|---|--|-----------------|---|
| 9.       | Rückströmen in die Hilfsmedien   |   |  |                 |   |
| 9.1      | Stickstoffnetz                   |   | Verschleppen von Verunreinigungen  | -               | - Arbeitsbehälter werden drucklos betrieben<br>- Maßnahmen gegen Ausfall Stickstoffversorgung s. lfd. Nr. 12  |
| 9.2      | Spülwasser                       |   | Verschleppen von Verunreinigungen  | -               | - Spülen nur von drucklosen (offenen) Behältern und Rohrleitungsabschnitten   |
| 9.3      | Warmwasserheizung                | Leckage im Bereich der Heizung  | Reaktion mit Wasser, Verschleppung von Verunreinigungen  | -               | - Siehe 1.4   |
| 10       | Gefährliche chemische Reaktionen |   | Hinweis: Bei dieser Gefahrenquelle besteht ein praxisrelevantes aber unvermeidliches Restrisiko, welches aus den Unsicherheiten hinsichtlich der Abfalleigenschaften, des nicht beliebig erweiterbaren Analyseumfangs vor und bei der Annahme und der ausschließlich organisatorischen Maßnahmen resultiert. |                 |   |
| 10.1     | Abweichungen der Ausgangsstoffe  | Verunreinigungen der Ausgangsstoffe z.B. mit katalytischer Wirkung, Aktivatoren Abbau von Inhibitoren (z. B. infolge langer Lagerung), falscher pH-Wert | Überschreiten der Auslegungsparameter und Stofffreisetzung   | - Laboranalysen | - Im Tanklager, aus dem die Arbeitsbehälter befüllt werden, werden keine Stoffe angenommen, bei denen mit der Gefahr von Polymerisation, Selbstentzündung, Selbstzerersetzung etc. gerechnet werden muss oder die besondere Lageranforderungen hinsichtlich der Vermeidung gefährlicher Reaktionen haben.   |
| 10.2     | Vermischung                      | Vermischen von miteinander reagierenden Stoffen   | Überschreiten der Auslegungsparameter und Stofffreisetzung   | - Laboranalysen | - Die Vermischung verschiedener Abfallanlieferungen erfolgt – nach Test der Verträglichkeit oder Erfahrungen mit Voranlieferungen der gleichen Abfallart – bereits im Tanklager   |
| 10.3     | Vermischung                      | Rückstände aus vorheriger Nutzung   | Überschreiten der Auslegungsparameter und Stofffreisetzung   | -               | - Jeder Arbeitsbehälter wird normalbetrieblich nur aus einem fest zugeordneten Arbeitstank im Tanklager befüllt<br>- Der ausnahmsweise Wechsel auf einen anderen Tank des Tanklagers erfolgt – ggf. nach Test der Verträglichkeit der beiden Tankinhalte oder Erfahrungen mit diesen Abfallmischungen aus Voranlieferungen – nur auf solche Tanks, die vom Labor dafür freigegeben sind<br>- Mögliche schwach exotherme Reaktionen (bspw. pH-Wert-Ausgleich) und geringe Gasbildung wird vom System beherrscht (Gasabführung ins Abgas, Wärmeabfuhr in die Umgebung bzw. Wärmekapazität der Abfälle selbst) |
| 10.4     | Vermischung                      | Fehlerhafte Auswahl des Quell tanks   | Überschreiten der Auslegungsparameter und Stofffreisetzung   | -               | - Siehe 10.3  |

| Lfd. Nr. | Gefahrenquelle   | Mögliche Ursachen   | Mögliche Folgen   | Erkennung  | Verhindernde und begrenzende Maßnahmen  |
|----------|--|---|---|--|---|
| 11.1     | Störungen im Stofffluss<br>- vom Tanklager in Arbeitsbehälter    | Falsche Fördergeschwindigkeit<br>Pumpenausfall<br>Armaturenefehlschaltung<br>Tank leer<br>Leckage in Förderleitung<br>Verstopfen            | Überfüllen oder Unterfüllen des Arbeitsbehälters  | - Füllstandsanzeige LI 322 in Bedienstand im Tanklager<br>- Füllstandalarmla-321, LA- 323 und 324  | - <u>Zu Schnell / zu viel:</u> Schaltepunkte der Überfüllsicherungen so gewählt, dass auch bei hohem Förderstrom eine rechtzeitige Abschaltung erfolgt; ansonsten siehe 3.1<br>- <u>Zu wenig / zu langsam:</u> siehe 3.2<br><i>Hinweis: Sicherheitsrelevante Folgen für die Pumpen im Tanklager sind in der Gefahrenquellenanalyse Tanklager betrachtet.</i>  |
| 11.2     | Störungen im Stofffluss<br>- vom Arbeitsbehälter zur Verbrennung | Falsche Fördergeschwindigkeit<br>Pumpenausfall<br>Armaturenefehlschaltung<br>Arbeitsbehälter leer<br>Leckage in Förderleitung<br>Verstopfen | Ausfall Förderung in die Verbrennung<br>Abweichende Verbrennungsparameter und ggf. erhöhte Emissionen | - Abweichungen der Stoffzufuhr zum Drehrohr bzw. zur Nachbrennkammer kann anhand abweichender Verbrennungsparameter vom Anlagenfahrer erkannt werden | <u>Zu schnell / zu viel oder zu wenig / zu langsam:</u><br>- Abweichende Dosiergeschwindigkeit/- mengen führen zu Abweichungen der Verbrennungsparameter sowie ggf. erhöhten Emissionen ; sicherheitsrelevante Abweichungen führen zur Störabschaltung der Verbrennung über Schutzvorrichtungen in diesem Bereich<br>- Siehe auch 5.4 bzw. 7.2 c (Temperaturerhöhung durch Fördern gegen geschlossene Armatur)  |
| 11.3     | Störungen im Stofffluss<br>- Abgasabsaugung                      | Ausfall Abgasventilator<br>Verstopfen Flammensperre<br>Verkleben Über-/ Unterdruckarmatur in Offen-Stellung                                 | Erhöhte Emissionen  | - Ausfall der gesamten Ex.-Absaugung wird zentral in der Messwarte alarmiert   | <u>Zu schnell / zu viel:</u><br>- siehe 4.1.9 bzw. 6.4<br><u>Zu wenig / zu langsam:</u><br>- Bei Ausfall der Abluftabsaugung erfolgt Entatmung über Dach falls Druck im Abluftsystem über 50 mbar steigen sollte (Ansprechdruck Überdruckarmatur zur Atmosphäre)<br>- Drucküberwachung PS +425 schließt bei unzulässigem Druckanstieg die Befüllleitung aus dem Tanklager   |
| 11.4     | Störungen im Stofffluss<br>- Raumabsaugung                       | Ausfall Raumlüftventilator, Verstopfung, Armaturenefehlschaltung, Änderung der Strömungsverhältnisse im Gesamtsystem                        | Erhöhte Schadstoffbelastung im Raum   | - (Elektrischer) Ausfall der Absaugung wird vor Ort alarmiert<br>- Gaswarnanlage im Arbeitsbehälterraum  | - Zugang in den Arbeitsbehälterraum nur bei in Betrieb befindlicher Raumlüftung und sofern kein Gasalarm ansteht (Anzeige vor Ort); ansonsten nur mit Arbeitserlaubnis, persönlicher Schutzausrüstung, transportablem Ex-Ox-Meter und Sicherungsposten<br>- Armaturen vor Ort einjustiert und gegen Verstellen gesichert<br>- Regelmäßige wiederkehrende Prüfung incl. Wiederholungsmessung der Abluftmengen der Lüftungsanlage, notwendigenfalls mit Demontage und Reinigung von Rohrleitungsabschnitten |
| 12.      | Ausfall Energie/ Hilfsmedien                                     |   |   |  |   |
| 12.1.a   |  | Elektrische Energie (Pumpen, Ventilatoren)  | Ausfall Pumpen und Ventilatoren   | - Laufmeldungen  | - Siehe „Störungen im Stofffluss“, lfd. Nr. 11  |
| 12.1.b   |  | Elektrische Energie (Rührer)  | Ausfall Rührer  | - Laufmeldungen  | - Sedimentation und ggf. Phasentrennung begünstigt das Entstehen von Verstopfungen in den nachgeschalteten Anlagenteilen; siehe „Störungen im Stofffluss“, lfd. Nr. 11.2  |

| Lfd. Nr.  | Gefahrenquelle   | Mögliche Ursachen                   | Mögliche Folgen   | Erkennung                                    | Verhindernde und begrenzende Maßnahmen  |
|---|--|-------------------------------------|---|--|---|
| 12.2  |  | Warmwasserbegleitheizung            | Abkühlung, ggf. Einfrieren / Erstarren                        | - s. o. 5.6                                  | - Siehe „Temperatur zu tief“, lfd. Nr. 5.6  |
| 12.3  |  | Stickstoff                          | Inertisierung wird nicht aufrecht erhalten                    | - s. o.6.2                                   | - Siehe „Bildung zündfähiger Gemische - Ausfall Stickstoff“, lfd. Nr. 6.2   |
| 12.4  |  | Spülwasser                          | Unterbrechung von Spülvorgängen                               | - Vor Ort bei den entsprechenden Tätigkeiten | - Keine sicherheitsrelevanten Folgen, Spülvorgang muss unterbrochen werden (siehe auch lfd. Nr. 9.2)  |
| 13  |  | Ausfall MSR-Einrichtungen           | Instrumenten- und Steuerluft oder Stromausfall                | Kein Steuerung der Anlage mehr               | - Zentrale Überwachung, Ausfallanzeige in der Messwarte   |
| Nachfolgend werden nur sicherheitsrelevante MSR-Einrichtungen betrachtet; deren Bezeichnung wurde entsprechend angepasst („Z“ anstelle „S“); wie in der gesamten Gefahrenanalyse sind beispielhaft nur die Einrichtungen an Behälter R 01, Ringleitung VA 2 genannt. Die analogen Einrichtungen an den anderen Behältern / Ringleitungen sind gleichfalls sicherheitsrelevant |  |                                     |   |  |   |
| 13.1  | Überfüllsicherung LZA ++ 321                           | Bspw. Verschmutzung / Schaumbildung | Überfüllung   | - Redundante Überfüllsicherung LS+ 322       | - Ausführung der Standmessungen LZ als MSR-Schutzeinrichtung im Sinne der VDI 2180<br>- Messprinzip von LZA++ 321 in langjähriger Betriebspraxis als geeignet nachgewiesen. Li-<br>quifant schaltet bei 95% Behälterfüllstand.<br>- Redundante Überfüllsicherung (Betriebseinrichtung, keine Schutzeinrichtung) mit anderem<br>Messprinzip (Mikrowellensensor) (damit diversitäre Ausführung)<br>- Regelmäßige wiederkehrende Prüfung der MSR-Schutzeinrichtungen |
| 13.2  | Trockenlaufschutz LZ-- 323                             |                                     | Heisslaufen der Pumpen und Leckage; Auftreten von Zündquellen | - Redundante Überwachung LS-324              | - Ausführung des Trockenlaufschutzes LZ- als MSR-Schutzeinrichtung im Sinne der VDI<br>2180<br>- Temperaturüberwachung TSA+ 624 / 625 schaltet Pumpe bei unzulässiger Erwärmung<br>aus<br>- Regelmäßige wiederkehrende Prüfung der MSR-Schutzeinrichtungen  |
| 13.3  | Temperaturüberwachung TZ+ 624 / 625 an den Pumpen      |                                     | Heisslaufen der Pumpen und Leckage; Auftreten von Zündquellen | -  | - Ausführung der Messung TZ als MSR-Schutzeinrichtung im Sinne der VDI 2180<br>- Regelmäßige wiederkehrende Prüfung der MSR-Schutzeinrichtungen   |
| 13.4  | Temperaturüberwachung TZ+ der Rührerwellendurchführung |                                     | Heisslaufen und gasseitige Leckage; Auftreten von Zündquellen | -  | - Ausführung der Messung TZ als MSR-Schutzeinrichtung im Sinne der VDI 2180<br>- Regelmäßige wiederkehrende Prüfung der MSR-Schutzeinrichtungen   |