

Ausgabe: März 2019

GMBI 2019 S. 270 [Nr. 13–16]

zuletzt geändert: GMBI 2026 S. 258 [Nr. 12]

Technische Regeln für Betriebssicherheit	Gefährdungen durch Dampf und Druck	TRBS 2141
--	---------------------------------------	-----------

Die Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für die Verwendung von Arbeitsmitteln wieder.

Sie werden vom **Ausschuss für Betriebssicherheit** ermittelt bzw. angepasst und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) im Gemeinsamen Ministerialblatt (GMBI) bekannt gegeben.

Diese TRBS 2141 konkretisiert im Rahmen ihres Anwendungsbereichs Anforderungen der Betriebssicherheitsverordnung. Bei Einhaltung dieser Technischen Regel kann der Arbeitgeber davon ausgehen, dass die entsprechenden Anforderungen der Verordnung erfüllt sind. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, muss er damit mindestens die gleiche Sicherheit und den gleichen Gesundheitsschutz für die Beschäftigten erreichen.

Inhalt

- 1 Anwendungsbereich
- 2 Begriffsbestimmungen
- 3 Gefährdungsbeurteilung und Festlegung von Schutzmaßnahmen
- 4 Abweichen von zulässigen Betriebsparametern
- 5 Schädigung der drucktragenden Wandungen
- 6 Freisetzung von Fluiden

Anhang Schema zur Beurteilung des gefahrlosen Ableitens von Gefahrstoffen nach Gefährlichkeitsmerkmalen

1 Anwendungsbereich

(1) Diese Technische Regel gilt für die Beurteilung von Gefährdungen (§ 3 BetrSichV) durch Dampf oder Druck, die bei der Verwendung von druckbeaufschlagten Arbeitsmitteln einschließlich überwachungsbedürftiger Druckanlagen und deren Anlagenteilen auftreten können, und für die Ableitung und Durchführung notwendiger und geeigneter Schutzmaßnahmen.

(2) Sofern nicht alle Elemente der Montage und Installation von druckbeaufschlagten Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen über eine EU-Konformitätserklärung des Herstellers abgedeckt sind, werden in dieser TRBS Elemente des Standes der Technik beschrieben.

(3) Sie enthält auch Hinweise für die Verwendung von Arbeitsmitteln einschließlich überwachungsbedürftiger Anlagen unter innerem Überdruck, für die keine Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft hinsichtlich des Druckrisikos bestehen.

(4) Für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung gelten die Anforderungen der TRBS 1111.

2 Begriffsbestimmungen

Folgenden Begriffe sind in der TRBS 1201 Teil 2 bestimmt:

1. Druckanlage
2. maximal zulässiger Druck (PS)
3. zulässiger Betriebsdruck (P_B)
4. Prüfdruck (P_P)
5. Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion

2.1 Betriebsparameter

Betriebsparameter sind Festlegungen von Prozess- und Stoffparametern, z. B. Druck, Temperatur, Durchflussmenge, Füllhöhe, pH-Wert.

2.2 Bestimmungsgemäße Betriebsweise

Bestimmungsgemäße Betriebsweise ist die Verwendung von druckbeaufschlagten Arbeitsmitteln einschließlich überwachungsbedürftiger Druckanlagen unter Einhaltung der zulässigen Betriebsparameter, die der Arbeitgeber unter Berücksichtigung der Herstellerangaben für die vorgesehene Verwendung festgelegt hat.

Hierbei sind auch Füll-, Entleer-, An- und Abfahrvorgänge sowie vernünftigerweise nicht auszuschließende Abweichungen von den überwiegend zu unterstellenden Prozess- und Stoffparametern zu berücksichtigen.

2.3 Zulässige minimale/maximale Temperatur

Die zulässige minimale/maximale Temperatur (T_S) gemäß der Richtlinie 2014/68/EU ist die vom Hersteller angegebene minimale/maximale Temperatur, für die das Gerät ausgelegt ist.

2.4 Zulässige Betriebstemperatur

Die zulässige Betriebstemperatur (T_B) bezeichnet den vom Arbeitgeber festgelegten höchsten bzw. niedrigsten Wert der Temperatur, auf den das Druckgerät durch ein Ausrüstungsteil mit Sicherheitsfunktion abgesichert ist. Dieser darf im Betrieb nicht über- bzw. unterschritten werden. Die zulässige Betriebstemperatur (T_B) kann sich von der zulässigen minimalen/maximalen Temperatur (T_S) gemäß der Richtlinie 2014/68/EU unterscheiden.

2.5 Zulässiger Füllgrad/Füllstand

Der zulässige Füllgrad (%) bzw. der zulässige Füllstand (m) bezeichnet den zulässigen Volumenanteil der Flüssigphase oder Festphase.

2.6 Bauteile

Bauteile sind Elemente von unter Druck stehenden Geräten. Hierzu zählen z. B. Böden, Flansche, Schaugläser, Ausdehnungsstücke, Rohre, Fittings, Armaturen für Schlauchleitungen und Verschlusselemente. Beim Zusammenbau von Bauteilen zur Herstellung eines Druckgerätes oder eines einfachen Druckbehälters sind die materiellen Anforderungen der Richtlinien 2014/68/EU bzw. 2014/29/EU zu beachten.

2.7 Druckgeräte

Druckgeräte sind Behälter, Rohrleitungen, Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion und druckhaltende Ausrüstungsteile im Sinne der Richtlinie 2014/68/EU.

2.8 Einfache Druckbehälter

Einfache Druckbehälter sind serienmäßig hergestellte Behälter im Sinne der Richtlinie 2014/29/EU.

2.9 Baugruppen

Baugruppen sind mehrere Druckgeräte, die von einem Hersteller zu einer zusammenhängenden, funktionalen Einheit verbunden werden. Ist eine solche Baugruppe vom Hersteller dazu bestimmt, als Baugruppe auf den Markt gebracht und in Betrieb genommen zu werden, muss sie der Richtlinie 2014/68/EU entsprechen.

2.10 Dampfkesselanlage

Eine Dampfkesselanlage ist eine Druckanlage, die mindestens ein feuerbeheiztes, abgasbeheiztes oder elektrisch beheiztes überhitzungsgefährdetes Druckgerät zur Erzeugung von Dampf oder Heißwasser mit einer Temperatur größer 110 °C beinhaltet und bei der der erzeugte Dampf oder das Heißwasser außerhalb derselben Druckanlage verwendet wird.

Zur Dampfkesselanlage gehören die nachfolgenden Teile und Einrichtungen, sofern diese für den sicheren Betrieb erforderlich sind und nicht der Verwendung des erzeugten Dampfes/Heißwassers dienen:

1. der Dampfkessel (Dampf- oder Heißwassererzeuger), als Behälter- oder Rohranordnungen, die unter einem höheren als dem atmosphärischen Druck stehen, einschließlich aller drucktragenden Teile vom Speisewassereintritt bis zum Dampf- und/oder Heißwasseraustritt bis zur ersten Absperreinrichtung,
2. das Kesselgerüst, die Wärmedämmung und/oder die Ausmauerung und die Ummantelung,
3. die Einrichtungen für die Feuerung,
4. die dem Dampfkesselbetrieb dienenden Dampf- und Heißwasserleitungen und deren Armaturen, soweit sie mit dem Dampfkessel eine Funktionseinheit bilden, bis zu den bei der Gefährdungsbeurteilung festgelegten Schnittstellen,
5. die Einrichtungen innerhalb und außerhalb des Kesselaufstellungsraumes zur Lagerung, Aufbereitung und Zuleitung von Brennstoffen,
6. die Einrichtungen zur Luftversorgung des Dampfkessels einschließlich der Gebläse und der mit Rauchgas beheizten Luftvorwärmer,

7. die absperrbaren mit Rauchgas beheizten Überhitzer und Zwischenüberhitzer sowie die im Kesselaufstellungsraum befindlichen Dampfkühler und dazugehörige Verbindungsleitungen,
8. die absperrbaren Speisewasservorwärmer, soweit sie im Rauchgasstrom der Feuerung angeordnet sind, sowie die Speisevorrichtungen mit den zum Dampfkessel führenden Speiseleitungen,
9. die Einrichtungen zur Sicherstellung der Speisewasser- und Kesselwasserqualität,
10. die Einrichtungen zur Rauchgasabführung einschließlich der Saugzuganlagen und des Schornsteins bzw. der Rauchgasableitung über einen Kühlturm sowie der in die Rauchgasabführung eingebauten Anlagen zur Verminderung von Luftverunreinigungen,
11. die Einrichtungen zur Druckhaltung und zum Volumenausgleich (Druckausdehnungsgefäße, Ausdehnungsbehälter), Heißwassererzeugungsanlagen einschließlich der zugehörigen Verbindungsleitungen,
12. alle anderen Einrichtungen, die dem Betrieb der Dampfkesselanlage dienen,
13. Einrichtungen, in denen der erzeugte Dampf überhitzt oder gekühlt wird und die sich ganz oder teilweise in einem Dampfkessel befinden,
14. alle Überwachungs- und Sicherheitssysteme des Dampfkessels,
15. der Kesselaufstellungsraum.

2.11 Sicherheitsrelevante Ausrüstung

Zur sicherheitsrelevanten Ausrüstung gehören:

1. Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion (siehe TRBS 1201 Teil 2)
2. Sicherheitsrelevante druckhaltende Ausrüstungsteile

Sicherheitsrelevante druckhaltende Ausrüstungsteile sind neben den Ausrüstungsteilen mit Sicherheitsfunktion auch alle weiteren Ausrüstungsteile, die die Sicherheit druckbeaufschlagter Arbeitsmittel (einschließlich überwachungsbedürftiger Anlagen und deren Anlagenteile) beeinflussen, wie z. B. Absperrorgane, die zur stofflichen Trennung eines Anlagenteils von der übrigen Anlage oder der Umgebung dienen, sicherheitsrelevante Einrichtungen zum Nachspeisen bei beheizten Druckanlagen und Druckwarneinrichtungen bei Druckanlagen, die betriebsmäßig geöffnet werden.

3. Überwachungseinrichtungen

Überwachungseinrichtungen sind Anzeige- oder Warneinrichtungen, die es ermöglichen, dass entweder automatisch oder von Hand geeignete Schutzmaßnahmen ergriffen werden, um die Einhaltung der zulässigen Betriebsparameter zu gewährleisten, z. B. Flüssigkeitsstandanzeiger und Drucküberwachung mit Alarm. Warneinrichtungen, die es ermöglichen, dass Schutzmaßnahmen von Hand ergriffen werden, müssen rechtzeitig vor dem Überschreiten der zulässigen Betriebsparameter ein optisches oder akustisches Signal auslösen, damit das Betriebspersonal wirksame Schutzmaßnahmen einleiten und vollenden kann.

4. Einrichtungen im Aufstellungsbereich

Einrichtungen im Aufstellungsbereich sind z. B. bauliche Einrichtungen wie ein Anfahrerschutz, die für die sichere Verwendung von Bedeutung sind.

2.12 Lösbare Verbindungen

Lösbare Verbindungen umfassen Dichtelemente und weitere für die Dichtheit notwendige Konstruktionselemente z. B. Flansche, Schraubverbindungen.

2.13 Verschlüsse

Verschlüsse stellen den direkten Abschluss zu der das Druckgerät umgebenden Atmosphäre her. Verschlüsse sind z. B. Blindflansche, von innen eingesetzte Deckel, Deckel mit besonderen Verschlusselementen und Schnellverschlüsse. Sie umfassen ebenfalls Dichtelemente und weitere für die Dichtheit notwendige Konstruktionselemente.

Als Schnellverschlüsse gelten dabei alle Verschlussarten mit Ausnahme von Bügelverschlüssen mit einer lichten Weite von bis zu 500 mm, die

1. sich mit einzeln zu betätigenden Verschlusselementen schnell öffnen lassen und
2. Einrichtungen aufweisen, die ein unkontrolliertes Öffnen verhindern, solange der Druck oder die Temperatur des Fluids ein Risiko darstellen. Diese Einrichtungen können konstruktiv oder mithilfe von sicherheitsrelevanten MSR-Einrichtungen ausgeführt sein.

2.14 Auf Dauer technisch dicht

Anlagenteile gelten als auf Dauer technisch dicht, wenn

1. sie so ausgeführt sind, dass sie aufgrund ihrer Konstruktion technisch dicht bleiben oder
2. ihre technische Dichtheit durch Wartung und Überwachung ständig gewährleistet wird.

Beispiele für auf Dauer technisch dichte Anlagen- und Ausrüstungsteile siehe TRGS 722 Abschnitt 4.5.2.

2.15 Technisch dicht

Anlagenteile gelten als technisch dicht, wenn bei einer für den Anwendungsfall geeigneten Dichtheitsprüfung oder Dichtheitsüberwachung bzw. -kontrolle, z. B. mit schaubildenden Mitteln oder mit Lecksuchgeräten oder Leckanzeigegeräten, eine Undichtheit nicht feststellbar ist.

Beispiele für technisch dichte Anlagenteile siehe TRGS 722 Abschnitt 4.5.3.

2.16 Kreislaufwasser

Kreislaufwasser ist Wasser, das in einer Heißwasseranlage zwischen dem Heißwassererzeuger und den Wärmeverbrauchern umgewälzt wird.

2.17 Technische Schutzmaßnahmen

Technische Schutzmaßnahmen im Sinne dieser TRBS sind die im Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung festzulegenden Maßnahmen. Bestandteil dieser Maßnahmen sind Einrichtungen, die entweder inhärent oder autonom wirksam sind oder einen Eingriff des Bedienpersonals zur Betätigung bedürfen.

Zu den technischen Schutzmaßnahmen zählen vor allem

1. konstruktive Maßnahmen, z. B. ausreichende Dimensionierung,
2. sicherheitsrelevante Ausrüstungen entsprechend Abschnitt 2.11.

2.18 Organisatorische Schutzmaßnahmen

Organisatorische Schutzmaßnahmen im Sinne dieser TRBS sind die im Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung festzulegenden Maßnahmen, z. B. im Hinblick auf

1. Aufgaben- und Verantwortungsübertragung an Beschäftigte,
2. Festlegungen in Betriebsanweisungen,
3. hierzu durchzuführende Unterweisungen,
4. Arbeitsfreigabeverfahren,
5. ggf. erforderliche Zugangsbeschränkungen,
6. Beaufsichtigung,
7. Informationswege,
8. Kennzeichnungen und Warnhinweise,
9. Art, Umfang, Fristen und Zuständigkeiten für durchzuführende Prüfungen und Kontrollen sowie
10. Umsetzung von Instandhaltungsmaßnahmen zum Erhalt der Funktionsfähigkeit sicherheitsrelevanter Ausrüstungen.

3 Gefährdungsbeurteilung und Festlegung von Schutzmaßnahmen

(1) Gemäß § 3 Absatz 1 BetrSichV i. V. m. der TRBS 1111 „Gefährdungsbeurteilung“ sind die Gefährdungen durch Dampf oder Druck zu ermitteln, die bei der Verwendung von druckbeaufschlagten Arbeitsmitteln einschließlich überwachungsbedürftiger Druckanlagen und deren Anlagenteilen auftreten können. Anschließend sind die auftretenden Gefährdungen zu bewerten sowie notwendige und geeignete Schutzmaßnahmen abzuleiten, festzulegen und durchzuführen.

(2) Technische Schutzmaßnahmen sind ggf. bereits vom Hersteller vorgesehen und im Rahmen eines Konformitätsbewertungsverfahrens auf Eignung und Funktion überprüft worden. Unbenommen davon kann es erforderlich sein, dass durch den Arbeitgeber im Ergebnis seiner Gefährdungsbeurteilung noch zusätzliche technische Schutzmaßnahmen festzulegen sind.

(3) Bei der Bewertung der Gefährdungen für Beschäftigte und andere Personen im Gefahrenbereich sind betriebliche und technische Einflüsse durch das druckbeaufschlagte Arbeitsmittel bzw. die überwachungsbedürftige Druckanlage in der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen. Hierbei können auch Methoden angewendet werden, welche die zu erwartende Häufigkeit des Eintritts einer Gefährdung und das beim Ereigniseintritt zu erwartende Schadensausmaß berücksichtigen. So ist das zu erwartende Schadensausmaß z. B. an einem Phosgenbehälter höher zu bewerten, als bei einem Druckluftbehälter.

(4) Gefährdungen für Beschäftigte und andere Personen im Gefahrenbereich können sich im Gefahrenfeld Druck insbesondere durch drei Szenarien ergeben, für die in den Abschnitten 4, 5 und 6 beispielhaft die Beurteilung der hieraus entstehenden Gefährdungen und mögliche Schutzmaßnahmen beschrieben sind:

1. Abweichen von zulässigen Betriebsparametern,
2. Schädigung der drucktragenden Wandung,
3. Freisetzung von Fluiden.

(5) Bei der Festlegung von Schutzmaßnahmen kann auch auf die in einschlägigen Normen implizit enthaltenen Schutzmaßnahmen zurückgegriffen werden, sofern diese für die Verwendung der Druckanlage zutreffen.

Hinweis:

Die aus der Gefährdungsbeurteilung abgeleiteten Anforderungen an Prüfungen bei der Verwendung von nicht überwachungsbedürftigen Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Druckanlagen und deren Anlagenteilen werden in der TRBS 1201 und TRBS 1201 Teil 2 konkretisiert.

(6) Grundsätzlich haben technische Schutzmaßnahmen Vorrang vor organisatorischen Schutzmaßnahmen.

Organisatorische Maßnahmen können angewendet werden, wenn

1. diese in Regelwerken in Form konkreter Maßnahmen beschrieben sind,
2. sich das Schutzziel nicht allein durch technische Schutzmaßnahmen erreichen lässt,
3. diese zur zeitlich begrenzten Kompensation vorgesehener, aber noch nicht umgesetzter technischer Schutzmaßnahmen dienen,
4. diese zur zeitlich begrenzten Kompensation vorgesehener, aber temporär nicht verfügbarer technischer Schutzmaßnahmen dienen,
5. die Anwendung technischer Schutzmaßnahmen unter Erwägung der nachfolgenden Aspekte nicht angemessen erscheint:
 - a) bei besonderen Betriebszuständen mit zeitlicher Begrenzung,
 - b) wenn der Aufwand einer technischen Schutzmaßnahme zum präventiven Nutzen der Maßnahme in Missverhältnis steht, sofern Sicherheit und Schutz der Gesundheit durch die organisatorischen Maßnahmen zumindest in vergleichbarer Weise gewährleistet sind.

(7) Die organisatorischen Schutzmaßnahmen müssen geeignet sein, das Schutzziel zu erreichen.

(8) Schutzmaßnahmen müssen nachvollziehbar dokumentiert werden. Bei organisatorischen Schutzmaßnahmen kann dies z. B. in Form von Arbeitsprogrammen, Betriebsanweisungen oder Dokumenten, die im Rahmen eines betrieblich vorgegebenen Freigabeverfahrens erstellt werden, erfolgen. Falls erforderlich, sind den Dokumenten weitergehende Unterlagen beizufügen, wie Inspektionspläne und Checklisten oder Pläne zur Kennzeichnung betroffener Anlagenteile.

(9) Technische Schutzmaßnahmen müssen gegebenenfalls durch organisatorische Schutzmaßnahmen erweitert werden, wenn technische Einrichtungen einen Eingriff durch Bedienungspersonal zur Betätigung erfordern. Beispiele dafür sind manuell zu betätigende Berieselungsanlagen oder Feuerlöscheinrichtungen (siehe Abschnitt 4.3.5).

(10) Darüber hinaus müssen auch personenbezogene Schutzmaßnahmen festgelegt werden, sofern technische und organisatorische Schutzmaßnahmen alleine nicht ausreichend sind. Nachfolgend werden technische und organisatorische Schutzmaßnahmen behandelt.

4 Abweichen von zulässigen Betriebsparametern

Durch Abweichungen von zulässigen Betriebsparametern können Gefährdungen für Beschäftigte und andere Personen im Gefahrenbereich infolge eines Versagens der drucktragenden Wandung entstehen. In der Regel geht den Abweichungen von zulässigen Betriebsparametern das Versagen technischer Schutzmaßnahmen, insbesondere das Versagen von Sicherheit beeinflussenden Ausrüstungsteilen, oder das Versagen organisatorischer Schutzmaßnahmen voraus.

4.1 Ermittlung von Gefährdungen

Ursachen für Abweichungen von den zulässigen Betriebsparametern können insbesondere sein:

4.1.1 Überschreitung des zulässigen Betriebsdrucks

Zum Beispiel infolge von:

1. Druckanstieg durch höheres Druckpotenzial in angeschlossenen Anlagenteilen, z. B. aus Ringnetzen, Vorlagen und Vorratsbehältern,
2. Ausfall von Kühlung bzw. Temperaturüberwachung,
3. Überfüllung durch Überschreitung des zulässigen Füllgrades (z. B. mittels Pumpen),
4. Füllvorgängen (z. B. bei Befüllen mittels Verdichter),
5. behinderter Wärmeausdehnung von in Anlagenteilen eingeschlossenen Flüssigkeiten oder von Gasen in Flüssigphase,
6. abgesperrten oder verstopften Entlüftungsleitungen, Gaspendelleitungen oder Flammendurchschlagssicherungen ~~sperrten~~,
7. Fördern gegen geschlossene Armaturen,
8. Ausfall der Kondensation bei Dämpfen,
9. Ausfall bzw. Fehlfunktion von Steuer- oder Regeleinrichtungen,
10. externer Wärmeeinwirkung durch Brand,
11. exothermen chemischen Reaktionen,
12. Zerfallsreaktionen,
13. physikalischen Explosionen, die beim Kontakt von kalten Flüssigkeiten mit heißen Schmelzen bzw. Flüssigkeiten (z. B. Metallschmelzen, organische Wärmeträgeröle), deren Temperatur über der Siedetemperatur der kalten Flüssigkeit liegt, entstehen können,
14. Druckstößen, z. B. durch Flüssigkeitsschlag und Kavitation.

4.1.2 Unterschreitung des zulässigen Betriebsdrucks

Zum Beispiel infolge von:

1. Abkühlung von Flüssigkeiten,
2. Auskondensieren von Dämpfen,
3. saugseitiger Verstopfung von Filtern,
4. Entleerung des Druckgerätes.

4.1.3 Überschreitung der zulässigen Betriebstemperatur

Zum Beispiel infolge von:

1. Ausfall einer Kühlung, z. B. bei Temperatur- und Mengenfehlmessungen an Einspritzungen oder Stationen,
2. exothermen chemischen Reaktionen,
3. Ausfall/Fehlfunktion der Brennersteuerung,
4. Bildung von Belägen.

4.1.4 Unterschreitung der zulässigen Betriebstemperatur

Zum Beispiel infolge von:

1. Beaufschlagung von Rohrleitungen hinter Verdampfern mit tiefkalten flüssigen Gasen bei zu großer Abnahmeleistung,
2. adiabatischer Entspannung von Gasen (bei CO₂, Flüssiggas, Ammoniak usw.).

4.1.5 Überschreitung der zulässigen mechanischen Werkstoffbeanspruchungen

Zum Beispiel infolge von:

1. äußeren Kräften und Momenten an Tragelementen und Stützen,
2. unzulässigen Temperaturdifferenzen und Temperaturgradienten in der drucktragenden Wandung,
3. unzulässigen Temperaturänderungsgeschwindigkeiten, z. B. beim An- und Abfahren,
4. behinderter Wärmeausdehnung bei Temperaturschwankungen, z. B. beim An- und Abfahren,
5. hohen Betätigungskräften an Armaturen,
6. Schwingungen von Anlagenteilen,
7. Rückstoßkräften bei Druckentlastung.

4.1.6 Versagen der sicherheitsrelevanten Ausrüstung

Zum Beispiel infolge von Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit durch das Fluid oder die Betriebsweise, bedingt durch

1. Verkleben, Verstopfen oder Korrosion bei Sicherheitsventilen, Berstscheiben, Sensoren und Zuleitungen von Messeinrichtungen, sicherheitsrelevanten Armaturen,
2. Kondensatansammlung an Tiefpunkten von Sicherheitsventilabblaseleitungen.

4.1.7 Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit durch äußere Einflüsse

Zum Beispiel durch:

1. Korrosion von außen,
2. Verschmutzung oder unsachgemäße Beschichtung,
3. Ausfall der Energieversorgung,
4. Beschädigung durch Gewalteinwirkung,
5. Schwingungen, Vibrationen von Quellen in der Umgebung,
6. Einfrieren, Vereisung.

4.2 Bewertung der Gefährdungen

4.2.1 Bewertung im Rahmen der Beschaffung

Zum Beispiel:

1. Ableitung der maßgeblichen Auslegungsparameter (z. B. Druck, Temperatur, Lastwechsel) aus der Analyse der möglichen Betriebszustände,
2. Ermittlung reaktionskinetischer Kennwerte bei verfahrenstechnischen Prozessen (z. B. Zersetzung instabiler Fluide, exotherme Reaktion), siehe hierzu z. B. als Erkenntnisquelle TRAS 410,
3. statischer Druck und Füllgewicht unter Betriebs- und Prüfbedingungen,
4. Betrachtung der äußeren Einflüsse und der Aufstellbedingungen (z. B. Frost, Hitze, Schwingungen, Wind, Verkehr),
5. Reaktionskräfte und –momente im Zusammenhang mit Tragelementen, Befestigungen, Rohrleitungen, Rührer usw.,
6. Eignung der sicherheitsrelevanten Ausrüstung (z. B. Dimensionierung eines Sicherheitsventiles, Einstufung einer sicherheitsrelevanten MSR-Einrichtung).

4.2.2 Bewertung während der Verwendung

Zum Beispiel:

1. Prüfung, ob die vom Hersteller vorgesehene Auslegung (gemäß Betriebsanleitung) mit der tatsächlichen übereinstimmt (z. B. Anzahl Lastwechsel),
2. Berücksichtigung der Ergebnisse aus der Prüfung vor Inbetriebnahme,
3. Berücksichtigung der Ergebnisse aus der Prüfung der sicherheitsrelevanten Einrichtungen (z. B. Sollwerte eingehalten, sichere Funktion, freier Durchgang).

4.3 Festlegung von Schutzmaßnahmen im Rahmen der Beschaffung

Folgende beispielhaft genannten Schutzmaßnahmen können sich für die der Beschaffung zugrunde zu legenden Betriebsparameter ergeben:

4.3.1 Schutzmaßnahmen gegen Überschreitungen des zulässigen Betriebsdrucks und der zulässigen Betriebstemperatur

Zum Beispiel:

1. Bei einem leicht exothermen verfahrenstechnischen Prozess kann es bei unsachgemäßer Dosierung der Einsatzstoffe oder bei einem Ausfall der Kühlung zu einem geringfügigen Druck- und Temperaturanstieg kommen.

Schutzmaßnahmen:

Die bei einem geringfügigen Druck- und Temperaturanstieg anstehenden maximalen Werte für Druck und Temperatur werden als zulässiger Betriebsdruck (P_B) und zulässige Betriebstemperatur (T_B) definiert, wenn damit eine technisch praktikable Auslegung der Druckanlage noch möglich ist. Der zulässige Druck (P_S) und die zulässige Temperatur (T_S) werden so ausgelegt, dass sie größer oder gleich den Werten für den zulässigen Betriebsdruck (P_B) und die zulässige Betriebstemperatur (T_B) sind. Zusätzlich Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion sind so nicht erforderlich.

2. Bei einem stark exotherm verlaufenden verfahrenstechnischen Prozess kann es bei unsachgemäßer Dosierung der Einsatzstoffe oder bei einem Ausfall der Kühlung zu einem so großen Druck- und Temperaturanstieg kommen, dass eine inhärent sichere Auslegung der Druckanlage nicht mehr praktikabel ist.

Schutzmaßnahmen:

Durch geeignete Sicherheitsmaßnahmen, wie z. B. Einsatz einer sicherheitsrelevanten MSR-Einrichtung zur Vermeidung von Dosierfehlern oder redundantem Kühlsystem, wird sichergestellt, dass diese Betriebsparameter nicht überschritten werden.

Die Einhaltung der zulässigen Betriebsparameter bei chemischen Reaktionen wird durch sicherheitsrelevante Ausrüstungen gewährleistet, wie zum Beispiel:

- a) Dosierfehler werden verhindert durch
- Dosierpumpen mit definierten Mengenströmen,
 - Einrichtungen zur Mengenmessung im Zulauf oder Füllstanderkennung, welche beim Erreichen von definierten Grenzwerten selbsttätig wirkende Schutzmaßnahmen einleiten, z. B. das Schließen der Zuläufe,
 - zwangsverriegelte Produktzuläufe.
- b) Die Akkumulation unkontrollierbarer Reaktionspotenziale infolge verzögerter oder nicht einsetzender Reaktionsverläufe, wie z. B. durch unzureichende Durchmischung, unzureichende Startenergie oder zu niedrige Anfangstemperatur, wird durch Schutzmaßnahmen zur Reaktionsüberwachung und gegebenenfalls Reaktionsführung verhindert. Hierbei können Einrichtungen
- zum Überwachen der Funktion des Rührwerks,
 - zum Vergleich der Ist- und Soll-Temperaturverläufe,
 - zur Kontrolle des Kühlmediumbedarfs bzw. der Wärmeaufnahme,
 - zur Erstellung von Stoffmengenbilanzen oder sicherheitstechnische Systeme auf Basis von Prozessmodellen
- zum Einsatz kommen.
- c) Es werden Schutzmaßnahmen zur Druck- und Temperaturüberwachung getroffen, die selbsttätig wirkende Vorgänge einleiten, wenn weitere Ursachen, wie z. B. ein Ausfall der Kühlung oder Eintrag von Verunreinigungen, zu Reaktionsabläufen mit Überschreitung der zulässigen Betriebsparameter führen können.

3. Verdichterstationen werden mit Ausrüstungsteilen mit Sicherheitsfunktion ausgerüstet, die verhindern, dass während des Förderbetriebes und der Förderpausen unzulässige Drücke auftreten

4.3.2 Schutzmaßnahmen gegen Unterschreitung des zulässigen Betriebsdrucks

Zum Beispiel:

Bei einer Druckanlage kann im Zuge von Entleervorgängen oder bei bestimmten Prozessschritten neben Überdruck auch Unterdruck entstehen.

Schutzmaßnahmen:

Als Betriebsparameter wird neben dem Überdruck auch ein Wert für den Unterdruck vorgegeben und zusätzlich bei der Beschaffung berücksichtigt. Durch geeignete Schutzmaßnahmen, wie z. B.

1. inhärent sichere Auslegung,
2. mechanische Unterdruckabsicherung oder
3. sicherheitsrelevante MSR-Einrichtung

wird sichergestellt, dass die zulässigen Betriebsparameter eingehalten werden.

4.3.3 Schutzmaßnahmen gegen Überschreitung der zulässigen mechanischen Werkstoffbeanspruchungen

Zum Beispiel:

Bei einer Rohrleitung ist es aufgrund der örtlichen Gegebenheiten nicht möglich, zusätzliche Beanspruchungen infolge temperaturbedingter Längenänderungen durch eine entsprechende Rohrleitungsverlegung zu kompensieren. Am Anschluss der Rohrleitung an einen Druckbehälter kommt es deshalb zu größeren Kräften und Momenten.

Schutzmaßnahme:

Neben den Werten für Druck und Temperatur werden zusätzliche Werte für äußere Kräfte und Momente für den Anschlussstutzen der Rohrleitung als Betriebsparameter vorgegeben.

4.3.4 Schutzmaßnahmen gegen das Versagen der sicherheitsrelevanten Ausrüstung

Zum Beispiel:

1. Die Funktionsfähigkeit eines Sicherheitsventils wird durch die Einbausituation beeinflusst.

Schutzmaßnahme:

Bei der Auswahl und Beschaffung eines geeigneten Sicherheitsventils werden die Druckverluste in den Zuführ- und Abblaseleitungen vorgegeben.

2. Die Funktionsfähigkeit eines Sicherheitsventils wird durch die Stoffeigenschaften beeinflusst.

Schutzmaßnahme:

Bei aggressiven oder verklebenden Fluiden wird vorgegeben, dass dem Sicherheitsventil eine Berstscheibe vorgeschaltet wird.

4.3.5 Schutzmaßnahmen bei der Aufstellung und gegenüber Einflüssen aus Umgebungsbedingungen

Zum Beispiel:

1. Druckanlagen bzw. deren Anlagenteile müssen so aufgestellt werden, dass keine Belastungen auftreten, die bei der Auslegung und Fertigung nicht berücksichtigt wurden. Ebenso muss gewährleistet sein, dass die Funktionsfähigkeit der sicherheitsrelevanten Ausrüstung nicht negativ beeinflusst wird.

Schutzmaßnahmen hierzu sind zum Beispiel:

- a) Die Gründung der Druckanlage wird so ausgeführt, dass durch die Gründung selbst, durch das Eigengewicht einschließlich des Fluids oder des Druckprüfmittels bei der Druckprüfung und durch äußere Kräfte keine unzulässigen Verlagerungen oder Neigungen auftreten können.
- b) Die Druckanlage und die sicherheitsrelevante Ausrüstung werden gegen schädliche Umwelt-, Umgebungs- sowie Witterungseinflüsse geschützt, sofern hierdurch ihre Funktion beeinträchtigt werden kann.
- c) Die Kennzeichnung, leichte Zugänglichkeit und Einsehbarkeit der sicherheitsrelevanten Ausrüstung von Druckanlagen werden sichergestellt.

- d) Zur Abwendung mechanischer Beschädigungen werden Schutzabstände zu Verkehrswegen festgelegt und gekennzeichnet, siehe z. B. TRBS 3146/TRGS 746.
 - e) Zur Gewährleistung der Wirksamkeit eines Anfahrschutzes und/oder Schutzabstandes werden Geschwindigkeitsbegrenzungen auf den umliegenden Verkehrswegen festgelegt und kontrolliert.
 - f) Versuchsautoklaven, bei denen die bei den Versuchen zu erwartenden Drücke und Temperaturen nicht sicher bekannt sind, werden in besonderen Kammern oder hinter Schutzwänden aufgestellt, die so gestaltet sind, dass die Versuchsautoklaven gegen Einwirkung von außen gesichert sowie Beschäftigte und andere Personen im Gefahrenbereich im Falle eines Versagens des Versuchsautoklaven geschützt sind. Bei diesen Druckgeräten für Versuchszwecke sind Sicherheitseinrichtungen gegen Druck- und Temperaturüberschreitung nicht zweckdienlich. Die Beobachtung der Sicherheits- und Messeinrichtungen und die Bedienung des Versuchsautoklaven müssen von sicherer Stelle aus erfolgen.
2. Zur Vermeidung einer unzulässigen Erwärmung durch eine Brandlast, die ein Versagen drucktragender Wandungsteile, sicherheitstechnisch relevanter Ausrüstungsteile und tragender Bauteile, wie z. B. Stahlstützen, Standzargen und Tragpratzen von Druckanlagen bzw. ihren Teilen, bewirken könnte, werden Schutzmaßnahmen zum Schutz von Beschäftigten und Personen im Gefahrenbereich getroffen.

Schutzmaßnahmen sind zum Beispiel (vgl. TRBS 3146/TRGS 746):

- a) Schutzabstand,
- b) Schutzwand,
- c) Erddeckung,
- d) Brandschutzdämmung,
- e) stationäre Feuerlöschanlagen,
- f) Berieselungsanlagen.

Hierbei wird davon ausgegangen, dass die Druckanlage nicht für die bei einem Brandfall auftretenden Temperaturen ausgelegt wird.

Weitere ergänzende Maßnahmen sind z. B.:

- a) Der Schutzabstand wird zur Gewährleistung der Wirksamkeit gekennzeichnet.
- b) Das Einbringen von Brandlasten in die festgelegten Schutzabstände wird untersagt. Für Arbeiten, bei denen dennoch das Einbringen von Brandlasten innerhalb von Schutzabständen erforderlich ist, sind Zusatzmaßnahmen festzulegen.
- c) Zur Brandabwehr und Brandbekämpfung wird eine Alarmierung und Bereitstellung entsprechender Kräfte festgelegt.

4.4 Festlegung von Schutzmaßnahmen im Rahmen der Montage und Installation

(1) Bei Montage und Installation können z. B. die nachfolgenden Schutzmaßnahmen zielführend sein:

- 1. Druckanlagen und deren Teile werden so montiert, dass sie beim späteren Betrieb ihre Lage nicht unzulässig verändern. Lageveränderungen von Rohrleitungen können z. B. vermieden werden, wenn
 - a) temperaturbedingte Dehnungen bei der Verlegung berücksichtigt und längere Rohrleitungen mit elastischen Zwischenstücken, z. B. mit Kompensatoren und Dehnschenkeln, ausgerüstet sind, soweit nicht die Rohrführung eine ausreichende Dehnung ermöglicht,

- b) oberirdische Rohrleitungen auf einer ausreichenden Zahl von Stützen aufliegen, so dass eine unzulässige Durchbiegung vermieden wird und sie so befestigt sind, dass gefährliche Lageveränderungen nicht eintreten können,
 - c) erdgedeckte Rohrleitungen so verlegt sind, dass sie gleichmäßig aufliegen,
 - d) Festpunkte so ausgeführt werden, dass sie die auftretenden Schnittlasten abtragen können,
 - e) Armaturen durch ihr Eigengewicht die Rohrleitung nicht überlasten sowie durch die Betätigungskräfte keine unzulässigen Beanspruchungen auf die Rohrleitung übertragen werden.
2. Absperreinrichtungen vor oder hinter Ausrüstungsteilen mit Sicherheitsfunktion werden gegen unbeabsichtigtes Schließen, Verstellen oder Betätigen gesichert.
3. Bei absperrbaren Abschnitten von Druckanlagen, bei denen ein unzulässiger Druckanstieg infolge behinderter Wärmeausdehnung von Fluiden (Flüssigkeiten oder Gase in flüssigem Zustand) möglich ist, werden geeignete Schutzmaßnahmen getroffen, z. B.
- a) Ausrüstung mit Überströmventilen oder Druckentlastungseinrichtungen,
 - b) Verriegelung der Armaturen in Offenstellung.
- (2) Nach Abschluss von Montage- und Installationsarbeiten können die nachfolgenden Schutzmaßnahmen zielführend sein:
- 1. Der Zustand vor der Inbetriebnahme wird zur Feststellung von Lageveränderungen von Rohrleitungen für den späteren Vergleich erfasst.
 - 2. Zur Gewährleistung des sicheren Zustandes im Hinblick auf richtige Auswahl von Ersatzteilen, richtigen Zusammenbau und richtige Einbaulage werden nach Montagen Kontrollen durchgeführt.
 - 3. Nach erfolgter statischer Druckprüfung wird kontrolliert, dass Unterstützungsstrukturen deblockiert sind.
 - 4. Es wird kontrolliert, ob sich Ausrüstungsteile in der zuvor festgelegten Stellung befinden, z. B. bei Klappen, Ventilen.

4.5 Festlegung von Schutzmaßnahmen im Rahmen der Verwendung

4.5.1 Schutzmaßnahmen während Erprobung sowie An- und Abfahren

- (1) Schutzmaßnahmen im Zuge der Erprobung beinhalten Prüfschritte des Arbeitgebers nach dem erstmaligen Inverkehrbringen, vor der ersten Inbetriebnahme sowie nach prüfpflichtigen Änderungen, um die ordnungsgemäße Funktionsfähigkeit einer Druckanlage und deren Anlagenteilen zu überprüfen. Es werden z. B. Einstellarbeiten und Prüfschritte zur Sicherstellung der geplanten Produkterzeugung (Spezifikation, Durchsatz usw.) durchgeführt.
- (2) Während der Dauer der Erprobung ist die Sicherheit der Beschäftigten durch andere geeignete Schutzmaßnahmen zu gewährleisten, wenn
- 1. im Rahmen der Erprobung die Kontrolle der Wirksamkeit von technischen Schutzmaßnahmen erstmalig erfolgt,
 - 2. die für den Normalbetrieb getroffenen technischen Schutzmaßnahmen ganz oder teilweise außer Betrieb gesetzt werden,
 - 3. die für den Normalbetrieb erforderlichen technischen Schutzmaßnahmen noch nicht in vollem Umfang getroffen sind,

4. für einmalige Vorgänge zur Inbetriebsetzung keine technischen Schutzmaßnahmen vorgesehen sind.

(3) Für die Erprobung werden Schutzmaßnahmen im Rahmen von schriftlichen Arbeitsprogrammen festgelegt, in denen die zu treffenden Maßnahmen für die einzelnen Erprobungsphasen beschrieben werden. Dazu gehören beispielsweise:

1. Art und Umfang der Beaufsichtigung inklusive Festlegung der Verantwortlichkeiten für die Erprobung, insbesondere auch bei der Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Arbeitgebern,
2. Unterweisung der an der Erprobung beteiligten Beschäftigten auf Basis des zuvor festgelegten Arbeitsprogramms,
3. Festlegung von Gefahrenbereichen einschließlich der Kennzeichnung und Zutrittsbeschränkungen,
4. Festlegung von Handlungsweisen bei Abweichungen der zulässigen Betriebsparameter,

4.5.2 Schutzmaßnahmen im Betrieb, inklusive An- und Abfahren

(1) Zur Einhaltung der zulässigen Betriebsparameter können die nachfolgend beispielhaft genannten Schutzmaßnahmen zusätzlich zu den unter Abschnitt 4.4 aufgeführten Schutzmaßnahmen notwendig sein:

1. Unzulässige Druckstöße beim Betrieb von Rohrleitungen werden vermieden, z. B. durch ausreichende Öffnungs- und Schließzeiten von Absperrarmaturen.
2. Bei der Befüllung oder Entleerung eines Fahrzeugbehälters für flüssige, körnige oder staubförmige Güter ohne eigene Sicherheitseinrichtungen wird der Absicherungsdruck an der Anschlussstelle so festgelegt, dass er gleich dem oder kleiner als der maximal zulässige Druck (PS) des Fahrzeugbehälters ist.
3. Die Druckanlagen bzw. -anlagenteile werden vor dem Anfahren kontrolliert. Die Kontrolle umfasst z. B. nach Instandsetzungsmaßnahmen, ob aus dem Inneren fremde Gegenstände bzw. Stoffe entfernt, Teile verwechselt, Entleerungseinrichtungen geschlossen wurden und lösbare Teile befestigt und ggf. eingebaute Blindflansche entfernt worden sind. Weiterhin wird geprüft, ob die Verfahrenswege offen und die sicherheitsrelevanten Ausrüstungsteile funktionsfähig sind.
4. Es wird überwacht, ob während des An- und Abfahrens die bestimmungsgemäßen Parameter (wie z. B. die Druck- und Temperaturänderungsgeschwindigkeiten) eingehalten werden und ob Ventile und Absperrrichtungen entsprechend den Vorgaben geöffnet oder geschlossen werden.
5. Anlagenteile, die mit Gasen oder Dämpfen mit auskondensierbaren Anteilen betrieben werden (z. B. Dampfturbinen und Dampfleitungen), werden entwässert und erforderlichenfalls vorgewärmt, um Flüssigkeitsschläge zu vermeiden,
6. Wenn eine Überdrucksicherung mittels Sicherheitsventils aufgrund von Fluideigenschaften (wie z. B. staubendem oder sublimierendem Beschickungsgut) nicht möglich und der Einsatz einer sicherheitsrelevanten MSR-Einrichtung nicht zweckdienlich ist, wird durch den Einsatz von Warneinrichtungen und durch manuelles Eingreifen der Schutz hergestellt.
7. Durch Reinigung bzw. Entfernung von Produktrückständen oder Nebenprodukten wird eine Anreicherung von Ablagerungen oder Verkrustungen verhindert, wenn hierdurch gefährdende Zustände vermieden werden können.

8. Die innere Dichtheit der Anlage und der Anlagenteile wird überwacht, sofern die Gefahr einer physikalischen Explosion beim Kontakt einer kalten Flüssigkeit mit einer heißen Schmelze oder Flüssigkeit oder einer nicht tolerablen chemischen Reaktion beim Kontakt zweier Fluiden besteht, z. B. durch Prüfung
 - a) des Zustandes der Rohre von Rohrbündelwärmetauschern mittels zerstörungsfreier Prüfmethoden,
 - b) der Dichtheit (durch auf die Problemstellung zugeschnittene Dichtheitsprüfungen).
9. Flüssigkeiten und Gase im flüssigen Zustand werden nicht mit Gasen gefördert, die mit dem zu fördernden Fluid reagieren oder die Eigenschaften des Fluids in gefährlicher Weise verändern oder eine unzulässige Drucksteigerung hervorrufen, z. B. durch Addition der Partialdrücke.
10. Wird zur Förderung Luft verwendet, darf dies nicht zur Entzündung der geförderten Stoffe führen. Dies gilt insbesondere für die Förderung von Stäuben oder körnigen, mit Stäuben vermischten Feststoffen. Dies wird z. B. erreicht, wenn die Temperatur der zur Förderung verwendeten Luft vor dem Kontakt mit dem Fördergut eine stoff- und ggf. druckabhängige Temperatur nicht überschreitet, die vom Arbeitgeber in der Betriebsanweisung festgelegt wird.
11. Unzulässiger Druckaufbau beim Betrieb von Rohrleitungen wird vermieden z. B. durch
 - a) Festlegungen zum Ablauf des An- und Abfahrens von Pumpen,
 - b) regelmäßige Kontrolle offen gesicherter Armaturen zur Absicherung gegen thermische Expansion eingeschlossener Flüssigkeitsvolumina anstelle von Sicherheitsventilen.

4.5.3 Schutzmaßnahmen bei der Instandhaltung

Geeignete Schutzmaßnahmen bei der Instandhaltung sind beispielsweise:

1. Die Wartung der Anlage wird nur an solche unterwiesene Beschäftigte übertragen, die mit den besonderen Betriebsverhältnissen der Anlage vertraut sind.
2. Für sicherheitsrelevante Ausrüstungen werden Wartungs- und Prüfpläne erstellt und umgesetzt. Hierin werden z. B. berücksichtigt:
 - a) Einflüsse durch Einfrieren, Verstopfen, Korrosion,
 - b) Festlegungen zu Prüfintervallen unter Berücksichtigung von Betriebsweise und Betriebserfahrung,
 - c) Prüfungen auf Dichtigkeit und Gangbarkeit mechanisch bewegter Teile,
 - d) Betrachtungen zur gesamten jeweiligen Sicherheitskette, wie z. B. gesteuerte Sicherheitsventile und sicherheitsrelevante MSR-Einrichtungen.
3. Montage- und Anstricharbeiten werden so ausgeführt und kontrolliert, dass die Funktionsfähigkeit von Ausrüstungsteilen mit Sicherheitsfunktion nicht beeinträchtigt wird. Hierzu gehört auch, dass Bezeichnungs- und Typenschilder nicht durch Beschichtung oder Anstrich unlesbar gemacht werden.

4.5.4 Schutzmaßnahmen beim Betrieb von Dampfkesselanlagen

(1) Dampfkesselanlagen sind Arbeitsmittel, deren Verwendung mit besonderen Gefährdungen verbunden ist. Ergänzend zu den vom Hersteller in seiner Betriebsanleitung zu den Restgefahren aufgeführten Maßnahmen hat der Arbeitgeber daher für den Betrieb von Dampfkesselanlagen folgende hierauf abgestimmte Schutzmaßnahmen festzulegen:

1. Bei Dampf- oder Heißwassererzeugern, die nach Anhang 2 Abschnitt 4 Nummer 6 Tabelle 2 BetrSichV wiederkehrend ZÜS-prüfpflichtig sind, erfolgt eine Beaufsichtigung während des Betriebs der Dampfkesselanlage durch hierzu beauftragte Beschäftigte zur Verhinderung von unzulässigen oder instabilen Betriebszuständen. Beauftragte Beschäftigte weisen dabei umfassende Kenntnisse über die Betriebsverhältnisse der Anlage, über möglicherweise auftretende Störungen und die zu ergreifenden Maßnahmen auf.

Die Beaufsichtigung kann von einer Leitwarte aus erfolgen, in der alle für den sicheren Betrieb und die Bedienung der Dampfkesselanlage erforderlichen Einrichtungen angeordnet sind. Die Beaufsichtigung kann auch von einer Fernwarte erfolgen, die außerhalb des Betriebsgeländes gelegen ist, sofern hierzu zusätzliche technische und organisatorische Maßnahmen festgelegt worden sind. Bei Ausfall der Datenübertragungsstrecke müssen die Feuerung oder anderweitige Beheizungen sicherheitsgerichtet abgeschaltet werden, es sei denn, die Dampfkesselanlage wird vor Ort beaufsichtigt oder sie ist für einen Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung erlaubt. Empfehlungen zum Schutz gegenüber Angriffen auf die Sicherheit der Datenübertragungsstrecke sind der TRBS 1115 Teil 1 zu entnehmen.

2. Für den Betrieb der Dampfkesselanlage wird eine Betriebsanweisung erstellt und umgesetzt, in der regelmäßige Kontrollen, Wartung und Prüfung der Sicherheit beeinflussenden Ausrüstungsteile sowie zusätzliche Maßnahmen bei Störungen beschrieben werden.
3. Regelmäßige Kontrollen und Wartungen werden durch das Bedienpersonal durchgeführt. Bei auftretenden Störungen werden Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten durch fachkundige, beauftragte und unterwiesene Beschäftigte oder von sonstigen für die Durchführung der Instandhaltungsarbeiten geeigneten Auftragnehmern mit vergleichbarer Qualifikation durchgeführt.
4. Kessel-, Speise- und Zusatzwasser (Betriebswässer) müssen für den Betrieb der Dampfkesselanlage geeignet sein. Gegebenenfalls ist hierfür eine automatische Abschlamm- und/oder Absalzungs Vorrichtung erforderlich. Die Eignung wird regelmäßig entsprechend der Beaufsichtigungsform innerhalb von 24 Stunden, 72 Stunden oder längstens 168 Stunden untersucht. Die Betriebswässer sind darüber hinaus regelmäßig in Abständen von höchstens sechs Monaten durch ein unabhängiges internes oder externes Labor zu überprüfen. Wenn die Möglichkeit eines den Dampfkessel gefährdenden Einbruchs von Fremdstoffen in das Kondensat oder in das Kreislaufwasser von Heißwassererzeugern besteht, sind eine diesbezügliche Überwachung oder bei Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung zusätzlich selbsttätig wirkende Schutzeinrichtungen erforderlich.
5. Die Ergebnisse von Überprüfungen, regelmäßigen betrieblichen Wasseruntersuchungen sowie Vermerke über Störungen werden dokumentiert.

(2) Wenn bei einer Dampfkesselanlage auf eine ständige Beaufsichtigung durch einen beauftragten Beschäftigten während des Betriebs verzichtet werden soll, sind folgende zusätzliche technische und organisatorische Schutzmaßnahmen erforderlich:

1. Die Dampfkesselanlage muss bestimmungsgemäß für den Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung für den entsprechenden Zeitraum geeignet sein. Bei der Eignungsbewertung kann sich der Arbeitgeber auf die technischen Unterlagen des Herstellers stützen, sofern diese erkennen lassen, dass die Dampfkesselanlage einer bestimmungsgemäß für den Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung für den entsprechenden Zeitraum ausgerüsteten Baugruppe nach der Richtlinie 2014/68/EU entspricht.

2. In die Betriebsanweisung sind organisatorische Schutzmaßnahmen aufzunehmen, die den sicheren Betrieb der Dampfkesselanlage während des Anfahrens und während des Betriebszeitraums ohne ständige Beaufsichtigung beschreiben.
3. Bei nicht ordnungsgemäßer Wirksamkeit von Reglern und anderen Überwachungseinrichtungen, die zum zeitweisen Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung erforderlich sind, muss eine unmittelbare Beaufsichtigung der Dampfkesselanlage durch hierzu beauftragte Beschäftigte erfolgen, sofern der sichere Betrieb dadurch weiterhin gewährleistet ist.

Anmerkung: Bei Ausfall von Begrenzern wird die Beheizung unmittelbar abgeschaltet.

(3) Bei einem Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung der Dampfkesselanlage von mehr als 72 Stunden und bis zu 168 Stunden sind folgende zusätzliche technische und organisatorische Schutzmaßnahmen erforderlich:

1. Es ist sicherzustellen, dass Undichtigkeiten der Brennstoffsicherheitsabsperreinrichtungen über einen Zeitraum bis zu 168 Stunden nicht zu einer Ansammlung von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre im Feuerungsraum führen.
2. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung sind bei der Festlegung des Schutzkonzepts die für den Zeitraum ohne ständige Beaufsichtigung bis zu 168 Stunden gegebenenfalls zusätzlich relevanten Betriebsparameter zu ermitteln. Diese Betriebsparameter sind durch sicherheitsrelevante MSR-Einrichtungen zu überwachen, und bei Überschreiten von Grenzwerten ist die Dampfkesselanlage selbsttätig in den sicheren Zustand zu bringen.
3. Im Kesselaufstellungsraum ist eine Überwachung zu installieren, die bei Austritt von gasförmigem Brennstoff im Kesselaufstellungsraum die Brennstoffzufuhr in den Kesselaufstellungsraum selbsttätig unterbindet.
4. Im Kesselaufstellungsraum ist eine Überwachung zu installieren, die bei einem Brand die Brennstoffzufuhr in den Kesselaufstellungsraum selbsttätig unterbindet oder einen Alarm an einer ständig besetzten Stelle ausgibt.
5. Im Kesselaufstellungsraum ist eine Überwachung zu installieren, die bei einem gefährdenden Medienaustritt die Dampfkesselanlage selbsttätig in den sicheren Zustand versetzt oder einen Alarm an einer ständig besetzten Stelle ausgibt.
6. Die Vorgehensweise bei Alarmen, die von der ständig besetzten Stelle entgegengenommen werden, ist in einer Betriebsanweisung festzulegen. In den oben genannten Fällen ist die Dampfkesselanlage von unterwiesenem Personal der ständig besetzten Stelle in den sicheren Zustand zu versetzen, sofern dies nicht selbsttätig erfolgt. Dies kann durch eine zuverlässige Abschaltung von der ständig besetzten Stelle aus oder unter Einbeziehung von Personal vor Ort erfolgen.

(4) Ein Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung ist nur bis zu einem Zeitraum von 168 Stunden zulässig.

(5) Bei der Gefährdungsbeurteilung sind die Intervalle regelmäßiger Kontrollen, Wartung und Prüfungen auf den Betriebszeitraum ohne ständige Beaufsichtigung abzustimmen. Dies kann bei einem Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung bis längstens 72 Stunden die Festlegung einer zweiten jährlichen äußeren Prüfung im Sinne von Anhang 2 Abschnitt 4 Nummer 5.8 Tabelle 1 Zeile 1 BetrSichV erfordern. Bei einem Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung von mehr als 72 Stunden und bis zu 168 Stunden soll die Frist für die wiederkehrende äußere Prüfung im Sinne von Anhang 2 Abschnitt 4 Nummer 5.8 Tabelle 1 Zeile 1 BetrSichV ein halbes Jahr nicht überschreiten.

(6) Für Dampfkesselanlagen, die in Übereinstimmung mit den Rechtsvorschriften zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme ohne Anforderungen an die Beaufsichtigung betrieben werden konnten und für die ausreichende betriebliche Erfahrungen über den sicheren Betrieb vorliegen, kann der Arbeitgeber abweichende Festlegungen zur Beaufsichtigung treffen.

(7) Das Anfahren von Dampfkesselanlagen kann von beauftragten Beschäftigten auch ohne Anwesenheit im Kesselaufstellungsraum von einer Leitwarte oder Fernwarte aus vorgenommen werden, wenn ein anlagenspezifisches Überwachungskonzept vorliegt.

(8) Die Änderung der Beaufsichtigung von Dampfkesselanlagen der Kategorie IV nach Diagramm 5 der Richtlinie 2014/68/EU stellt eine Änderung der Betriebsweise dar, die nach § 18 BetrSichV der Erlaubnis durch die zuständige Behörde bedarf. Bei Umstellung auf einen Betrieb ohne ständige Beaufsichtigung sind bei der Gefährdungsbeurteilung gegebenenfalls zusätzlich zu überwachende Betriebsparameter zu ermitteln und die darauf abgestimmte Ausrüstung der Dampfkesselanlage festzulegen. Die Prüfung vor Wiederinbetriebnahme nach prüfpflichtiger Änderung entsprechend § 15 Absatz 1 BetrSichV bezieht sich in diesem Fall auf das geänderte Schutzkonzept und auf die gegebenenfalls zusätzlichen Ausrüstungen.

4.5.5 Schutzmaßnahmen bei besonderen Betriebszuständen, Betriebsstörungen und Unfällen

Können sich während des Betriebs einer Druckanlage Gefährdungen für die Beschäftigten durch Betriebsstörungen oder instabile Betriebszustände ergeben, die nicht sicher verhindert werden können, sind die erforderlichen Gegenmaßnahmen zu ergreifen.

Beispiele dafür sind:

1. Die Anlage wird über eine Notabschaltung z. B. in Form von Not-Aus-Systemen oder Reaktionsstopperrn in einen sicheren Zustand überführt. Gegebenenfalls wird dabei eine Teilabschaltung unter Aufrechterhaltung der Kühlung und gegebenenfalls weiterer Versorgungssysteme berücksichtigt.
2. Für mögliche entstehende Gefahrenbereiche werden organisatorische Schutzmaßnahmen und Zuständigkeiten vor der erstmaligen Verwendung festgelegt, z. B.
 - a) die Abgrenzung und Kennzeichnung des Gefahrenbereichs bei gefährdenden Undichtigkeiten an Leitungen, Armaturen oder sonstigen Betriebseinrichtungen, die nicht sofort abgestellt werden können,
 - b) die Benennung der zuständigen Personen, die für die Freigabe zum Betreten des Gefahrenbereichs und für die Durchführung der Sicherheitsmaßnahmen für Arbeiten im Gefahrenbereich verantwortlich sind,
 - c) Alarmierungsketten.

5 Schädigung der drucktragenden Wandung

Aus der bestimmungsgemäßen Betriebsweise oder auch aus Abweichungen von den zulässigen Betriebsparametern können sich Schädigungen der drucktragenden Wandung, z. B. Korrosion, Zeitstandsbeanspruchung, Wechselbeanspruchung (Druck- und/oder Temperaturwechsel, äußere Einwirkungen), ergeben, die zu Gefährdungen für Beschäftigte und andere Personen im Gefahrenbereich führen.

5.1 Ermittlung von Gefährdungen

Ursachen für Gefährdungen infolge von Schädigungen der drucktragenden Wandung können insbesondere sein:

5.1.1 Korrosion

(1) Zum Beispiel in Form von:

1. innerer Korrosion durch korrodierend wirkende Fluide ggf. beeinflusst durch Temperatur und mechanische Beanspruchung,
2. äußerer Korrosion durch atmosphärische Feuchte, Kondensate, langzeitige/permanente Feuchtigkeit unter Wärme-/Kälteisolierungen, spezielle Umgebungseinflüsse.

(2) Hierbei können unterschiedliche Korrosionsmechanismen wirksam sein, z. B.

1. allgemein abtragende Korrosion,
2. Muldenkorrosion,
3. Lokalkorrosion bei unlegierten oder niedrig legierten Stählen,
4. Korrosionserosion,
5. Kontakt- bzw. selektive Korrosion,
6. Spaltkorrosion,
7. interkristalline Korrosion,
8. Lochkorrosion,
9. Spannungsrisskorrosion,
10. Schwingungsrisskorrosion,
11. Hochtemperaturkorrosion (z. B. in Folge einer Auf- bzw. Entkohlung, Nitrierung, Sulfidierung, Verzunderung oder Hochtemperaturkorrosion in heißen Schmelzen).

5.1.2 Erosion

Zum Beispiel in Form von:

1. innerer Erosion, z. B. bei erosiven Fluideigenschaften, hohen Strömungsgeschwindigkeiten,
2. äußerer Erosion, z. B. durch Ascheanteil im Rauchgas bei Dampfkesseln.

5.1.3 Kavitation

Zum Beispiel in Form von Dampfblasenbildung und -zerfall hinter Armaturen oder in Pumpengehäusen.

5.1.4 Zeitstandschädigung im höheren Temperaturbereich

Zum Beispiel beim Betrieb von Bauteilen mit zeitabhängigen Werkstoffeigenschaften.

5.1.5 Schädigung durch Wechselbeanspruchung (Ermüdung)

Zum Beispiel infolge von:

1. Druck- und/oder Temperaturwechselbeanspruchungen,
2. zyklischen äußeren Einwirkungen.

5.1.6 Versprödung von metallischen Werkstoffen

Zum Beispiel infolge von:

1. Fluidbeanspruchung (z. B. wasserstoffinduzierte Versprödung),
2. hoher Temperatur (Bildung versprödender Phasen, Anlassversprödung),
3. Einsatz bei tiefen Temperaturen.

5.1.7 Alterung von Kunststoffen

Zum Beispiel infolge von UV-Strahlung sowie thermischer, mechanischer, biologischer, atmosphärischer und chemischer Einflüsse.

5.1.8 Einflüsse aus Umgebungsbedingungen

Zum Beispiel:

1. Windlasten, Schneelasten und ggf. Erdbeben
2. Möglicher Auftrieb durch Grundwasser oder Hochwasser
3. Witterungsverhältnisse
4. Nähe zu Verkehrsbereichen

5.1.9 Verpuffung/Deflagration in Feuerungseinrichtungen

Verpuffung/Deflagration in Feuerungseinrichtungen von Druckanlagen zum Beispiel infolge der Ansammlung von zündfähigen Gas- oder Staub-/Luftgemischen in Feuerungseinrichtungen und in den Rauchgaszügen von Druckanlagen, die eine Verpuffung/Deflagration hervorrufen kann.

5.2 Bewertung der Gefährdungen

5.2.1 Bewertung im Rahmen der Beschaffung

Zum Beispiel:

1. Berücksichtigung möglicher Korrosion, Erosion, Zeitstandschaden, Versprödung, Wechselbeanspruchung usw.,
2. Berücksichtigung betrieblicher Einflüsse (z. B. Fließgeschwindigkeiten, Fluideigenschaften, Umgebungsbedingungen),
3. Berücksichtigung von Möglichkeiten für die Prüfung der drucktragenden Wandung (z. B. Mannlöcher, Besichtigungsöffnungen, Nullmessung, Online-Überwachung).
4. Berücksichtigung von Vorgaben aus anderen Rechtsbereichen (z. B. Standsicherheitsnachweise nach Baurecht).

5.2.2 Bewertung während der Verwendung

Zum Beispiel durch:

1. zerstörungsfreie Prüfungen bei Anlagenstillständen oder im laufenden Betrieb (z. B. US-Wanddickenmessung, Farbeindringprüfung, Durchstrahlung, Schallemissionsprüfung),
2. zerstörende Prüfungen (z. B. Zug-/Kerbschlagbiegeversuch, Glasgehalt im GFK),
3. Korrosionsproben oder Erfassung der Korrosionsverhältnisse durch Monitoringsysteme,
4. Erfassung von Druck- und/oder Temperaturwechselbeanspruchungen (z. B. Chargenbetrieb),

5. Untersuchungen zum Zeitstandverhalten,
6. Prognose über den Fortschritt der Schädigung der drucktragenden Wandung (z. B. rechnerische Erfassung und Bewertung),
7. Ermittlung möglicher Versagensszenarien im Einzelfall.

5.3 Festlegung von Schutzmaßnahmen im Rahmen der Beschaffung

Neben den nachfolgend beschriebenen Schutzmaßnahmen ist organisatorisch sicherzustellen, dass in den Beschaffungsprozess Fachkundige eingebunden sind, siehe z. B. EmpfBS 1113.

Folgende beispielhaft genannten Schutzmaßnahmen können sich bei der Beschaffung zum Schutz der drucktragenden Wandung ergeben:

5.3.1 Schutzmaßnahmen gegen Korrosion und andere chemische Einwirkungen

Schutzmaßnahmen hierzu sind zum Beispiel:

1. Vorgabe der vorgesehenen Fluide und Betriebsparameter als Basis für die Werkstoffauswahl durch den Hersteller auf Basis von bekannten Korrosionswirkungen und Ergebnissen aus Laborversuchen,
2. Vorgabe der zu verwendenden Werkstoffe. Basis für die Werkstoffauswahl können z. B. anerkannte Werkstoff-Beständigkeitstabellen, Werkstoff-Fluidzuordnungen aus einschlägigen Betriebserfahrungen oder Laborversuche sein,
3. Vorgabe von spezifischen Korrosionszuschlägen zur Berücksichtigung von gleichmäßigem Korrosionsabtrag über die vorgesehene Betriebsdauer,
4. Vorgabe geeigneter Innenbeschichtungen oder Auskleidungen, wie z. B. Email, Kunststoffauskleidung, Gummierung, Plattierung,
5. Vorgabe betriebsbewährter Konstruktionsdetails, wie z. B. Schweißnahtausführungen bei metallischen Werkstoffen, Anschlüsse und Übergänge bei Kunststoffauskleidungen oder Gummierungen,
6. Vorgabe eines geeigneten Korrosionsschutzes für Anlagenteile, die durch äußere Korrosion beansprucht werden, wie z. B. Farbanstrich oder kathodischer Korrosionsschutz.

5.3.2 Schutzmaßnahmen gegen Erosion

Schutzmaßnahmen hierzu sind zum Beispiel:

1. Vorgabe der vorgesehenen Fluide und Betriebsparameter als Basis für die Werkstoffauswahl oder Ableitung weiterer geeigneter Schutzmaßnahmen durch den Hersteller,
2. Vorgabe geeigneter Werkstoffe und konstruktiver Schutzmaßnahmen, wie z. B. Krümmungsradien, Umlenkeinbauten, Strömungsquerschnitte,
3. Vorgabe von Waddickenzuschlägen oder Auskleidungen in Bereichen, in denen Erosion auftreten kann,
4. Vorsehen einer Filtration zur Verhinderung des Eindringens von abrasiv wirkenden Fremdkörpern,
5. Vermeidung von Erosionsbeanspruchung durch z. B. Festlegung und Sicherstellung maximaler Strömungsgeschwindigkeiten bei Gasströmen mit Feststoffanteilen.

5.3.3 Schutzmaßnahmen gegen Kavitation

Beispiele sind:

1. Auswahl von Pumpen, Rohrleitungsteilen, Armaturen, sodass unter Berücksichtigung der Aufstellungs- und Betriebsbedingungen (speziell Zulauf- oder Ansaughöhen, Vordrücke, hydrostatische Höhenunterschiede, Druckverluste, Dampfdruck der Fluide bei den höchsten Betriebstemperaturen, gelöste Gase etc.) an allen Punkten der Druck des Fördermediums den Dampfdruck nicht erreicht oder unterschreitet,
2. Vorgabe der maximal zulässigen Haltedruckhöhe (NPSH) von Pumpen bei deren Austausch bzw. Neubeschaffung zur Vermeidung von Kavitation bei allen Betriebsbedingungen,
3. Vorgabe maximal zulässiger Druckverluste beim Ersatz oder der Neubeschaffung von Rohrleitungsarmaturen, wenn durch die erhöhten Druckverluste die Gefahr besteht, dass an bestimmten Punkten der Rohrleitung der Druck des Fördermediums den Dampfdruck erreichen oder unterschreiten kann,
4. soweit sicherheitstechnisch erforderlich (z. B. bei verflüssigten Gasen zur Vermeidung der Dampfbildung), Vorsehen von Einrichtungen, die die Einhaltung von Mindestbetriebsdrücken sicherstellen.
5. Dokumentation der zulässigen Parameter Druck/Temperatur/Massenstrom in Form eines Kennfeldes als Vorgabe für den Betrieb.

5.3.4 Schutzmaßnahmen bei Zeitstandbeanspruchung

Geeignete Schutzmaßnahmen hierzu sind zum Beispiel:

1. Werkstoffauswahl, Konstruktion und Berechnung für definierte Zeitstandeinflüsse durch den Hersteller gemäß Vorgabe der vorgesehenen Betriebsparameter, wie z. B. Temperatur, Druck, An- und Abfahrvorgänge, Zusatzlasten.
2. Vorgabe von Messstellen/Messmöglichkeiten zur Registrierung der für die Bewertung der Zeitstandbeanspruchung maßgeblichen Prozessparameter. Zielführend hierbei ist ein Messstellenplan mit Festlegung der Messstellen und -aufgaben. Gegebenenfalls kann es erforderlich sein, Temperaturen von druckbeaufschlagten Wandungen zu erfassen.
3. Vorgabe zur Durchführung zusätzlicher Prüfungen, z. B. Nullzustandsprüfungen/Messungen zur Dokumentation des Ausgangszustandes beim Hersteller, als Vergleichsgrundlage für wiederkehrende Prüfungen.

5.3.5 Schutzmaßnahmen bei Ermüdung

Geeignete Schutzmaßnahmen hierzu sind zum Beispiel:

1. Konstruktion und Berechnung durch den Hersteller gemäß Vorgabe der vorgesehenen Betriebsparameter, aus denen sich die Ermüdungseinflüsse ergeben, wie z. B. zyklische Druckbeanspruchung, zyklische äußere Lasten, Temperaturwechsel,
2. prüfgerechte Gestaltung, wie Beschleifen von Schweißnähten zur Durchführung von Ultraschall-Prüfungen auf Anrisse oder Oberflächenrissprüfungen,
3. Vorgabe zur Durchführung zusätzlicher Prüfungen, z. B. Nullzustandsprüfungen/Messungen zur Dokumentation des Ausgangszustandes beim Hersteller, als Vergleichsgrundlage für wiederkehrende Prüfungen.

5.3.6 Schutzmaßnahmen gegen Versprödung von metallischen Werkstoffen

Schutzmaßnahmen hierzu sind zum Beispiel:

1. Vorgabe der vorgesehenen Fluide und Betriebsparameter, die zu einer Versprödung führen können, wie z. B. Einsatz bei tiefen Temperaturen, Druckwasserstoff, als Basis für Werkstoffauswahl, Konstruktion und Auslegung durch den Hersteller,
2. Festlegung von spezifischen Prüfungen im Rahmen des Herstellungsprozesses zur Vermeidung von fertigungsbedingt indizierter Versprödung,
23. Vorgabe von betriebsbegleitenden Werkstoffproben, die aus denselben Chargen wie die Bleche der drucktragenden Wandungen hergestellt werden (Chargen mit der höchsten Versprödungsneigung verwenden).

5.3.7 Schutzmaßnahmen gegen Alterung von Kunststoffen

Es werden die Einflussfaktoren (z. B. UV-Strahlung, thermische, mechanische, biologische, atmosphärische und chemische Einflüsse) ermittelt und Maßnahmen zu deren Vermeidung oder Begrenzung festgelegt. Beispiele dafür sind:

1. Einrichtungen gegen UV-Strahlung, die auf z. B. Abdeckungen, Anstriche einstrahlt,
2. Verwendung von UV-stabilisierten Kunststoffen,
3. Konstruktive Entlastung von hochbeanspruchten Stellen,
4. Ausweisen der vorgesehenen Gebrauchsdauer.

5.3.8 Schutzmaßnahmen bei Einflüssen aus Umgebungsbedingungen

Schutzmaßnahmen hierzu sind zum Beispiel:

1. Dämpfungsmaßnahmen, wenn aus dem Umgebungsbereich der Anlagenteile Schwingungen/Vibrationen einwirken, z. B. unerwartetes Auftreten von Rohrleitungsschwingungen infolge Druckpulsation durch einen Verdichter,
2. Realisierung eines geeigneten Schutzes gegen mechanische Beschädigungen, z. B. durch Anfahrerschutz und Schutzabstände,
3. Realisierung eines ausreichenden Schutzes gegen Witterungseinflüsse, z. B. Korrosionsschutz, Beheizung in Form von
 - a) Gewährleistung der Zugänglichkeit für erforderliche Prüfungen und Kontrollen,
 - b) Möglichkeit zur Überprüfung des Einschaltzustandes der Fremdstromanlage bei der Verwendung einer kathodischen Korrosionsschutzanlage,
 - c) Vorgabe von Schichtdicken-Kontrollmessungen für einen Farbanstrich im Rahmen des Herstellungsprozesses und Dokumentation durch den Hersteller.
4. Standsicherheitsnachweis, z. B. über die Verankerung und Eigenstatik des Druckbehälters sowie von weiteren Anlagenkomponenten.

5.3.9 Schutzmaßnahmen zur Vermeidung einer Verpuffung/Deflagration

Schutzmaßnahmen zur Vermeidung einer Verpuffung oder Deflagration in befeuerten Druckanlagen sind zum Beispiel:

1. technischen Einrichtungen, mit deren Hilfe sichergestellt wird, dass
 - a) Feuerraum und Rauchgaswege vor dem Zünden ausreichend durchlüftet werden.

- b) der Brennstoff nur dann in den Feuerraum eingebracht wird, wenn der Brennstoff durch
 - eine Zündeinrichtung oder
 - ein ausreichendes Grundfeuer oder
 - eine ausreichende Zündtemperaturbei jedem Betriebszustand sicher gezündet wird.
 - c) die Brennstoffabsperrearmaturen zeitlich begrenzt für den Zündvorgang freigegeben (Flammenwächterüberbrückung im Zündvorgang) und im Betrieb von der Flammenüberwachung in Offen-Stellung gehalten werden.
 - d) Brennstoff und Verbrennungsluft in Abhängigkeit voneinander geregelt oder gesteuert werden. Bei Unterschreitung des sicherheitstechnisch erforderlichen Brennstoff/Luft-Verhältnisses wird z. B. die Feuerung abgeschaltet.
 - e) bei einer unterstöchiometrisch betriebenen Feuerung eine unkontrollierte Luftzufuhr verhindert wird.
2. In Betriebsanweisungen wird festgelegt:
- a) Bei Gas- und Ölfeuerungen werden die Absperreinrichtungen für die Brennstoffzufuhr auf Gangbarkeit und innere Dichtheit geprüft.
 - b) Änderungen an der Luftführung, den Düsen und der Brennstoff/Luft-Regelung während des Betriebes (z. B. infolge veränderter Betriebsbedingungen oder Änderung der Brennstoffqualität werden durch entsprechend fachkundige Beschäftigte durchgeführt unter Beachtung, dass z. B.
 - die maximale Feuerungswärmeleistung des Brenners nicht überschritten wird,
 - die Flammenstabilität erhalten bleibt,
 - die verbrennungstechnischen Kennwerte in zulässigen Grenzen bleiben.

5.4 Festlegung von Schutzmaßnahmen im Rahmen der Montage und Installation

Schutzmaßnahmen hierzu sind zum Beispiel:

1. Dauerhafte Verbindungen werden nur mit zuvor geprüften Verfahren erstellt, bei denen die Kompatibilität von Werkstoffen und Zusatzwerkstoffen nachgewiesen ist.
2. Die Montage wird so ausgeführt, dass keine bei der Auslegung nicht berücksichtigten Beanspruchungen entstehen, wie z. B. Vorspannungen von Rohrleitungen, Zusatzkräfte an Stützenanschlüssen.
3. Anlagenkomponenten aus unterschiedlichen metallischen Werkstoffen werden galvanisch entkoppelt, wenn ansonsten Korrosion zu befürchten ist.
4. Die vorgabengerechte Ausführung des Korrosionsschutzes wird überprüft.
5. Formgebende Verfahren werden zuvor im Hinblick auf die zu erwartenden mechanisch-technologischen Eigenschaften der Werkstoffe für die drucktragende Wand geprüft.
6. Materialien werden ordnungsgemäß gelagert und verarbeitet, wie z. B. Trennung von austenitischen und ferritischen Materialien, Trennung von Werkzeugen zur Bearbeitung der betreffenden Materialien, sachgerechte Lagerung und Verarbeitung von Schweißzusatzwerkstoffen und Hilfsstoffen.

7. Bei Abweichungen von Planungsunterlagen wird überprüft, ob zusätzliche Schutzmaßnahmen erforderlich werden, z. B.
 - a) bei einer erforderlichen Änderung der Rohrleitungsverlegung wird rechnerisch geprüft, ob bei der Rohrleitung selbst und im Bereich des Anschlusses der Rohrleitung an Druckgeräte die zulässigen Spannungen noch eingehalten sind,
 - b) bei geänderter Pumpenaufstellung und Rohrleitungsführung wird geprüft, ob an allen Punkten der Rohrleitungen der Druck des Fördermediums den Dampfdruck bei Betriebstemperatur nicht erreicht oder unterschreitet.

5.5 Festlegung von Schutzmaßnahmen während der Verwendung

5.5.1 Schutzmaßnahmen während Erprobung sowie An- und Abfahren

Die für die Erprobung sowie für besondere betriebliche Abläufe wie das An- und Abfahren geeigneten Schutzmaßnahmen legt der Betreiber in Betriebsanweisungen fest. Beispiele für Schutzmaßnahmen sind

1. Die bei Spül-, Probe- und Prüfvorgängen verwendeten Fluide werden so ausgewählt, dass durch diese keine Schädigungen bewirkt werden, wie z. B. Spannungsrisskorrosion bei austenitischen Stählen durch chloridhaltiges Spülwasser.
2. Aufheizvorgänge werden überwacht, um eine Beanspruchung drucktragender Wandungen über die vorgesehenen Werte hinaus zu vermeiden, insbesondere bei eingeschränkter Werkstoffzähigkeit.
3. Um Wasserschläge und Thermoschock beim Anfahren von Dampfkesselanlagen oder dampfführenden Rohrleitungen zu vermeiden, werden Ventile und Absperreinrichtungen langsam geöffnet. Anschlussleitungen werden erforderlichenfalls entwässert und entlüftet.
4. Anlagenteile, die einem Zähigkeitsabfall über die Betriebsdauer unterliegen, werden beim Anfahren erst mit Druck beaufschlagt, wenn sich die Werkstofftemperatur im Bereich der Kerbschlagzähigkeitshochlage befindet.

5.5.2 Schutzmaßnahmen im Betrieb und während der Instandhaltung

5.5.2.1 Verfolgung der Betriebsparameter

Die während des Betriebes einer Druckanlage vorhandenen Betriebsparameter sind die wesentlichen Einflussgrößen für den Verlauf zeitabhängiger Schädigungen. Zur Verfolgung und Beurteilung des Schädigungszustandes kann es deshalb erforderlich sein, die Betriebsparameter über den Betriebszeitraum zu verfolgen. Beispiele für Schutzmaßnahmen hierzu sind:

1. Bei zyklisch beanspruchten Anlagenkomponenten werden die Lastwechsel (Anzahl, Amplituden) verfolgt, um einen Vergleich zwischen Auslegungsdaten und akkumulierten Betriebsdaten herstellen zu können.
2. Die Einhaltung der Vorgaben für Roh-, Einsatz-, Zwischen- und Endprodukte bzw. von Betriebsstoffen oder Heiz- und Kühlmedien wird verfolgt, um sicher zu stellen, dass die korrosionstechnischen Rahmenbedingungen eingehalten sind. Hierzu können Analyseergebnisse aus Probenahmen oder auch einer Online-Analytik dienen.
3. Bei Dampfkesseln wird die Qualität des Speise- und Kesselwassers verfolgt, um rechtzeitig organisatorische Schutzmaßnahmen wie z. B. Konditionierung, Absalzen durchzuführen.
4. Bei einer Änderung der Betriebsparameter, z. B. infolge einer Anlagenänderung oder Prozessoptimierung, wird überprüft, ob dadurch Schädigungsmechanismen beeinflusst werden oder neue Schädigungsmechanismen hinzukommen, wie z. B.

- a) Änderung der Korrosionsbedingungen beim Wechsel von Roh-, Einsatz- und Hilfsstoffen oder Temperaturen,
 - b) Änderung der Bedingungen hinsichtlich Ermüdung durch Erhöhung von Lastwechselzyklen/-amplituden,
 - c) Änderung im Zeitstandverhalten infolge Druck- bzw. Temperaturerhöhung,
 - d) Auftreten von Kavitation infolge von z. B. Erhöhung von Betriebstemperaturen, Ersatz von Armaturen durch solche mit höheren Druckverlusten, Absenken von Druckniveaus oder mit erhöhtem Dampfdruck verbundener Änderung des Fluids,
 - e) Erosion aufgrund höherer Strömungsgeschwindigkeiten.
5. Um Thermoschock in Anlagenteilen hinter Verdampfern für tiefkalt-verflüssigte Gase infolge Flutens der Verdampfer zu vermeiden, können Gefährdungen durch Undichtigkeiten in nachgeschalteten Anlagenteilen vermieden werden durch z. B.
- a) Überwachung der Temperatur in der Rohrleitung hinter dem Verdampfer und Einleitung von selbsttätig wirkenden Schutzmaßnahmen im Störfall, z. B. Abschalten/Verriegeln von Förderpumpen, Schließen von Absperrarmaturen am Verdampferausgang,
 - b) Verringerung der Abnahmeleistung.
6. Um Thermoschock beim Befüllen von drucklosen Anlagenteilen mit druckverflüssigten Gasen zu vermeiden, kann vor dem Befüllen eine Druckbeaufschlagung mit Gasphase erfolgen.

5.5.2.2 Instandhaltungsmaßnahmen

Die Wirksamkeit schädigungsverhindernder Schutzmaßnahmen wird über regelmäßige Instandhaltungsmaßnahmen sichergestellt. Beispiele solcher Schutzmaßnahmen sind:

1. Ausmauerungen in Druckanlagen zum Schutz der drucktragenden Wandung gegen chemische bzw. thermische Einwirkungen werden überwacht, schadhafte Stellen werden in Stand gesetzt.
2. Innen-/Außenbeschichtungen werden regelmäßig überprüft, schadhafte Stellen werden in Stand gesetzt.
3. Kathodische Korrosionsschutzanlagen werden regelmäßig kontrolliert.
4. Ablagerungen werden über regelmäßige Reinigungsmaßnahmen beseitigt.
5. Korrosionsschutzanstriche werden nach Arbeiten an Anlagenkomponenten wieder vorgabengerecht ausgeführt.

5.5.2.3 Ermittlung und Beurteilung des aktuellen Schädigungszustandes

(1) Zur Gewährleistung der Sicherheit für Beschäftigte und andere Personen im Gefahrenbereich ist es erforderlich, Schädigungsfortschritte zu verfolgen, Prüffristen anzupassen oder Instandsetzungsmaßnahmen bzw. den Austausch von Anlagenteilen zu veranlassen.

(2) Schutzmaßnahmen hierzu sind z. B. bei

1. Korrosion:
 - a) Prüfintervalle zur Ermittlung der Ist-Wanddicke über zerstörungsfreie Prüfungen festlegen,
 - b) Vergleich der Ist-Wanddicke mit der Soll-Wanddicke für die bestimmungsgemäße Betriebsweise,

- c) Überprüfung der Prüfintervalle, wenn die Ist-Wanddicke noch größer als die rechnerische Mindestwanddicke ist, z. B. durch Annahme eines linearen Korrosionsfortschritts,
 - d) Austausch bei Erreichen bzw. Unterschreiten der rechnerischen Mindestwanddicke;
2. Erosion/Kavitation:
- a) Prüfintervalle zur Ermittlung der Ist-Wanddicke an den durch Erosion beanspruchten Bereichen über zerstörungsfreie Prüfungen festlegen,
 - b) Vergleich der Ist-Wanddicke mit der Soll-Wanddicke für die bestimmungsgemäße Betriebsweise,
 - c) Überprüfung der Prüfintervalle, wenn die Ist-Wanddicke noch größer als die Soll-Wanddicke ist, z. B. durch Annahme eines linearen Schädigungsfortschritts,
 - d) Austausch bei Erreichen bzw. Unterschreitung der rechnerischen Mindestwanddicke;
3. Zeitstandsbeanspruchung:
- a) Prüfzeitpunkte zur Ermittlung des aktuellen Schädigungszustandes festlegen,
 - b) Ermittlung des Schädigungszustandes, z. B. über Untersuchungen mithilfe von Gefügeabdrücken, Oberflächenrissprüfungen, Ultraschall-Volumenprüfungen,
 - c) Bewertung bzgl. des Austauschs von Bauteilen beim Erreichen definierter Grenzwerte, z. B. Erreichen der Auslegungs-Lebensdauer bzw. eines maximalen Erschöpfungsgrades. Definierte Grenzwerte, z. B. bei bestehenden Dampfkesselanlagen, deren Bauteile im Zeitstandbereich beansprucht werden, sind gemäß des der Auslegung zugrunde gelegten Regelwerks zu bewerten. Solche definierten Grenzwerte können sein:
 - Feststellung von wesentlichen Rissen, die auf Schädigung durch Zeitstand- oder Wechselbeanspruchung des Bauteils schließen lassen,
 - Erreichen der rechnerischen Erschöpfung von 100 %, es sei denn, dass durch besondere Prüfungen oder besondere betriebliche Schutzmaßnahmen (z. B. Absenken der Betriebstemperatur) der Nachweis des gefahrlosen Weiterbetriebes erbracht wird,
 - Erreichen einer bleibenden Dehnung von 2 % an Messstellen, von denen Ergebnisse seit der Inbetriebnahme vorliegen, oder Erreichen einer bleibenden Dehnung von 1 % an Messstellen, die nachträglich – spätestens bei Erreichen der rechnerischen Gesamterschöpfung von 60 % – eingerichtet worden sind.
- Bei im Zeitstandbereich betriebenen Bauteilen von Druckanlagen der Verfahrenstechnik kann analog verfahren werden.
4. Ermüdung:
- a) Prüfzeitpunkte zur Ermittlung des aktuellen Schädigungszustandes festlegen, z. B. unter Berücksichtigung der nach Auslegungsregelwerk empfohlenen Prüfintervalle,
 - b) Ermittlung des Schädigungszustandes, z. B. über Oberflächenrissprüfungen oder Ultraschallprüfungen auf Anrisse,
 - c) Bewertung bzgl. des Austauschs oder ggf. der Instandsetzung von Anlagenkomponenten mit Anrissen,
 - d) Weiterbetrieb von Anlagenkomponenten ohne Anrisse im Rahmen des Auslegungsregelwerkes,
 - e) ggf. Nachweis ausreichender Sicherheit auf Basis bruchmechanischer Bewertungen mit Festlegung von Prüfzeitpunkten aufgrund von Risswachstumsbetrachtungen,

- f) erforderlichenfalls Berücksichtigung des Mediumseinflusses auf die Anrisslastspielzahl und die Risswachstumsgeschwindigkeit.

(3) Die in dieser TRBS genannten Schutzmaßnahmen zur Vermeidung von Gefährdungen infolge Schädigung der drucktragenden Wandung können erforderlichenfalls Bestandteile von Konzepten zur Zustandsüberwachung unter Einbindung von z. B. Monitoringsystemen sein.

5.5.3 Schutzmaßnahmen bei Betriebsstörungen

(1) Ergeben sich während des Betriebes einer Druckanlage Schädigungen an der drucktragenden Wandung, z. B. durch

1. nicht vorgabengemäße Fluide,
2. unvorhergesehene Reaktionsabläufe,
3. unerwartete instationäre Betriebszustände,

so sind Schutzmaßnahmen zum Erhalt der Integrität der drucktragenden Wand zu ergreifen.

(2) Schutzmaßnahmen sind z. B.:

1. Aufklärung, in welchem Umfang sich die Störung auf die drucktragende Wandung ausgewirkt hat,
2. ggf. Korrektur der Prüfintervalle auf Basis des zu erwartenden Schädigungsfortschritts,
3. Bewertung bzgl. Instandsetzung, Austausch von geschädigten Anlagenteilen.

6 Freisetzung von Fluiden

Infolge der Freisetzung von Fluiden, durch z. B.

1. Undichtigkeiten, z. B. Tropfleckagen, Ausgasen,
2. Öffnen von unter Druck stehenden Anlagenteilen,
3. Öffnen von nicht ordnungsgemäß entleerten Anlagenteilen,
4. Ableitung aus Sicherheitsventilen, Berstscheiben, Druckentlastungsklappen, Beatmungseinrichtungen und Entspannungsleitungen,
5. Verpuffung in Feuerungseinrichtungen von Druckanlagen.

können Gefährdungen für Beschäftigte und andere Personen im Gefahrenbereich entstehen.

6.1 Ermittlung von Gefährdungen

(1) Bei Freisetzung von Fluiden können Gefährdungen beispielsweise durch Freistrahlimpulse, Luftverdrängung, Inhalation, Hautkontakt auftreten und zu Schädigungen wie Vergiften, Verätzen, Verbrennen oder Erfrieren für Beschäftigte oder andere Personen im Gefahrenbereich führen.

(2) Bei Anlagenteilen, die auf Dauer technisch dicht sind, sind keine Freisetzungen zu erwarten. Es besteht hierdurch in der umgebenden Atmosphäre keine Brand-, Explosions- oder Gesundheitsgefahr.

(3) Bei Anlagenteilen, die technisch dicht sind, sind seltene Freisetzungen zu erwarten.

Ursachen für Gefährdungen aufgrund der Freisetzung von Fluiden können insbesondere sein:

6.1.1 Undichtigkeiten an Verschlüssen und lösbaren Verbindungen mit statischen Dichtelementen

Undichtigkeiten an Verschlüssen und lösbaren Verbindungen mit statischen Dichtelementen (z. B. Flachdichtungen, kammprofilierte Dichtungen, Metallprofildichtungen) infolge von:

1. Beschädigungen der Dichtelemente oder Dichtflächen, insbesondere bei beweglichen Leitungen (Schläuche und Gelenkrohrleitungen), wenn dadurch eine sichere Verbindung und damit technische Dichtheit nicht mehr gewährleistet ist,
2. gegenüber dem Fluid oder äußeren Einwirkungen nicht geeigneten Dichtelementen (z. B. Korrosionsangriff an Schrauben durch Umgebungseinflüsse),
3. betriebsbedingten oder zeitabhängigen Veränderungen von Dichtelementen, z. B. Setzen, Verspröden, Alterung, Ermüdung,
4. unzulässiger Beanspruchung von Dichtelementen z. B. Materialunverträglichkeiten oder Abweichungen von der bestimmungsgemäßen Betriebsweise,
5. Montagefehlern, z. B. wenn die konstruktiv vorgesehenen Verschlusselemente nicht bestimmungsgemäß verwendet werden (z. B. falsches Anzugsmoment) oder wenn unzulässige Spannungen durch falsche Anschlagpunkte eingebracht werden, die zu Verformungen führen.
6. Thermoschock, z. B. beim Befüllen von drucklosen Druckbehältern mit druckverflüssigten Gasen oder beim nicht bestimmungsgemäßen Eintritt von kalten Fluiden in Anlagenteile, sofern die Dichtungen bzw. Anlagenteile für die auftretenden tiefen Temperaturen nicht ausgelegt sind.

6.1.2 Undichtigkeiten an dynamischen Dichtelementen

Undichtigkeiten an dynamischen Dichtelementen (z. B. Stopfbuchsen, Gleitringdichtungen) infolge von:

1. gegenüber dem Fluid oder äußeren Einwirkungen (z. B. unzulässige Schwingungen) nicht geeigneten Dichtelementen,
2. alterungsbedingten oder zeitabhängigen Veränderungen von Dichtelementen, z. B. Setzen, Verspröden, Verschleiß,
3. unzulässiger Beanspruchung von Dichtelementen, z. B. Materialunverträglichkeiten oder Abweichungen von der bestimmungsgemäßen Betriebsweise,
4. Montagefehlern, z. B. falsches Anzugsmoment, Ausrichtfehler.

6.1.3 Entweichen von Fluiden beim Öffnen von Anlagenteilen

Entweichen von Fluiden beim Öffnen von Anlagenteilen infolge von:

1. nicht erkanntem Überdruck an der Öffnungsstelle,
2. nachträglicher Auflösung von Verstopfungen bei bereits geöffneter Druckanlage,
3. zu großer Entnahmemenge bei Entnahmestellen für Probenahmen,
4. nicht bestimmungsgemäßer Bedienung von Schnellverschlüssen,
5. Fehlbedienung von Armaturen, die nicht an ein geschlossenes System angebunden sind,
6. verzögertem Austritt von Restflüssigkeiten, z. B. durch Siphonwirkung oder Sackbildung nach Ansammlung an Tiefpunkten von Rohrleitungen,

7. spontaner Verdampfung von Flüssigkeiten nach Druckentspannung, z. B. durch Siedeverzug,
8. unkontrolliertem Entleeren, Spülen oder Reinigen bei geöffneten Anlagenteilen ohne definierte Ableitung.

6.1.4. Ableitung aus Sicherheitsventilen, Berstscheiben, Druckentlastungsklappen, Entlüftungs- und Entspannungsleitungen

Ableitung aus Sicherheitsventilen, Berstscheiben, Druckentlastungsklappen, Entlüftungs- und Entspannungsleitungen mit der Folge von:

1. gefährlichen Konzentrationen an Arbeitsplätzen bei gefährlichen Stoffen und Gemischen gemäß § 3 GefStoffV,
2. Überschreitung von anerkannten Grenzwerten in der Atmosphäre, bei Stoffen und Zubereitungen mit Eigenschaftsmerkmalen nach der GefStoffV (z. B. Werte nach AEGL-2 [Acute Exposure Guideline Levels] oder ERPG-2 [Emergency Response Planning Guidelines]),
3. Bildung von explosionsfähiger Atmosphäre,
4. Fluidbeaufschlagung bei Stoffen und Gemischen, die nicht in eine Gefahrenklasse nach § 3 GefStoffV eingestuft sind, aber aufgrund ihrer sonstigen Eigenschaften zu einer Gefährdung führen können (z. B. Verdrängung von Luftsauerstoff durch inerte Gase).

6.2 Bewertung der Gefährdungen

6.2.1 Bewertung im Rahmen der Beschaffung

Zum Beispiel:

1. Schädigungsmechanismen an Dichtelementen (Alterung, Korrosion, chemischer Angriff usw.),
2. Vorgabe und Auswahl der Dichtelemente und Berücksichtigung der möglichen Betriebszustände,
3. Eignung und Notwendigkeit von Schnellschlusseinrichtungen und manuellen Probenahmestellen,
4. technische und organisatorische Möglichkeiten einer schnellen Leckageerkennung,
5. Möglichkeit der Anzeige von Druck und Temperatur im Bereich von Öffnungsstellen,
6. mögliche Gefährdungen infolge Ableitens von Fluiden (Stoffe und Gemische) aus Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung anhand einer der nachfolgend genannten Vorgehensweisen (siehe auch Anhang):
 - a) Einteilung der Fluide in Abhängigkeit von der Einstufung in Gefahrenklassen nach § 3 GefStoffV. Bei Gasen und Dämpfen ohne Einstufung müssen auch Gefahren durch Verdrängung des Luftsauerstoffs berücksichtigt werden.
 - b) Ermittlung der maximal freisetzbaren Stoffmenge, bestimmbar über den Massenstrom an der Austrittsstelle und die maximale Ausblasedauer, ggf. das Volumen des Apparates,
 - c) Bestimmung der Freisetzungsbedingungen, welche sich ergeben aus Ort, Richtung und Höhe der Austrittsöffnung, den Aggregatzustand und die Temperatur der Stoffe, den Impuls der Austrittsströmung (Richtung, Geschwindigkeit) und die Umgebungssituation,

- d) Ermittlung des Ausbreitungsverhaltens mit Hilfe anerkannter Modelle zur Freistrah- und atmosphärischen Ausbreitung,
- e) Abschätzung des zeitlichen Verlaufes und der Höhe der Konzentration eines Stoffes am Aufpunkt in Abhängigkeit von der Entfernung des Quellterms,
- f) Vergleich der Konzentrationen am Aufpunkt mit anerkannten Grenzwerten (z. B. AEGL-2- oder ERPG-2-Konzentrationsleitwerte bzw. UEG-Grenzwerte (untere Explosionsgrenze) bei brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln).

6.2.2 Bewertung während der Verwendung

Zum Beispiel:

1. Einflüsse auf Montage und Wartung von Dichtelementen, insbesondere bei der Vorbereitung und Ausführung der Arbeiten,
2. Aktualität und Umfang von Schulungsinhalten/Unterweisungen für Mitarbeiter (Schwerpunkt Öffnen und Schließen, bzw. Probenahme),
3. mögliche einfache Fehlbedienungen berücksichtigen,
4. Erkennung von Undichtheiten und Ableitung von Stoffen,
5. Änderungen, Umbauten an den Anlagen,
6. Änderungen der Betriebsbedingungen allgemein bzw. An- und Abfahren, Produktumstellungen, Rezepturänderungen,
7. Einwirkungen von außen, z. B. Stoffeigenschaften von Nachbaranlagen, Witterungsbedingungen.

6.3 Festlegung von Schutzmaßnahmen im Rahmen der Beschaffung

(1) Als Basis für die Beschaffung einer Druckanlage muss die bestimmungsgemäße Betriebsweise zugrunde gelegt werden. Ferner sind mögliche äußere Einflüsse auf eine Druckanlage zu berücksichtigen.

(2) Folgende beispielhaft genannten Schutzmaßnahmen können für die Beschaffung von Verbindungs- und Dichtelementen zur Vermeidung einer Freisetzung von Fluiden angewendet werden:

1. Verschlüsse und lösbare Verbindungen werden so ausgewählt, dass sie bei bestimmungsgemäßer Betriebsweise
 - a) auf Dauer technisch dicht oder technisch dicht sind,
 - b) für den Anwendungszweck in thermischer und mechanischer Hinsicht geeignet und
 - c) gegenüber dem Fluid chemisch und physikalisch beständig sind.
2. Zusätzlich werden Schnellverschlüsse so ausgewählt, dass sie bei bestimmungsgemäßer Betriebsweise
 - a) nicht unter Druck geöffnet und nicht im geöffneten Zustand mit Druck beaufschlagt werden können,
 - b) nicht bei gefährlicher Temperatur (z. B. tiefkalte oder heiße Fluide) oder gesundheitsgefährdenden Fluiden geöffnet werden können.

3. Auswahl geeigneter Konstruktionen, wenn auf Dauer technisch dichte Anlagenteile erforderlich sind, in Anlehnung an Abschnitt 4.5.2 TRGS 722. Besonderes Augenmerk ist auf den Nachweis der Ausblassicherheit zu legen, um ein Herausdrücken der Dichtung aus dem Sitz und große Leckagen auszuschließen. Darüber hinaus können zur Vermeidung von Undichtigkeiten aus dynamischen Dichtelementen doppelt wirkende Gleitringdichtungen geeignet sein.
4. Festlegungen in Betriebsanweisungen zur Wartung und Überwachung zur Sicherstellung der dauerhaften technischen Dichtheit von Verbindungen und Dichtungen.
5. Erstellung von Betriebsanweisungen sowie von Unterlagen zur Unterweisung der Beschäftigten für die Montage von lösbaren Verbindungen.

(3) Zur Vermeidung von Gefährdungen bei der Freisetzung von Fluiden können folgende beispielhaften Schutzmaßnahmen Berücksichtigung finden:

1. Festlegung eines entsprechend dimensionierten explosionsgefährdeten Bereichs,
2. Berücksichtigung von Lüftungsmöglichkeiten,
3. Anordnung der Austrittsöffnungen von Sicherheitsventilen und Berstscheiben bzw. deren Ausblaseleitungen in einen Bereich, der für Beschäftigte und andere Personen keine Gefährdungen vermuten lässt,
4. Kennzeichnung mit Sicherheitszeichen nach ASR A1.3 für z. B. abgesperrte Bereiche der Austrittsöffnung von Sicherheitsventilen und Berstscheiben bzw. deren Ausblaseleitungen.

6.4 Festlegung von Schutzmaßnahmen unter Berücksichtigung der Umgebung)

Bei der Aufstellung von Druckanlagen bzw. deren Teile sind beispielsweise die nachstehenden Schutzmaßnahmen zur Vermeidung von Gefährdungen durch die Freisetzung von Fluiden zu berücksichtigen. Daneben sind insbesondere die Vorgaben der Gefahrstoffverordnung und die Ergebnisse der danach ebenfalls durchzuführenden Gefährdungsbeurteilung sowie die Technischen Regeln zum Explosionsschutz (TRGS 720 ff.) zu beachten.

6.4.1 Undichtigkeiten

(1) Folgende beispielhaften Schutzmaßnahmen können zur Vermeidung von Gefährdungen durch Freisetzung von Fluiden angewendet werden:

1. Leckgase, z. B. von Kolbenstangen- und Wellenabdichtungen, werden gefahrlos abgeführt, beispielsweise durch gezielte Absaugung oder technische Belüftung.
2. Bei Anlagen mit besonders toxischen Gasen, Gasgemischen oder Dämpfen, die schon in geringen Konzentrationen zur Lähmung der Geruchsnerve führen oder durch Geruch nicht wahrzunehmen sind (z. B. Phosphin, Schwefelwasserstoff, Cyanwasserstoff, Carbonylchlorid, Kohlenmonoxid), werden technische Schutzmaßnahmen vorgesehen, z. B.: Einbau geeigneter selbsttätig wirkender Gaswarneinrichtungen zum Erkennen, Warnen und Melden von gefährlichen Gaskonzentrationen. Die Gaswarneinrichtungen lösen Vor- und Hauptalarm aus. Beim Ansprechen des Hauptalarms wird die Anlage selbsttätig in den sicheren Zustand gehen. Die Gaswarneinrichtungen sind für die Messkomponente geeignet und die Anzeige ist für die Messkomponente zu justieren.
3. Bei Anlagen, in denen die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Gas-/Dampf-/Luft-Gemische bzw. gesundheitsgefährlicher oder erstickender Atmosphäre nicht sicher verhindert werden kann, ist eine ausreichende Belüftung zu gewährleisten, sofern eine offene oder halboffene Bauweise nicht realisierbar ist.

4. In Räumen mit Druckanlagen, in denen Gase oder Dämpfe, die in eine Gefahrenklasse nach § 3 GefStoffV eingestuft sind oder mit anderen gefährlichen Eigenschaften umgesetzt werden oder entstehen können, ist eine ausreichende Belüftung sicherzustellen:
 - a) Bei der Anordnung der Lüftungsöffnungen wird die Dichte der Gase/Dämpfe berücksichtigt.
 - b) Fluide, die als akut toxisch Kategorie 1 und 2 oder karzinogen Kategorie 1A und 1B eingestuft sind, werden gezielt in geschlossene Auffangsysteme geleitet.
 - c) Bei natürlicher Lüftung ist ein ausreichender Luftaustausch zu gewährleisten.
 - d) Bei technischer Lüftung ist ein ausreichender Luftwechsel zu gewährleisten.
 - e) Die Einrichtung ist entweder ständig wirksam oder wird über eine Gaswarneinrichtung automatisch eingeschaltet. Beim Ausfall der Einrichtung für die technische Lüftung wird ein Alarm ausgelöst.
5. Bei Anlagen, bei denen der Austritt von Staub nicht sicher verhindert werden kann, ist die Bildung eines explosionsfähigen Staub-/Luftgemisches im Umfeld der Anlage durch Reinigung und entsprechende Festlegung von Reinigungsintervallen zu vermeiden.
6. Verhinderung des unbeabsichtigten Verschließens von Öffnungen bei natürlicher Lüftung zur Gewährleistung eines ausreichenden Luftaustauschs (z. B. durch Betriebsanweisung, Unterweisung, Kennzeichnung).
7. Einhaltung der Maßnahmen zur Überwachung und Instandhaltung zur Aufrechterhaltung der auf Dauer technischen Dichtheit im Sinne der TRGS 722 Abschnitt 4.5.2.
8. Festlegungen regelmäßiger Dichtheitsprüfungen.
9. Regelmäßige Begehung der Anlagen mit Kontrollen (zum Beispiel Wahrnehmung von Geräuschen, Schlieren- oder Eisbildung infolge von Undichtheiten) und Messungen mit Leckanzeige- und Gasspürgeräten.

6.4.2 Ableitung aus Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitungen

- (1) Zur gefahrlosen Ableitung sind beispielsweise folgende Schutzmaßnahmen vorzusehen:

Wenn eine Ableitung in die Atmosphäre ohne weitere Schutzmaßnahmen oder aufgrund einer Überschreitung der Grenzwerte nicht zulässig ist (siehe Anhang) ist ein Behandlungssystem vorzusehen in Form von:

1. gezielter Ableitung in ein Entsorgungssystem z. B. bei akut toxischen (Kategorie 3) Fluiden. Zu den Entsorgungssystemen zählen beispielsweise Abscheider, Wäscher, Fackeln, thermische Abgasreinigung,
2. gezielter Ableitung in geschlossene Auffangsysteme z. B. bei akut toxischen (Kategorie 1, 2) oder karzinogenen (Kategorie 1A, 1B) Fluiden.

Sofern eine Ableitung in die Atmosphäre zulässig ist, ist die Mündung der Ableitung so anzuordnen, dass Beschäftigte oder andere Personen nicht gefährdet werden.

- (2) Als Schutzmaßnahmen kommen z. B in Betracht:

1. Erstellung eines Instandhaltungskonzepts für das Behandlungssystem.
2. Dichtheitsprüfungen des Behandlungssystems inklusive Zuleitungen.
3. Kennzeichnung des abgesperrten Bereichs bzw. des Gefahrenbereichs bei einer Ableitung in die Atmosphäre.
4. Bei Ableitung in die Atmosphäre ist Personenverkehr in den Gefahrenbereich nur für den drucklosen Zustand zuzulassen (z. B. durch Lichtsignalanlagen).

6.5 Festlegung von Schutzmaßnahmen im Rahmen der Montage und Installation

Bei der Montage, Installation und Ausrüstung von Druckanlagen bzw. deren Teilen können die nachfolgend beispielhaft genannten Schutzmaßnahmen zur Vermeidung von Gefährdungen durch die Freisetzung von Fluiden zielführend sein:

1. Bei Anlagen mit gefährlichen Stoffen oder Gemischen werden alle Stutzen, die nicht an Rohrleitungen angeschlossen sind, mit Blindverschlüssen versehen, auch wenn Absperrarmaturen vorhanden sind, sofern eine Gefährdung durch unbeabsichtigte Freisetzung nicht auszuschließen ist. Dies wird auch durchgeführt, wenn Rohrleitungsverbindungen kurzzeitig gelöst werden;
2. An Probenahmestellen wird durch geeignete Einrichtungen sichergestellt, dass außerhalb des Probenahmeprozesses keine oder nur ungefährliche Mengen des Fluids austreten können. Hierzu werden z. B. Probenahmeöffnungen
 - a) mit zwei hintereinander geschalteten und gegeneinander verriegelten Absperrarmaturen ausgerüstet (Schleuse),
 - b) mit einer Absperrarmatur und einem begrenzend dimensionierten Querschnitt ausgerüstet (Drossel),
 - c) mit einer Absperrarmatur und einer Regelarmatur mit einer geregelten Öffnungsschärfe ausgerüstet (Dosierung).
3. Einrichtungen zum Ableiten von Fluiden werden so ausgeführt und befestigt, dass im Abfallfall keine Gefährdungen entstehen und Rückstoßkräfte aufgenommen werden.
4. Verschlüsse und lösbare Verbindungen werden so montiert und installiert, dass sie bei der bestimmungsgemäßen Betriebsweise technisch dicht sind. Dabei sind die Betriebs- oder Montageanleitung des Herstellers sowie ggf. weitere technische Vorgaben zu beachten, wie z. B. bei Schneid- und Klemmringverschraubungen.
5. Es werden nur geeignete Dichtungen verwendet. Auf Hilfsmittel, wie Dichtpasten und Trennmittel wird nur in begründeten Einzelfällen zurückgegriffen.
6. Die Verbindungen werden spannungsarm montiert. Schraubverbindungen/Verschlossschrauben werden gleichmäßig so weit angezogen, wie es zum Abdichten erforderlich bzw. vorgegeben ist. Vorzugsweise werden hierfür drehmomentbegrenzende Werkzeuge eingesetzt.
7. Bei der Montage wird darauf geachtet, dass Flansche, Dichtungen, Schrauben und Muttern den zu erwartenden mechanischen, thermischen und chemischen Beanspruchungen sicher widerstehen bzw. den technischen Vorgaben entsprechen.
8. Der Transport und die Montage von Anlagenteilen werden so ausgeführt, dass die Beschädigung von Dichtflächen oder die Verformung von Anschlussteilen vermieden wird. Die Montagevorschriften der Hersteller werden beachtet.
9. Es werden die erforderliche Qualifikation des Montagepersonals und die qualitätssichernden Kontrollen während der Montage festgelegt.

6.6 Festlegung von Schutzmaßnahmen im Rahmen der Verwendung

6.6.1 Schutzmaßnahmen im Betrieb, bei An- und Abfahren sowie Instandhaltung

- (1) Alle erforderlichen Schutzmaßnahmen werden für den Betrieb bzw. Instandhaltung unter Zugrundelegung der vom Hersteller übermittelten Angaben und der eigenen betrieblichen Erfahrungen durch den Arbeitgeber festgelegt.

(2) Beispielhafte Schutzmaßnahmen zur Gewährleistung der Dichtheit hierbei sind folgende Festlegungen in Betriebsanweisungen oder Instandhaltungsplänen:

1. Schadhafte Verschlusselemente, z. B. abgenutzte, rissige oder verbogene Schrauben, ausgebrochene oder sonst beschädigte Muttern, verbogene Klammern oder Bügel, beschädigte Dichtungen, werden nicht erneut verwendet, sondern ersetzt.
2. Druckgeräte sowie ihre Ausrüstungsteile unterliegen einer Dichtheitsüberwachung durch den Arbeitgeber; dies gilt auch für Druckgeräte, die durch ihre Konstruktion auf Dauer technisch dicht ausgeführt sind.

Bei Anlagenteilen, deren technische Dichtheit durch Instandhaltung und Überwachung gewährleistet wird, wird der Umfang und die Häufigkeit der Überwachung festgelegt.

3. Die Art und Weise der Dichtheitsüberwachung der Druckgeräte ist abhängig von deren konstruktiver Gestaltung bzw. dem eingesetzten Fluid. Hieraus ergeben sich qualitative Anforderungen an die Dichtheitsüberwachung. So erfordert z. B. ein Flansch mit glatter Dichtleiste in einer Gasleitung einen entsprechend höheren Überwachungsaufwand als ein Flansch mit gleicher Ausrüstung in einer Wasserleitung. Flanschverbindungen mit Schweißlippendichtung wiederum benötigen im Allgemeinen einen geringeren Überwachungsaufwand.
4. Die Dichtheitsüberwachung wird in Abhängigkeit von den gefährlichen Eigenschaften, Aggregatzustand, Druck- und Temperaturniveau z. B. durch eine der folgenden Schutzmaßnahmen sichergestellt:
 - a) Begehung der Bereiche, in denen Druckanlagen aufgestellt sind, zur Kontrolle auf Schlieren, Eisbildung, Geruch oder Geräusche infolge Undichtheit,
 - b) Kontrolle der Dichtheit mit mobilen Leckanzeige-, Gasspürgeräten, z. B. bei geruchlosen, als akut toxisch eingestuften Gasen,
 - c) Dichtheitsüberwachung bzw. -kontrolle, z. B. mit schaumbildenden Mitteln,
 - d) kontinuierliche oder periodische Überwachung der die Druckanlage umgebenden Atmosphäre durch selbsttätig arbeitende, fest installierte Geräte mit Warnfunktion.
5. Schwerpunkt der Dichtheitsüberwachung sind lösbare Verbindungen, die nicht durch Konstruktion auf Dauer technisch dicht sind, wie z. B.
 - a) dynamisch beanspruchte Dichtungen, wie z. B. Stopfbuchspackungen mit nicht selbsttätig nachstellenden Packungen, Wellendurchführungen,
 - b) thermisch beanspruchte Dichtungen mit stark wechselnden Temperaturen.
6. Bei Wartungs- und Inspektionsarbeiten werden die speziellen Belange z. B. hinsichtlich
 - a) Dichtheitsanforderungen,
 - b) Gefährlichkeitsmerkmalen,
 - c) Aggregatzustand,
 - d) Druck- und Temperaturniveauberücksichtigt.
7. An unter Druck stehenden Anlagenteilen
 - a) wird Drucklosigkeit vor dem Öffnen hergestellt. In Anlagenteilen mit möglichen, nicht erkennbaren Restdrücken werden ggf. zusätzliche organisatorische Schutzmaßnahmen getroffen, z. B. Fernsprechverbindung mit der Leitwarte,

- b) werden Schrauben/Verschlussschrauben nur von hierfür unterwiesenen Personen unter Beachtung besonderer Vorsichtsmaßnahmen nachgezogen. Gegebenenfalls wird der Druck dafür abgesenkt.
- 8. Schnellverschlüsse werden gemäß den Vorgaben des Herstellers geöffnet, um die unkontrollierte Freisetzung von Fluiden zu vermeiden.
- 9. Nach Tätigkeiten, die die Dichtheit der Anlage beeinträchtigen können, z. B. Instandsetzungsmaßnahmen, wird ggf. eine Dichtheitsprüfung vor oder während des Anfahrens durchgeführt. Dabei werden die gelösten bzw. gewechselten Dichtungen und Verschlüsse beobachtet und Schraubenverbindungen erforderlichenfalls nachgezogen. Vor dem Nachziehen von Schraubenverbindungen wird der Druck abgesenkt.

6.6.2 Schutzmaßnahmen bei Änderungen

Änderungen von Anlagenteilen oder der Betriebsweise können zu neuen oder geänderten Gefährdungen hinsichtlich der Freisetzung von Fluiden führen. Die nachfolgenden, beispielhaft genannten technischen Schutzmaßnahmen können hierbei zielführend sein, um Gefährdungen durch Freisetzung von Fluiden zu vermeiden. Die Durchführung dieser Maßnahmen ist durch organisatorische Schutzmaßnahmen zum Beispiel in Form einer Betriebsanweisung sicherzustellen.

1. Bei der Verwendung von Dichtelementen mit anderer Beschaffenheit wird darauf geachtet, dass diese für den Anwendungszweck in mechanischer und thermischer Hinsicht geeignet sind und durch das Fluid nicht unwirksam werden.
2. Überprüfung, ob konstruktive Änderungen erforderlich sind, z. B. hinsichtlich der Ausbildung von Flanschverbindungen.
3. Bei Änderung der Betriebsweise wird geprüft, ob die Ableitung aus Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung noch gefahrlos möglich ist.
4. Bei Änderungen an Verschlüssen, die unter Druck geöffnet werden können, wird geprüft, ob durch die Änderung neue Gefährdungen entstehen können. Beispielsweise wird bei Schnellverschlüssen geprüft, dass das Öffnen erst eingeleitet werden kann, wenn der Druckausgleich mit der Atmosphäre hergestellt ist.

6.6.3 Schutzmaßnahmen bei Betriebsstörungen

(1) Ist eine Gefährdung durch eine Betriebsstörung an einer Druckanlage nicht unmittelbar zu beseitigen, wird die Druckanlage unverzüglich und gefahrlos entspannt bzw. entleert. Zuvor werden alle druckerhöhenden Ursachen (z. B. durch Abstellen der Heizung, durch Beenden der druckerhöhenden Reaktion) unterbunden.

(2) Bei einer störungsbedingten Stofffreisetzung durch Undichtigkeiten werden abhängig vom Gefährdungspotenzial Schutzmaßnahmen getroffen, um die Auswirkung bzw. Ausbreitung zu begrenzen.

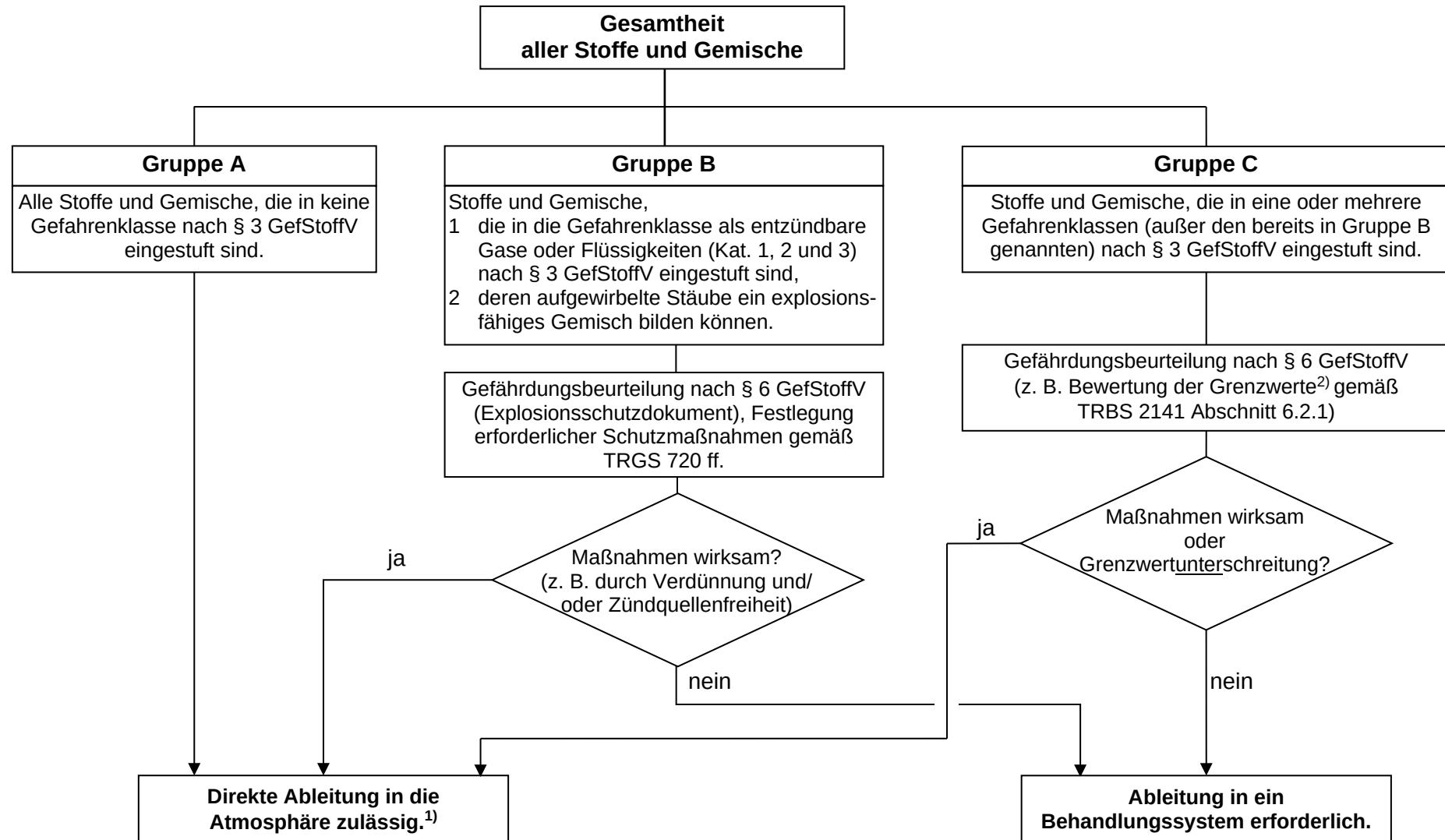
Schutzmaßnahmen zur Begrenzung der Ausbreitung von akut toxischen (Kategorie 1, 2) Gasen unter Druck bei Freisetzung können sein:

1. Wasserschleier zum Niederschlagen einer Gaswolke bei Gasen unter Druck, die wasserlöslich sind, z. B. Ammoniak, Ethylenoxid,
2. Wasserschleier zur Begrenzung der Ausbreitung einer Gaswolke bei Gasen unter Druck, die in Wasser nicht oder nur wenig löslich sind, oder
3. Begrenzen der flächigen Ausbreitung durch Verwirbeln des austretenden Gases unter Druck mit Wasserdampf (Dampfsperre).

- (3) Die dazu erforderlichen Einrichtungen, z. B. Sprührohre, Sprühwände, können fahrbar oder ortsfest eingebaut sein.
- (4) Anlagenteile, die infolge einer sicherheitsrelevanten Störung abgeschaltet wurden, werden nur auf Anweisung der betrieblich verantwortlichen Person und erst dann wieder eingeschaltet, wenn die Ursache für die Abschaltung beseitigt und die Anlagenteile vor Wiedereinschaltung vor Ort überprüft wurden. Dies ist durch organisatorische Maßnahmen z. B. in Form einer Betriebsanweisung sicherzustellen

Anhang

Schema zur Beurteilung des gefahrlosen Ableitens von Gefahrstoffen nach Gefährlichkeitsmerkmalen

¹⁾ Es dürfen jedoch keine sonstigen Gefährdungen auftreten.²⁾ Soweit stoffspezifisch anerkannte Grenzwerte vorliegen.