

**DIN EN ISO 21789**

ICS 27.040

Einsprüche bis 2020-07-15

**Entwurf****Gasturbinenanwendungen –  
Sicherheit (ISO/DIS 21789:2020);  
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 21789:2020**

Gas turbine applications –  
Safety (ISO/DIS 21789:2020);  
German and English version prEN ISO 21789:2020

Applications des turbines à gaz –  
Sécurité (ISO/DIS 21789:2020);  
Version allemande et anglaise prEN ISO 21789:2020

**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-05-15 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter [www.din.de/go/entwuerfe](http://www.din.de/go/entwuerfe) bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter [www.entwuerfe.normenbibliothek.de](http://www.entwuerfe.normenbibliothek.de), sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an [nam@vdma.org](mailto:nam@vdma.org) möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter [www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe](http://www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe) oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter [www.dke.de/stellungnahme](http://www.dke.de/stellungnahme) abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM), 60498 Frankfurt am Main, Postfach 71 08 64 oder Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 220 Seiten

DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM)

## Nationales Vorwort

Dieser Norm-Entwurf enthält sicherheitstechnische Festlegungen.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung werden vom Ausschuss NA 060-10-20 AA „Gasturbinen“ im Fachbereich „Power Systems“ des DIN-Normenausschusses Maschinenbau (NAM) wahrgenommen. Vertreter der Hersteller und Anwender von Gasturbinen sowie der Berufsgenossenschaften sind an der Erarbeitung beteiligt.

Dieser Norm-Entwurf konkretisiert einschlägige Anforderungen von Anhang I der EU-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG an erstmals im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) in Verkehr gebrachte Maschinen, um den Nachweis der Übereinstimmung mit diesen Anforderungen zu erleichtern.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

|                      |       |                             |
|----------------------|-------|-----------------------------|
| ISO 4413:2010        | siehe | DIN EN ISO 4413:2011-04     |
| ISO 4414:2010        | siehe | DIN EN ISO 4414:2011-04     |
| ISO 4871:1996        | siehe | DIN EN ISO 4871:2009-11     |
| ISO 10441:2007       | siehe | DIN EN ISO 10441:2007-07    |
| ISO 12100:2010       | siehe | DIN EN ISO 12100:2011-03    |
| ISO 12499:1999       | siehe | DIN EN ISO 12499:2010-12    |
| ISO 14001:2015       | siehe | DIN EN ISO 14001:2015-11    |
| ISO 14118:2017       | siehe | DIN EN ISO 14118:2018-07    |
| ISO 14120:2015       | siehe | DIN EN ISO 14120:2016-05    |
| ISO 14123-1:2015     | siehe | DIN EN ISO 14123:2016-03    |
| ISO 14691:2008       | siehe | DIN EN ISO 14691:2009-05    |
| ISO 19353:2015       | siehe | DIN EN ISO 19353:2019-06    |
| IEC 60079-0:2017     | siehe | DIN EN IEC 60079-0:2019-09  |
| IEC 60079-10-1:2015  | siehe | DIN EN IEC 60079-10:2019-06 |
| IEC/TS 60079-46:2017 | siehe | DIN IEC/TS 60079-46:2016-10 |
| IEC 60204-1:2016     | siehe | DIN EN 60204-1:2019-06      |
| IEC 60204-11:2018    | siehe | DIN EN IEC 60204-11:2019-09 |

|                         |       |                                   |
|-------------------------|-------|-----------------------------------|
| IEC 60695-1-10:2016     | siehe | DIN EN 60695-1-10:2017-09         |
| IEC 60695-1-11:2014     | siehe | DIN EN 60695-1-11:2016-05         |
| IEC 61000-6-2:2016      | siehe | DIN EN IEC 61000-6-2:2019-11      |
| ISO/IEC 80079-20-1:2017 | siehe | DIN EN ISO/IEC 80079-20-1:2016-02 |
| ISO 80079-36:2016       | siehe | DIN EN ISO 80079-36:2016-12       |

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN ([www.din.de](http://www.din.de)) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

## Nationaler Anhang NA (informativ)

### Literaturhinweise

DIN EN ISO 4413:2011-04, *Fluidtechnik — Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Hydraulikanlagen und deren Bauteile (ISO 4413:2010)*

DIN EN ISO 4414:2011-04, *Fluidtechnik — Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Pneumatikanlagen und deren Bauteile (ISO 4414:2010)*

DIN EN ISO 4871:1997-03, *Akustik — Angabe und Nachprüfung von Geräuschemissionswerten von Maschinen und Geräten (ISO 4871:1996)*

DIN EN ISO 10441:2007-07, *Erdöl- und Erdgasindustrie — Nachgiebige Kupplungen zur mechanischen Kraftübertragung — Besondere Anwendungsfälle (ISO 10441:2007)*

DIN EN ISO 12100:2011-03, *Sicherheit von Maschinen — Allgemeine Gestaltungsleitsätze — Risikobeurteilung und Risikominderung (ISO 12100:2010)*

DIN EN ISO 12499:2010-12, *Industrieventilatoren — Mechanische Sicherheit von Ventilatoren — Berührungsschutz (ISO 12499:1999)*

DIN EN ISO 14001:2015-11, *Umweltmanagementsysteme — Anforderungen mit Anleitung zur Anwendung (ISO 14001:2015)*

DIN EN ISO 14118:2018-07, *Sicherheit von Maschinen — Vermeidung von unerwartetem Anlauf (ISO 14118:2017)*

DIN EN ISO 14120:2016-05, *Sicherheit von Maschinen — Trennende Schutzeinrichtungen — Allgemeine Anforderungen an Gestaltung und Bau von feststehenden und beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen (ISO 14120:2015)*

DIN EN ISO 14123:2016-03, *Sicherheit von Maschinen — Minderung von Gesundheitsrisiken, die auf Gefahrstoffemissionen von Maschinen zurückzuführen sind — Teil 1: Grundsätze und Festlegungen für Maschinenhersteller (ISO 14123-1:2015)*

DIN EN ISO 14691:2009-05, *Erdöl-, petrochemische und Erdgasindustrie — Flexible Kupplungen für mechanische Kraftübertragung — Allgemeine Anwendungsfälle (ISO 14691:2008)*

DIN EN ISO 19353:2019-06, *Erdöl-, petrochemische und Erdgasindustrie — Flexible Kupplungen für mechanische Kraftübertragung — Allgemeine Anwendungsfälle (ISO 14691:2008)*

DIN EN IEC 60079-0:2019-09, *Explosionsgefährdete Bereiche — Teil 0: Betriebsmittel — Allgemeine Anforderungen (IEC 60079-0:2017)*

DIN EN IEC 60079-10:2019-06, *Explosionsgefährdete Bereiche — Teil 10-1: Einteilung der Bereiche — Gasexplosionsgefährdete Bereiche (IEC 31J/278/CD:2018)*

DIN IEC/TS 60079-46:2016-10, *Explosionsgefährdete Bereiche — Teil 10-1: Einteilung der Bereiche — Gasexplosionsgefährdete Bereiche (IEC 31J/278/CD:2018)*

DIN EN 60204-1:2019-06, *Sicherheit von Maschinen — Elektrische Ausrüstung von Maschinen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 60204-1:2016, modifiziert)*

DIN EN IEC 60204-11:2019-09, *Sicherheit von Maschinen — Elektrische Ausrüstung von Maschinen — Teil 11: Anforderungen an Ausrüstung für Spannungen über 1 000 V Wechselspannung oder 1 500 V Gleichspannung, aber nicht über 36 kV (IEC 60204-11:2018)*

DIN EN 60695-1-10:2017-09, *Prüfungen zur Beurteilung der Brandgefahr — Teil 1-10: Anleitung zur Beurteilung der Brandgefahr von elektrotechnischen Erzeugnissen — Allgemeiner Leitfaden (IEC 60695-1-10:2016)*

DIN EN 60695-1-11:2016-05, *Prüfungen zur Beurteilung der Brandgefahr — Teil 1-11: Anleitung zur Beurteilung der Brandgefahr von elektrotechnischen Erzeugnissen — Beurteilung der Brandgefahr (IEC 60695-1-11:2014)*

DIN EN IEC 61000-6-2:2019-11, *Fachgrundnormen — Störfestigkeit für Industriebereiche (IEC 61000-6-2:2016)*

DIN EN ISO/IEC 80079-20-1:2016-02, *Explosionsfähige Atmosphären — Teil 20-1: Stoffliche Eigenschaften zur Klassifizierung von Gasen und Dämpfen — Prüfverfahren und Daten (ISO/IEC DIS 80079-20-1:2015)*

DIN EN ISO 80079-36:2016-12, *Explosionsfähige Atmosphären — Teil 36: Nicht-elektrische Geräte für den Einsatz in explosionsfähigen Atmosphären — Grundlagen und Anforderungen (ISO 80079-36:2016)*

## **Gasturbinenanwendungen — Sicherheit (ISO/DIS 21789:2020)**

*Applications des turbines à gaz — Sécurité (ISO/DIS 21789:2020)*

*Gas turbine applications — Safety (ISO/DIS 21789:2020)*

ICS:

Deskriptoren:

Dokument-Typ: Europäische Norm  
Dokument-Untertyp:  
Dokumentstufe: parallele Umfrage  
Dokumentsprache: D

STD Version 2.10b

## Inhalt

|                                                                                 | Seite |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Europäisches Vorwort .....                                                      | 6     |
| Vorwort .....                                                                   | 7     |
| Einleitung .....                                                                | 8     |
| 1 Anwendungsbereich .....                                                       | 9     |
| 2 Normative Verweisungen .....                                                  | 10    |
| 3 Begriffe .....                                                                | 12    |
| 4 Liste der signifikanten Gefährdungen .....                                    | 14    |
| 5 Sicherheitsanforderungen .....                                                | 15    |
| 5.1 Allgemeines .....                                                           | 15    |
| 5.2 Risikobeurteilung .....                                                     | 15    |
| 5.2.1 Anforderungen an die Risikobeurteilung .....                              | 16    |
| 5.3 Änderungen und Ersatzteile .....                                            | 17    |
| 5.4 Vorhersehbare Fehlanwendung .....                                           | 17    |
| 5.5 Lebensdauer .....                                                           | 17    |
| 5.6 Kombination von Gefährdungen .....                                          | 17    |
| 5.7 Lärm .....                                                                  | 17    |
| 5.8 Mechanisch .....                                                            | 18    |
| 5.8.1 Trennende Schutzeinrichtungen .....                                       | 18    |
| 5.8.2 Zugänglichkeit zu Instandhaltungszwecken .....                            | 18    |
| 5.8.3 Gehäusekonstruktion .....                                                 | 19    |
| 5.8.4 Verdichterpumpen des Gasturbinenverdichters .....                         | 19    |
| 5.8.5 Stabilität und Handhabung .....                                           | 19    |
| 5.8.6 Überlastungen von Kupplungen, Wellen und Getrieben durch Drehmoment ..... | 20    |
| 5.8.7 Vibration .....                                                           | 20    |
| 5.8.8 Mechanischer Ausfall durch Korrosion .....                                | 20    |
| 5.8.9 Gestaltungsverfahren und Werkstoffe .....                                 | 20    |
| 5.8.10 Gasturbinentemperaturen .....                                            | 21    |
| 5.8.11 Umgebungsbeanspruchungen .....                                           | 21    |
| 5.8.12 Eigenschaften des Zusammenbaus .....                                     | 21    |
| 5.8.13 Kupplungen .....                                                         | 22    |
| 5.8.14 Rotorlager .....                                                         | 22    |
| 5.8.15 Versagen drehender Teile .....                                           | 22    |
| 5.8.16 Schutzschirm gegen Schäden durch Fremdkörper (FOD) .....                 | 22    |
| 5.8.17 Getriebe .....                                                           | 23    |
| 5.8.18 Startsysteme .....                                                       | 23    |
| 5.8.19 Niedrige Umgebungstemperaturen .....                                     | 24    |
| 5.9 Gasturbinenverdichter-Luftansaugsystem .....                                | 24    |
| 5.9.1 Allgemeines .....                                                         | 24    |
| 5.9.2 Verunreinigung der Eintrittsluft .....                                    | 24    |
| 5.9.3 Überwachung und Vermeidung von Eisbildung .....                           | 24    |
| 5.9.4 Implosionsschutz .....                                                    | 25    |
| 5.9.5 Einlass-Implosionsschutzöffnung .....                                     | 25    |
| 5.9.6 Abfallentsorgung durch Verbrennung .....                                  | 26    |
| 5.9.7 Rezirkulation .....                                                       | 26    |
| 5.9.8 Lufteinlasskanal des Gasturbinenverdichters .....                         | 27    |

|         |                                                                                              |    |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.10    | Brennstoffanlage .....                                                                       | 27 |
| 5.10.1  | Allgemeines .....                                                                            | 27 |
| 5.10.2  | Brennstoffzufuhrqualität und -zufuhreigenschaften .....                                      | 27 |
| 5.10.3  | Druckprüfung (Leckage) .....                                                                 | 27 |
| 5.10.4  | Brennzufuhrheizung .....                                                                     | 27 |
| 5.10.5  | Gasbrennstoffanlagen .....                                                                   | 28 |
| 5.10.6  | Flüssigbrennstoffsysteme .....                                                               | 32 |
| 5.10.7  | Multibrennstoffsysteme .....                                                                 | 37 |
| 5.10.8  | Brennstoffspülung .....                                                                      | 37 |
| 5.10.9  | Brennstoffentleerung .....                                                                   | 37 |
| 5.11    | Verbrennungsüberwachung .....                                                                | 38 |
| 5.11.1  | Allgemeines .....                                                                            | 38 |
| 5.11.2  | Anforderungen an die Zündung .....                                                           | 38 |
| 5.11.3  | Sicherheitszeit beim Verlöschen der Flamme .....                                             | 38 |
| 5.12    | Abgassystem .....                                                                            | 39 |
| 5.12.1  | Regelung mit Drosselvorrichtung .....                                                        | 39 |
| 5.12.2  | Lage flexibler Verbindungen .....                                                            | 39 |
| 5.12.3  | Abgasöffnung .....                                                                           | 39 |
| 5.12.4  | Explosionsschutz .....                                                                       | 39 |
| 5.13    | Einhausungen .....                                                                           | 40 |
| 5.13.1  | Allgemeines .....                                                                            | 40 |
| 5.13.2  | Aufbau der Einhausung .....                                                                  | 41 |
| 5.13.3  | Brandschutzvorkehrungen für Einhausungen .....                                               | 41 |
| 5.13.4  | Explosionsvermeidung und -schutz — Bereichsklassifizierung — Belüftung .....                 | 41 |
| 5.13.5  | Gasmelder .....                                                                              | 41 |
| 5.13.6  | Spülung der Einhausung .....                                                                 | 42 |
| 5.13.7  | Entflammbarer Nebel .....                                                                    | 42 |
| 5.13.8  | Zugang und Türen .....                                                                       | 42 |
| 5.13.9  | Einklemmen .....                                                                             | 43 |
| 5.14    | Beleuchtung .....                                                                            | 43 |
| 5.15    | Brandschutzmaßnahmen .....                                                                   | 43 |
| 5.15.1  | Allgemeines .....                                                                            | 43 |
| 5.15.2  | Bauliche Brandschutzmaßnahmen .....                                                          | 44 |
| 5.15.3  | Minderung und Eindämmung entflammbarer Flüssigkeiten .....                                   | 44 |
| 5.15.4  | Brandschutz .....                                                                            | 45 |
| 5.15.5  | Branderkennung .....                                                                         | 45 |
| 5.15.6  | Feuerlöschsysteme .....                                                                      | 46 |
| 5.15.7  | Wassersprühnebel-Löschmittel .....                                                           | 47 |
| 5.15.8  | Löschsystem-Bedienelemente .....                                                             | 47 |
| 5.15.9  | Fluchtwege .....                                                                             | 49 |
| 5.15.10 | Unkontrollierte Freisetzung des Mittels und Verlust des Treibmitteldrucks .....              | 49 |
| 5.15.11 | Thermische Tankentlastung (Berstscheibe) .....                                               | 49 |
| 5.15.12 | Treibmitteltanks .....                                                                       | 50 |
| 5.15.13 | Freisetzung von Löschmitteln in Gasturbinenhallen, Kontrollräumen usw. ....                  | 50 |
| 5.16    | Klassifizierung von Gefährdungsbereichen, Explosionsvermeidung und<br>Explosionsschutz ..... | 50 |
| 5.16.1  | Allgemeines .....                                                                            | 50 |
| 5.16.2  | Bereichsklassifizierung .....                                                                | 50 |
| 5.16.3  | Explosionsvermeidung .....                                                                   | 51 |
| 5.16.4  | Zündquellenkontrolle .....                                                                   | 51 |
| 5.16.5  | Reduzierung der Explosionswirkung in einem umschlossenen Bereich .....                       | 52 |
| 5.17    | Belüftung .....                                                                              | 54 |
| 5.17.1  | Allgemeines .....                                                                            | 54 |
| 5.17.2  | Kühlung .....                                                                                | 54 |
| 5.17.3  | Heizung .....                                                                                | 54 |

|         |                                                              |    |
|---------|--------------------------------------------------------------|----|
| 5.17.4  | Gefährdungsbereichskontrolle .....                           | 55 |
| 5.17.5  | Heiße Oberflächen .....                                      | 55 |
| 5.17.6  | Position des Belüftungseinlasses.....                        | 55 |
| 5.17.7  | Filterung des Belüftungseinlasses.....                       | 56 |
| 5.17.8  | Belüftungseinlasskanal .....                                 | 56 |
| 5.17.9  | Position des Belüftungsauslasses .....                       | 56 |
| 5.17.10 | Belüftungsüberwachung.....                                   | 56 |
| 5.18    | Lüfter .....                                                 | 57 |
| 5.18.1  | Gebläse-Schutzeinrichtungen und strukturelles Versagen ..... | 57 |
| 5.18.2  | Blasluft-Ölkühler .....                                      | 57 |
| 5.18.3  | Funkenbildung durch Gebläseflügel.....                       | 57 |
| 5.19    | Erkennung von brennbarem Gas.....                            | 57 |
| 5.19.1  | Typ/Auswahlgrundsätze .....                                  | 57 |
| 5.19.2  | Grundsätze der Platzierung.....                              | 57 |
| 5.19.3  | Einstellungen.....                                           | 58 |
| 5.19.4  | Einhausungen mit heißen Oberflächen — Analyseinstrument..... | 58 |
| 5.19.5  | Instandhaltung und Kalibrierung.....                         | 58 |
| 5.20    | Steuerungs- und automatische Schutzsysteme .....             | 59 |
| 5.20.1  | Allgemeines .....                                            | 59 |
| 5.20.2  | Eignung für die Umgebung.....                                | 59 |
| 5.20.3  | Ergonomie .....                                              | 59 |
| 5.20.4  | Ausfall .....                                                | 59 |
| 5.20.5  | Kalibrierung .....                                           | 60 |
| 5.20.6  | Prüfung.....                                                 | 60 |
| 5.20.7  | Drehzahlregelung.....                                        | 60 |
| 5.20.8  | Notabschaltsystem der Gasturbine .....                       | 61 |
| 5.20.9  | Verriegelungseinrichtungen .....                             | 62 |
| 5.20.10 | Cybersicherheit .....                                        | 62 |
| 5.21    | Elektrik.....                                                | 62 |
| 5.21.1  | Gestaltung/Installation .....                                | 62 |
| 5.21.2  | Isolierung und gespeicherte Energie .....                    | 62 |
| 5.21.3  | Elektrostatische Energie und Potentialausgleich.....         | 63 |
| 5.21.4  | Eindringen von Wasser .....                                  | 63 |
| 5.21.5  | Blitzeinschlag.....                                          | 64 |
| 5.21.6  | Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).....                | 64 |
| 5.21.7  | Batterieanlagen.....                                         | 64 |
| 5.21.8  | Elektrische Überlast .....                                   | 64 |
| 5.21.9  | Stromversorgungsausfall.....                                 | 64 |
| 5.22    | Entleerungsöffnungen und Entlüftungsöffnungen.....           | 65 |
| 5.22.1  | Allgemeines .....                                            | 65 |
| 5.22.2  | Entlüftungsöffnungen für entflammbare Gase .....             | 65 |
| 5.22.3  | Giftige und gefährliche Emissionen .....                     | 66 |
| 5.22.4  | Entlüftungen von Gasturbinenverdichtern.....                 | 66 |
| 5.23    | Druckgeräte.....                                             | 66 |
| 5.23.1  | Allgemeines .....                                            | 66 |
| 5.23.2  | Gestaltung.....                                              | 66 |
| 5.23.3  | Gefährdungen.....                                            | 67 |
| 5.23.4  | Fehlanwendung.....                                           | 67 |
| 5.23.5  | Handhabung und Betrieb .....                                 | 67 |
| 5.23.6  | Isolierung, Entleerung und Entlüftung .....                  | 67 |
| 5.23.7  | Injektion von Flüssigkeiten .....                            | 67 |
| 5.23.8  | Baugruppen .....                                             | 68 |
| 5.23.9  | Sicherheitsausrüstung.....                                   | 69 |
| 5.23.10 | Flexible Leitungen (und Metallschläuche) .....               | 70 |
| 5.23.11 | Feuer von außen .....                                        | 70 |

|                        |                                                                                                                                     |     |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.23.12                | Werkstoffversprödung und Korrosion.....                                                                                             | 71  |
| 5.23.13                | UV-beständiges Leitungssystem .....                                                                                                 | 71  |
| 5.24                   | Hilfssysteme .....                                                                                                                  | 71  |
| 5.24.1                 | Schmiersysteme .....                                                                                                                | 71  |
| 5.24.2                 | Wassersysteme.....                                                                                                                  | 72  |
| 5.24.3                 | Hydraulische und pneumatische Systeme .....                                                                                         | 72  |
| 5.24.4                 | Betriebsluftzufuhr.....                                                                                                             | 72  |
| 5.25                   | Installation in einem Gefährdungsbereich .....                                                                                      | 72  |
| 5.26                   | Gasturbinen ohne Einhausung in einer Halle .....                                                                                    | 73  |
| 5.27                   | Außerbetriebnahme und Entsorgung.....                                                                                               | 74  |
| 6                      | Konformitätsverifizierung.....                                                                                                      | 74  |
| 6.1                    | Qualitätssicherung.....                                                                                                             | 74  |
| 6.2                    | Prüfung der Sicherheitsanforderungen .....                                                                                          | 75  |
| 7                      | Benutzerinformationen .....                                                                                                         | 75  |
| 7.1                    | Allgemeines .....                                                                                                                   | 75  |
| 7.2                    | Sprache.....                                                                                                                        | 75  |
| 7.3                    | Verpackung.....                                                                                                                     | 75  |
| 7.4                    | Inbetriebnahme .....                                                                                                                | 75  |
| 7.5                    | Betrieb.....                                                                                                                        | 76  |
| 7.5.1                  | Allgemeines .....                                                                                                                   | 76  |
| 7.5.2                  | Sicherheitsanweisungen und Notfallverfahren .....                                                                                   | 77  |
| 7.6                    | Zugang zu der Einhausung .....                                                                                                      | 78  |
| 7.6.1                  | Allgemeines .....                                                                                                                   | 78  |
| 7.6.2                  | Risikobeurteilung für den Zugang zu Einhausungen .....                                                                              | 79  |
| 7.6.3                  | Beschränkungen unter Betriebsbedingungen.....                                                                                       | 79  |
| 7.6.4                  | Beschränkungen unter nichtbetrieblichen Bedingungen .....                                                                           | 79  |
| 7.6.5                  | Zugang während der Inbetriebnahme und Wiederinbetriebnahme .....                                                                    | 80  |
| 7.6.6                  | Installationen in einem Gefährdungsbereich .....                                                                                    | 80  |
| 7.7                    | Instandhaltung .....                                                                                                                | 80  |
| 7.7.1                  | Allgemeines .....                                                                                                                   | 80  |
| 7.7.2                  | Allgemeine Gefährdungen im Rahmen der Instandhaltung .....                                                                          | 81  |
| 7.7.3                  | Zugänglichkeit, Isolierung und Energieableitung .....                                                                               | 81  |
| 7.7.4                  | Druckgeräte.....                                                                                                                    | 81  |
| 7.7.5                  | Brandschutzsysteme .....                                                                                                            | 82  |
| 7.7.6                  | Gasmelder .....                                                                                                                     | 82  |
| 7.7.7                  | Steuerungssysteme: Instandhaltung, Kalibrierung und Prüfung .....                                                                   | 83  |
| 7.7.8                  | Gefährliche Werkstoffe und Substanzen.....                                                                                          | 83  |
| 7.8                    | Warnschilder und Hinweise .....                                                                                                     | 83  |
| 7.9                    | Lärm .....                                                                                                                          | 84  |
| 7.10                   | Arbeitsgenehmigung (PTW).....                                                                                                       | 84  |
| 7.11                   | Schulung.....                                                                                                                       | 85  |
| 7.12                   | Außerbetriebnahme und Entsorgung.....                                                                                               | 85  |
| Anhang A (informativ)  | Liste signifikanter Gefährdungen.....                                                                                               | 86  |
| Anhang B (normativ)    | Überprüfung von Sicherheitsanforderungen und/oder -maßnahmen.....                                                                   | 99  |
| Anhang ZA (informativ) | Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den<br>grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie 2006/42/EG ..... | 105 |
| Anhang ZB (informativ) | Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den<br>grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2014/34/EU.....             | 109 |
| Anhang ZC (normativ)   | Normative Verweisungen auf internationale Publikationen innerhalb<br>ihrer relevanten europäischen Publikationen.....               | 112 |
| Literaturhinweise..... |                                                                                                                                     | 115 |

## Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 21789:2020) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 192 „Gas Turbines“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 399 „Gasturbinenanwendungen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von BSI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

### Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 21789:2020 wurde von CEN als prEN ISO 21789:2020 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

## Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe [www.iso.org/patents](http://www.iso.org/patents)).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe [www.iso.org/iso/foreword.html](http://www.iso.org/iso/foreword.html).

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 192, *Gas turbines*, in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN), Technisches Komitee CEN/TC 399, *Gasturbinenanwendungen*, gemäß der Vereinbarung über technische Kooperation zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 21789:2009), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

— xxx xxxxxxxx xxx xxxx

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter [www.iso.org/members.html](http://www.iso.org/members.html) zu finden.

## Einleitung

Dieses Dokument ist eine Typ-C-Norm, wie in ISO 12100:2010 angegeben. Eine Typ-C-Norm enthält detaillierte Sicherheitsanforderungen für eine bestimmte Maschine oder Gruppe von Maschinen.

Die betreffenden Maschinen, die Gegenstand dieser Norm sind, sowie das Ausmaß, in dem Gefährdungen, gefährliche Situationen und Ereignisse behandelt werden, sind im Anwendungsbereich dieser Internationalen Norm dargestellt.

Andere Gruppen, die von dem mit den Mitteln des Dokuments von den vorgenannten Stakeholder-Gruppen erreichten Grad an Maschinensicherheit betroffen sein können:

- Maschinenanwender/Arbeitgeber (kleine, mittlere und große Unternehmen);
- Maschinenanwender/Mitarbeiter (z. B. Gewerkschaften, Organisationen für Menschen mit besonderen Bedürfnissen);
- Dienstleister, z. B. für Wartungsarbeiten (kleine, mittelständische und große Unternehmen);
- Verbraucher (wenn die Maschinen zum Gebrauch durch Verbraucher vorgesehen sind).

Die vorgenannten Stakeholder-Gruppen müssen die Möglichkeit erhalten haben, am Entwurfsprozess für dieses Dokument teilzunehmen.

Die betroffenen Maschinen und der Umfang, in dem Gefährdungen, Gefährdungssituationen oder Gefährdungsereignisse behandelt werden, sind im Anwendungsbereich dieses Dokuments angegeben.

Wenn Anforderungen dieser Typ-C-Norm von denen abweichen, die in Typ-A- oder Typ-B-Normen beschrieben werden, haben die Anforderungen dieser Typ-C-Norm für Maschinen, die entsprechend den Anforderungen dieser Typ-C-Norm konstruiert und gebaut wurden, Vorrang vor den Anforderungen anderer Normen.

Der Umfang der Anwendbarkeit der Literaturhinweise kann durch den Kontext des Textes in ISO 21789 begrenzt sein. Die Angabe einer datierten Norm schließt nicht die Verwendung späterer Versionen aus, sofern die Anforderungen weiterhin die in dieser Norm behandelten Sicherheitsaspekte und identifizierten Gefährdungen abdecken. Wo auf einen bestimmten Abschnitt in einer Norm verwiesen wird, gelten nur der Text dieses Abschnitts und die darin enthaltenen Verweisungen.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Verweisungen in Anmerkungen sind Bestimmungen, jedoch keine normativen Bestimmungen in diesem Dokument und in den Literaturhinweisen aufgeführt.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm behandelt die Sicherheitsanforderungen an für aus Flugtriebwerken abgeleitete und industrielle Gasturbinen-Antriebsaggregate, die flüssige oder gasförmige Brennstoffe verwenden und die sicherheitsbezogenen Steuerungs- und Erkennungssysteme für alle Arten von offenen Kreisläufen (einfach, kombiniert, regenerativ, Zwischenerhitzung usw.) in Onshore- und Offshore-Anwendungen einschließlich schwimmender Produktionsplattformen.

Diese Internationale Norm gilt für mechanische, elektrische und Druckgerätebauteile und -systeme, die für die Funktion des Antriebsaggregats benötigt werden. Sie gilt beispielsweise unter anderem für Hilfsgetriebe für Kernbohrgasturbinen, Abtriebsgetriebe, Verbrennungssysteme, Luftfilter, Gasturbinensteuerungssysteme, Ölsysteme und Brennstoffsysteme. Die Norm behandelt außerdem die Vermeidung von Sicherheitsrisiken in die allgemeine Installation wie etwa Abgasspülung oder -entleerung.

Diese Internationale Norm beschreibt die erwarteten signifikanten Gefährdungen in Verbindung mit aus Flugtriebwerken abgeleiteten und industriellen Gasturbinen-Antriebsaggregaten und legt die geeigneten präventiven Maßnahmen und Prozesse zur Reduzierung oder Vermeidung dieser Gefährdungen fest. Diese Internationale Norm behandelt die Verletzungs- und tödlichen Risiken für Personen und die Risiken für die Umwelt. Sachschäden an den Anlagen ohne Risiko für Personen oder die Umwelt werden nicht behandelt.

Gasturbineneinheiten sind allgemein durch Internationale und nationale Normen festgelegt. Die Erreichung von Sicherheit wird durch die Anwendung zusätzlicher Sicherheitsvorschriften und Normen unterstützt, die gemeinsam für Gasturbinen und andere Technologien angewendet werden. Hierbei ist zu beachten, dass lokale gesetzliche Vorschriften in den Ländern, in denen das Gerät in Betrieb genommen werden soll, möglicherweise nicht durch diese Internationale Norm behandelt werden.

Das allgemeine Ziel dieser Internationalen Norm besteht darin, sicherzustellen, dass Geräte über ihre gesamte Lebensdauer in Übereinstimmung mit ISO 12100 gestaltet, konstruiert, betrieben und instandgehalten werden.

Diese Internationale Norm behandelt die Sicherheit von Gasturbinen aus einer internationalen Perspektive soweit wie möglich basierend auf dem Inhalt der bestehenden anerkannten ISO- und IEC-Normen. Wo keine ISO- oder IEC-Norm besteht, wurden andere Vorschriften und Normen (wie etwa EN, NFPA usw.) eingebunden. Wo lokale oder nationale gesetzliche Vorschriften keine eingeführten Vorschriften oder Normen zulassen oder alternative oder nationale Normen mit vergleichbaren Anforderungen an die Risikoreduzierung bestehen, ist die Anwendung dieser alternativen Vorschriften oder Normen anstelle der Verweisungen in Abschnitt 2 zulässig.

Diese Internationale Norm schließt die folgenden Aspekte aus:

- strukturelle Gestaltung von Abgasanlagen;
- angetriebene Geräte;
- in ISO 19372 behandelte Mikroturbinen;
- hauptsächlich für den direkten und indirekten Antrieb verwendete Gasturbinen;
- Gasturbinen für mobile Anwendungen;
- spezielle Wärmequellenanwendungen;
- Gasturbinen in Forschungs- und Entwicklungsprogrammen;
- Druckluft-Energiespeicheranlagen.

Diese Internationale Norm kann gegebenenfalls als allgemeine Anleitung für solche Anwendungen genutzt werden.

Dieses Dokument gilt nicht für Maschinen oder Sicherheitsbauteile, die vor dem Datum der Veröffentlichung dieses Dokuments als Internationale Norm hergestellt wurden.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 3977-1:1997, *Gas turbines — Procurement — Part 1: General introduction and definitions*

ISO 3977-3:2004, *Gas turbines — Procurement — Part 3: Design requirements*

ISO 3977-9:1999, *Gas turbines — Procurement — Part 9: Reliability, availability, maintainability and safety*

ISO 4413:2010, *Hydraulic fluid power — General rules and safety requirements for systems and their components*

ISO 4414:2010, *Pneumatic fluid power — General rules and safety requirements for systems and their components*

ISO 4871:1996, *Acoustics — Declaration and verification of noise emission values of machinery and equipment*

ISO 6183:2009/AMD 2:2019, *Fire protection equipment — Carbon dioxide extinguishing systems for use on premises — Design and installation*

ISO 10441:2007, *Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Flexible couplings for mechanical power transmission — Special-purpose applications*

ISO 10494:2018, *Turbines and turbine sets — Measurement of emitted airborne noise — Engineering/survey method*

ISO 11086:1996, *Gas turbines — Vocabulary*

ISO 12100:2010, *Safety of machinery — General principles for design — Risk assessment and risk reduction*

ISO 12499:1999, *Industrial fans — Mechanical safety of fans — Guarding*

ISO 14001:2015, *Environmental management systems — Requirements with guidance for use*

ISO 14118:2017, *Safety of machinery — Prevention of unexpected start-up*

ISO 14120:2015, *Safety of machinery — Guards — General requirements for the design and construction of fixed and movable guards*

ISO 14123-1:2015, *Safety of machinery — Reduction of risks to health resulting from hazardous substances emitted by machinery — Part 1: Principles and specifications for machinery manufacturers*

ISO 14520-1:2019, *Gaseous fire-extinguishing systems — Physical properties and system design — General requirements*

ISO 14691:2008, *Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Flexible couplings for mechanical power transmission — General-purpose applications*

ISO 19353:2015, *Safety of machinery — Fire prevention and protection*

IEC 60079-0:2017, *Explosive atmospheres — Part 0: Equipment — General requirements*

IEC 60079-10-1:2015, *Explosive atmospheres – Part 10-1: Classification of areas – Explosive gas atmospheres*

IEC 60079-14:2013, *Explosive atmospheres — Part 14: Electrical installations design, selection and erection*

IEC 60079-17:2013, *Explosive atmospheres — Part 17: Electrical installations inspection and maintenance*

IEC 60079-29-1:2016/ISH 2:2019, *Explosive atmospheres — Part 29-1: Gas detectors — Performance requirements of detectors for flammable gases*

IEC 60079-29-2:2015, *Explosive atmospheres — Part 29-2: Gas detectors — Selection, installation, use and maintenance of detectors for flammable gases and oxygen*

IEC/TS 60079-46:2017, *Explosive atmospheres — Part 46: Equipment assemblies*

IEC 60204-1:2016, *Safety of machinery — Electrical equipment of machines — Part 1: General requirements*

IEC 60204-11:2018, *Safety of machinery — Electrical equipment of machines — Part 11: Requirements for equipment for voltages above 1 000 V AC or 1 500 V DC and not exceeding 36 kV*

IEC 60529:1989/AMD 2:2013, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60695-1-10:2016, *Fire hazard testing — Part 1-10: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products — General guidelines*

IEC 60695-1-11:2014, *Fire hazard testing — Part 1-11: Guidance for assessing the fire hazard of electrotechnical products — Fire hazard assessment*

IEC/TR 61000-5-1:1996, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 5: Installation and mitigation guidelines — Section 1: General considerations — Basic EMC publication*

IEC/TR 61000-5-2:1997, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 5: Installation and mitigation guidelines — Section 2: Earthing and cabling*

IEC 61000-6-2:2016, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-2: Generic standards — Immunity standard for industrial environments*

IEC 61000-6-4:2018, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-4: Generic standards — Emission standard for industrial environments*

ISO/IEC 80079-20-1:2017, *Explosive atmospheres — Part 20-1: Material characteristics for gas and vapour classification — Test methods and data*

ISO 80079-36:2016, *Explosive atmospheres — Part 36: Non-electrical equipment for explosive atmospheres — Basic method and requirements*

EN 12845:2015, *Ortsfeste Brandbekämpfungsanlagen — Automatische Sprinkleranlagen — Planung, Installation und Instandhaltung*

CEN/TS 14816:2008, *Ortsfeste Brandbekämpfungsanlagen — Sprühwasserlöschanlagen — Planung, Einbau und Wartung*

NFPA 12:2018, *Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems*

NFPA 13:2019, *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*

NFPA 15:2017, *Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection*

NFPA 68:2018, *Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting*

NFPA 70:2020, *National Electrical Code*

NFPA 750:2019, *Standard on Water Mist Fire Protection Systems*

NFPA 2001:2018, *Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems*

### 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 3977-1, ISO 3977-3, ISO 3977-9, ISO 11086 und ISO 12100:2010 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

#### 3.1

##### **Selbstentzündungstemperatur**

##### **AIT**

(en: auto-ignition temperature)

niedrigste Temperatur einer erhitzten Oberfläche, bei der sich eine brennbare Substanz in Form einer Gas- oder Dampfmischung mit Luft entzünden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Die AIT wird auch als Zündtemperatur oder Mindestzündtemperatur bezeichnet (siehe 5.16.4.4).

#### 3.2

##### **Entleerungsventil**

Ventil, das dafür vorgesehen ist, Flüssigkeiten aus Rohrleitungssystemen zu entfernen, und üblicherweise auf atmosphärischen Druck entleert

#### 3.3

##### **Not-Aus**

kontrollierte und automatische Abfolge von Ereignissen, die zur unmittelbaren Einstellung des Betriebs der Gasturbine und ihrer verbundenen Einrichtungen führt

BEISPIEL Isolierung der Brennstoffzufuhr zur Reduzierung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens, des Fortbestehens oder der Eskalation eines unsicheren Ereignisses.

#### 3.4

##### **Not-Halt**

einzelne menschliche Aktion zur Einleitung einer automatischen Abfolge von Ereignissen, um den Betrieb der Gasturbine und ihrer verbundenen Einrichtungen unmittelbar einzustellen

### 3.5

#### **Abschaltung**

kontrollierte Abfolge von Ereignissen zur ordnungsgemäßen Einstellung des Betriebs der Gasturbine und ihrer verbundenen Einrichtungen. Dies kann durch eine menschliche oder nichtmenschliche Aktion initiiert werden. Dies ist ein normaler Halt

### 3.6

#### **Sicherheitszeit beim Verlöschen der Flamme**

maximal zulässiger Zeitraum zwischen der direkten oder indirekten Erkennung des Flammenverlöschen und der Einstellung der Brennstoffzufuhr

### 3.7

#### **vorhersehbare Lebensdauer**

vorhersehbare Lebensdauer beinhaltet alle Lebensphasen eines Teils oder Systems wie etwa unter anderem Bau, Transport, Inbetriebnahme, Gebrauch, Betrieb, Reinigung, Störungsbeseitigung, Instandhaltung, Außerbetriebnahme, Demontage, endgültige Entsorgung usw.

### 3.8

#### **Sicherheitszeit „Anlauf“**

maximal zulässiger Zeitraum zwischen der Öffnung des Brennstoffzufuhrventils, die den Brennstofffluss ermöglicht, und der Abschaltung der Brennstoffzufuhr, wenn kein Beginn der Verbrennung bestätigt wurde (z. B. fehlgeschlagene Zündung)

### 3.9

#### **Verriegelung**

##### **Verriegelungseinrichtung**

mechanische, elektrische oder andere Art von Einrichtung, deren Zweck darin besteht, den Betrieb von Maschinenelementen unter bestimmten Bedingungen durch einen Verriegelungsbefehl der Verriegelungseinrichtung, der die Energieversorgung unterbricht oder Teile direkt von der Anlage trennt oder der in das Steuerungssystem eingegeben wird, sodass die Unterbrechung der Energiezufuhr oder die Trennung von Teilen von der Anlage von dem Steuerungssystem ausgelöst wird, zu verhindern

### 3.10

#### **untere Explosionsgrenze**

##### **UEG**

Volumenkonzentration von entflammbarem Gas oder Dampf in der Luft, unterhalb der die Mischung nicht explosiv ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Untere Entflammbarkeitsgrenze (en: lower flammability limit (LFL)) und untere Explosionsgrenze (en: lower explosive limit (LEL)) gelten als äquivalente Begriffe.

### 3.11

#### **Betreiber**

Person oder Organisation, die für den Betrieb der Einrichtung verantwortlich ist

### 3.12

#### **Originalausrüstungshersteller**

##### **OEM**

(en: original equipment manufacturer)

Person oder Organisation mit Verantwortung für die Einrichtung oder Teile derselben

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies kann der Hersteller oder Gesamtanbieter sein.

### 3.13

#### **Gesamtanbieter**

verantwortlich für die Integration der technischen Aspekte der Einrichtung und aller im Lieferumfang enthaltenen Hilfssysteme

### 3.14

#### **Antriebsmaschine**

bezeichnet im Zusammenhang mit dieser Norm eine Gasturbine als Quelle für Rotationskraft und Wärme, um Energie aus einer Brennstoffquelle zu erhalten und das Drehmoment/die Wärme auf die Einrichtung anzuwenden

### 3.15

#### **Käufer**

Person oder Unternehmen mit der Befugnis, die Einrichtung zu spezifizieren und zu erwerben

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies kann in einigen Fällen der Betreiber sein.

### 3.16

#### **Überdruckventil**

Sicherheitseinrichtung für den Überdruckschutz, die unter normalen Betriebsbedingungen nicht in Betrieb ist

### 3.17

#### **Sicherheitseinrichtung**

alle Elemente, die genutzt werden, um sicherheitsrelevante Prozessvariable zu messen, zu begrenzen und zu steuern, sicherheitsrelevante Signale zu verarbeiten oder automatische oder manuelle sicherheitsbezogene Interventionen zu aktivieren

### 3.18

#### **sicherheitsbezogenes System**

Systeme/Bauteile, deren erster Fehler in der Fehleranalyse als wahrscheinliche Ursache einer Gefährdung angegeben wird, die besondere Maßnahmen erfordern kann, um die Wahrscheinlichkeit des Auftretens auf ein akzeptables Maß zu reduzieren

### 3.19

#### **Überströmventil**

Regelventil, das dazu dient, einen Teil der Flüssigkeiten unter normalen Betriebsbedingungen umzuleiten

### 3.20

#### **Ventildruckprüfung**

System zur Prüfung des effektiven Schließens automatischer Absperrventile durch die Erkennung von Leckage

### 3.21

#### **Lüftungsöffnung**

Öffnung zur Ableitung von Gasen, Dämpfen oder Nebel mit Ausnahme der Abgase der Gasturbine, die als Abgasanlage bezeichnet wird

## 4 Liste der signifikanten Gefährdungen

Gefährdungen und damit verbundene Gefährdungssituationen wurden anhand des in ISO 12100:2010, 5.4, festgelegten Verfahrens identifiziert. Die Ergebnisse wurden in Anhang A, Tabelle A.1 für die weitere Anwendung in Risikobeurteilungen zur Festlegung der Schutzmaßnahmen und damit verbundenen Verweisungen im Text dieser Norm dokumentiert.

## 5 Sicherheitsanforderungen

### 5.1 Allgemeines

Das allgemeine Ziel der Sicherheitsanforderungen besteht darin, sicherzustellen, dass Einrichtungen so gestaltet, konstruiert, betrieben und während ihrer gesamten Lebensdauer instandgehalten werden, dass ein ausreichendes Maß an Sicherheit für ihren bestimmungsgemäßen Gebrauch erreicht wird.

Bei jeder Gefährdungsbeurteilung müssen alle vernünftigerweise vorhersehbaren Betriebsbedingungen in der Gestaltung der Einrichtung berücksichtigt werden.

Maschinen und ihre verbundenen Einrichtungen müssen den Sicherheitsanforderungen und/oder Schutzmaßnahmen dieser Norm entsprechen. Zusätzlich muss die Maschine den Grundsätzen von ISO 12100 in Bezug auf die relevanten aber nicht signifikanten Gefährdungen entsprechen, die in ISO 21789 nicht behandelt werden.

Der Inhalt dieser Internationalen Norm darf technische Fortschritte im Bereich der Gasturbinensicherheit nicht beeinträchtigen und nicht genutzt werden, um Innovationen, die zu einer erhöhten Sicherheit führen können, zu hemmen.

### 5.2 Risikobeurteilung

Risikobeurteilungen wurden für die in Abschnitt 4 identifizierten und in Anhang A beschriebenen Gefährdungen in Übereinstimmung mit den in ISO 12100:2010, 5, festgelegten Grundsätzen vorgenommen. Die resultierenden Schutzmaßnahmen und damit verbundenen Abschnitte dieser Norm sind in Anhang A, Tabelle A.1 aufgeführt. Die anzuwendenden Verifizierungsmaßnahmen für die Schutzmaßnahmen sind in Anhang B, Tabelle B1 aufgelistet.

Die Kriterien für Schutzmaßnahmen umfassen:

- Verweisungen auf anzuwendende Normen;
- Festlegung spezifischer Anforderungen und
- weitere Risikoreduzierung oder eine Kombination der Kriterien,

sofern zutreffend, zur Erfüllung der Anforderungen nach 5.2.1.

Die Ergebnisse der Beurteilungen und Kriterien müssen dokumentiert werden.

Andere Verfahren können zusätzlich zu den Grundsätzen in ISO 12100 zur Behebung von Risiken eingesetzt werden. Mögliche Verfahren sind in Normen wie IEC 60812:2006 (FMEA), IEC 61025:1990 (Fehlerbaum) und IEC 61882:2001 (HAZOP) enthalten.

Der Beurteilungsprozess muss die Gefährdung beseitigen oder das mit der Gefährdung verbundene Risiko durch Anwendung der in den relevanten Abschnitten der Norm festgelegten Kriterien in der folgenden Reihenfolge reduzieren;

- sichere Gestaltung mit passiven Schutzmaßnahmen;
- Anwenden aktiver Schutzmaßnahmen;
- Kommunikation von Informationen zu Restrisiken.

Die Nutzung der Risikobeurteilung für die Auswahl von Schutzmaßnahmen zur Ergänzung der in Abschnitt 5, Abschnitt 6 und Abschnitt 7 dieser Norm festgelegten Schutzmaßnahmen ist von wesentlicher Bedeutung.

Bei der Gestaltung von Gasturbineneinrichtungen ist Folgendes zu berücksichtigen:

- die notwendigen Abweichungen in den angewendeten Schutzmaßnahmen, um die individuellen Bedingungen vor Ort zu berücksichtigen;
- das Erfordernis, Schutzmaßnahmen in Relation zu Gefährdungen aufgrund des vernünftigerweise vorhersehbaren Betriebs vor Ort zu setzen;
- das Erfordernis, über Optionen bei der Auswahl von Maßnahmen zur Risikokontrolle zu verfügen.

Die in den Abschnitten dieser Norm angegebenen Kriterien können gegebenenfalls aufgrund der unterschiedlichen Ansätze der Hersteller nicht jedes mögliche Risiko identifizieren. Um sicherzustellen, dass die Sicherheit nicht beeinträchtigt wird, müssen gegebenenfalls zusätzliche Maßnahmen getroffen werden, um die Anforderungen nach 5.2.1 zu erfüllen.

Anforderungen an die Funktionssicherheit sind in 5.20 definiert und die signifikanten Risiken für die Funktionssicherheit sind in Tabelle A.1 angegeben. Wo Risikominderungsmaßnahmen getroffen werden, muss sichergestellt sein, dass zusätzliche Maßnahmen nicht zu weiteren Gefährdungen führen.

Die Betriebs- und Instandhaltungsanforderungen müssen sicherstellen, dass das Risikoniveau nach 5.2.1 eingehalten wird.

Wenn durch anschließende Analyse oder Erfahrung weitere Risiken in Verbindung mit der Gestaltung festgestellt werden, müssen die betroffenen Einrichtungen identifiziert und in Übereinstimmung mit Abschnitt 7 mitgeteilt werden.

### 5.2.1 Anforderungen an die Risikobeurteilung

Für die identifizierten Gefahren müssen Risikobeurteilungen zu der/den Gasturbine(n) und den verbundenen Einrichtungen durchgeführt werden. Ein quantitatives oder qualitatives Risikobeurteilungsverfahren muss angewendet werden.

Bei qualitativen Risikobeurteilungen ist darauf zu achten, dass die für die Risikobeurteilung angewendeten Faktoren und Parameter klar definiert sind, um objektive Einschätzungen zu ermöglichen, und dass die für jeden Parameter verwendeten Werte gegebenenfalls entsprechend kalibriert sind, sodass sie für die durchzuführende Beurteilung gültig sind.

Für quantitative Risikobeurteilungen wird jede Gefährdung bewertet, um sicherzustellen, dass die Maßnahmen ein maximales tödliches Unfallrisiko für eine spezifische Person von  $10^{-3}$  je Jahr (individuelles Risiko für Mitarbeiter) und  $10^{-4}$  (öffentlich) nicht überschreiten. Das allgemein akzeptable individuelle Risiko wird auf  $10^{-6}$  je Jahr festgelegt.

ANMERKUNG 1 Für weitere Anleitungen zu diesen Werten und ihrer Anwendung siehe IGE/SR/15 Ed. 4 „Integrity of safety-related systems in the gas industry“.

ANMERKUNG 2 Diese gelten als gültige und verifizierte Werte bei der Durchführung der quantitativen Risikobeurteilung. Daher ist die vorhergesagte Wahrscheinlichkeit ausreichend konservativ. Konfidenzniveaus, Nutzungsart und Vermeidung und Grenzen der Risikominderung durch Schutzebenen werden beeinflussen, wie niedrig eine Risikowahrscheinlichkeit vorhergesagt werden kann. Die allgemeine Industrieerfahrung zeigt, dass ein sehr viel niedrigeres tatsächlich erreichtes Risikoniveau erwartet werden kann.

Während der Risikobeurteilung sollte die Anwendung der „As Low As Reasonably Practicable (ALARP)“-Überlegungen in Übereinstimmung mit den lokalen Kriterien erwogen werden.

### 5.3 Änderungen und Ersatzteile

Alle Änderungen und Aktualisierungen/Modernisierungen von Schutzsystemen und sicherheitsrelevanten Bauteilen müssen anhand der Anforderungen in 5.2.1 beurteilt werden. Der Austausch von Bauteilen über die Anforderungen der üblichen Instandhaltung hinaus sowie Änderungen und Modernisierungen der Einrichtungen mit neueren Technologien müssen hinsichtlich ihrer Übereinstimmung mit 5.2.1 beurteilt werden.

Eine Beurteilung, um sicherzustellen, dass keine zusätzlichen Gefährdungssituationen eingeführt werden, muss vorgenommen werden.

Der Austausch von Teilen des Schutzsystems und/oder Einrichtungen, die veraltet sind, muss als Teil der üblichen Instandhaltung betrachtet werden, unter der Voraussetzung, dass bestätigt wird, dass die ersetzenden Teile oder Einrichtungen der ursprünglichen Spezifikation, Leistung und den Sicherheitsanforderungen entsprechen.

### 5.4 Vorhersehbare Fehlanwendung

Einrichtungen und Schutzsysteme müssen nach gründlicher Analyse der möglichen Bedienungsfehler so gestaltet und hergestellt werden, dass Gefährdungssituationen durch die Konsequenzen vernünftigerweise vorhersehbarer Fehlanwendungen ausgeschlossen sind.

### 5.5 Lebensdauer

Sicherheitsbezogene Systeme/Bauteile müssen so gestaltet/ausgewählt werden, dass sie während der geplanten Lebensdauer der Einrichtung bei Instandhaltung in Übereinstimmung mit den Anweisungen des Herstellers und Betrieb innerhalb der von dem Hersteller festgelegten zulässigen Grenzwerte innerhalb definierter Grenzen funktionieren. Die geplante Lebensdauer und die Instandhaltungsanweisungen müssen in der Instandhaltungs- und Betriebsanleitung dokumentiert werden.

Wenn die Bemessungslebensdauer der Bauteile unter der geplanten Lebensdauer liegt, müssen sie in geplanten Intervallen ersetzt werden.

### 5.6 Kombination von Gefährdungen

Sofern die Möglichkeit besteht, dass Gase, Dämpfe, Nebel und Flüssigkeiten sich vermischen und zu Gefährdungssituationen führen oder den Betrieb einer Sicherheitseinrichtung beeinträchtigen, müssen geeignete Risikominderungsmaßnahmen getroffen werden.

Wenn Brennstoffleitungen mit Hilfsstoffen gespült oder gekühlt werden, müssen die Risiken in Verbindung mit dem Rückfluss und der Ableitung der Mischungen beurteilt und geeignete Minderungsmaßnahmen getroffen werden.

Wo Additive eingesetzt werden, um die Eigenschaften eines gegebenen Mediums zu verbessern, muss eine Überprüfung vorgenommen werden, um sicherzustellen, dass hierdurch keine Gefährdungssituation in der Gasturbine oder verbundenen Einrichtungen entsteht.

### 5.7 Lärm

Wenn der Lärmpegel in Arbeitsbereichen 85 dB (A) überschreitet, müssen Warnschilder angezeigt werden.

Wo Hochdruck/Durchflusslüftungsöffnungen, Ablassleitungen oder Luft/Gas-Motorabgasanlagen verwendet werden, muss die Gestaltung die Geschwindigkeit am Ausgang reduzieren und Schalldämpfer sind anzubringen oder die Ausgänge müssen so angeordnet werden, dass bei der Entleerung die Exposition von Personen gegenüber Lärm den Grenzwert nicht überschreitet oder es müssen geeignete Warnschilder in einem Abstand zu der Geräuschquelle angebracht werden, in dem der akzeptable Geräuschpegel nicht überschritten wird.

ANMERKUNG ISO 3740 enthält Richtlinien für die Anwendung grundlegender Geräuschnormen.

## 5.8 Mechanisch

### 5.8.1 Trennende Schutzeinrichtungen

#### 5.8.1.1 Allgemeines

Trennende Schutzeinrichtungen müssen in Übereinstimmung mit ISO 14120:2015 gegen die in ISO 12100:2010 beschriebenen mechanischen Gefährdungen vorgesehen werden.

Wenn ein Gehäuse mit kontrolliertem Zugang als trennende Schutzeinrichtung gegen sich bewegende Mechanismen und heiße Oberflächen dient, müssen die Zugangsstellen mit Warnschildern gegen die potentiellen Gefahren versehen werden.

#### 5.8.1.2 Heiße oder kalte Oberflächen

Einrichtungen müssen so gestaltet sein, dass das Risiko von Verbrennungen durch den Kontakt mit oder die Nähe zu Oberflächen mit hohen oder niedrigen Temperaturen minimiert wird.

Dies kann erreicht werden, indem die Oberflächentemperatur bei versehentlichem Kontakt für einen gegebenen Werkstoff oder eine gegebene Oberfläche den Verbrennungsschwellenwert für eine minimale Kontaktzeit von 1 s nicht überschreitet. Wenn die Schwellentemperatur auf üblicherweise zugänglichen Oberflächen überschritten wird, müssen entsprechende trennende Schutzeinrichtungen, Barrieren oder andere geeignete Maßnahmen implementiert werden, um die Verbrennungsgefahr zu eliminieren. An Oberflächen, die üblicherweise nicht berührt werden, müssen Warnschilder an einer deutlich sichtbaren Stelle angebracht werden.

Übliche Verbrennungsschwellenwerte für 1 s sind 70 °C für unbeschichtetes Metall und 80 °C für beschichtetes Metall sowie 85 °C für Glas. ISO 13732-1:2006 und ISO 13732-3:2005 sind anzuwenden, um zu bestimmen, ob ein Verbrennungsrisiko besteht.

Bei absichtlichen Kontaktflächen (z. B. Handventile und Türgriffe) sind Mittel vorzusehen, um sicherzustellen, dass die Oberflächentemperaturen den Verbrennungsschwellenwert für eine Kontaktdauer von 10 s nicht überschreiten.

Wenn Verletzungen durch künstlich gekühlte Oberflächen aufgrund des Betriebs der Einrichtung verursacht werden können, müssen Schutzmaßnahmen implementiert oder Warnschilder in der Nähe angebracht werden, um auf die Gefährdung hinzuweisen.

### 5.8.2 Zugänglichkeit zu Instandhaltungszwecken

Dauerhafte Zugangsmittel für Maschinen müssen ISO 14122 entsprechen.

ANMERKUNG Lokale Vorschriften können anstelle von ISO 14122 gelten.

Maschinen sollten so gestaltet werden, dass sie den Betrieb und alle Routineaufgaben in Verbindung mit der Einstellung und/oder Instandhaltung soweit wie möglich durch eine Person vom Boden aus ermöglichen.

Ist dies nicht möglich, müssen Maschinen mit einer integrierten Plattform, Treppen oder anderen Einrichtungen für einen sicheren Zugang für diese Aufgaben bieten.

Die begehbaren Bereiche müssen aus Werkstoffen bestehen, die unter den Betriebsbedingungen soweit wie möglich rutschfest bleiben.

Mittel für den Zugang zu höhergelegenen Teilen der Maschinen müssen mit kollektiven Schutzvorrichtungen gegen Stürze (beispielsweise Geländer für Treppen, Trittleiter und Plattformen und/oder Sicherheitskäfige für Leitern, Verankerungspunkte für persönliche Schutzausrüstung zur Höhensicherung) ausgestattet sein.

Wo Zugangsvorkehrungen für die nichtbetriebliche Instandhaltung nicht verfügbar sind, müssen vorübergehende Vorkehrungen für den Zugang getroffen werden.

Die Positionierung von Sicherheitsausrüstung und Warnschildern ist in der Gestaltungsphase zu berücksichtigen, um die Verletzungswahrscheinlichkeit bei Wartungsarbeiten zu reduzieren.

Soweit praktikabel, dürfen tragende Elemente oder dauerhaft installierte Anlagen die Einstellung, Wartung oder den Ausbau von austauschbaren Einrichtungen oder andere erforderliche Instandhaltungsaufgaben weder optisch noch physisch behindern.

### **5.8.3 Gehäusekonstruktion**

Gehäuse müssen so gestaltet sein, dass sie den maximalen vorhersehbaren Lasten einschließlich transienter und anormaler Betriebsbedingungen (z. B. Verdichterpumpen des Gasturbinenverdichters) widerstehen, ohne dass das Gehäuse selbst oder seine Flansche ausfallen. Austretende heiße Luft, die zu Schäden oder potentiellen Verletzungen führen kann, muss verhindert werden.

Gehäuse müssen so gestaltet oder mit geeigneten trennenden Schutzeinrichtungen versehen werden, dass ein Absprengen von Schaufeln und daraus resultierende Folgeschäden begrenzt werden. Gehäuse müssen nicht so gestaltet sein, dass sie Scheibenbersten oder Überhangfehler begrenzen (siehe 5.8.15).

Zerstörungsfreie Prüfungen, zerstörungsfreie Untersuchungen oder Druckprüfungsverfahren sind anzuwenden, um die Integrität des Gehäuses unter allen festgelegten Bemessungsbedingungen sicherzustellen.

### **5.8.4 Verdichterpumpen des Gasturbinenverdichters**

Im Fall eines Verdichterpumpens müssen die Kräfte, Durchbiegungen und Folgen der Flammenumkehrung gemindert werden.

### **5.8.5 Stabilität und Handhabung**

Lagerhalterungen, Gehäuse und gegebenenfalls Grundrahmen müssen so in ihrer Umgebung installiert werden, dass sie in ihrer vorgesehenen Position bleiben.

Wenn Einrichtungen nicht für die manuelle Handhabung oder das Anheben geeignet sind, müssen Vorkehrungen getroffen werden, um die Last der Gasturbinen oder Bauteile sanft von der üblichen Halterung in kontrollierter Weise zu einem Ablageort zu verbringen. Hierbei sind die dynamischen Belastungen und Beanspruchungen durch Umkippen zu berücksichtigen.

Wenn Maschinen bewegt werden, die aufgrund ihres eigenen Gewichts, fehlender Stabilität oder der Bedingungen, unter denen die Arbeitsschritte ausgeführt werden, eine Quetschkraft erzeugen können, die Verletzungen verursachen kann, müssen Haltevorrichtungen bereitgestellt werden, die die Maschine zurückhalten und Quetschgefahren mindern.

Wenn Maschinen oder ihre Bauteile von Hand bewegt werden sollen, müssen sie leicht beweglich sein oder mit Vorrichtungen für die Aufnahme oder Bewegung ausgestattet sein. Besondere Vorkehrungen sind bei der Handhabung von Werkzeugen und/oder Maschinenteilen zu treffen, die trotz ihres geringen Gewichts gefahrbringend sein könnten.

Hebeansschläge sind Teile der Maschine oder des gehandhabten Bauteils. Hebeansschläge müssen nach anerkannten Vorschriften und in Übereinstimmung mit den festgelegten Gestaltungskriterien gestaltet werden.

Hebezubehör und Maschinen müssen die Anforderungen der für die Einrichtung und ihren Gebrauch anwendbaren Norm erfüllen und entsprechend geprüft, gekennzeichnet und gegebenenfalls zertifiziert sein. Feste oder nicht feste Hebeansschläge müssen die dynamischen Einflüsse berücksichtigen.

ANMERKUNG 1 Hebezubehör bezeichnet die Elemente zwischen dem Anschlag und dem Anschlaghaken der Maschine.

ANMERKUNG 2 Maschinelle Hebezeuge sind Maschinen, die die Last bewegen.

ANMERKUNG 3 Hebeansschläge, Zubehör und Maschinen müssen die lokalen Anforderungen erfüllen, die je nach Land erheblich variieren. Exportierte Hebeeinrichtungen müssen gegebenenfalls mehrere unterschiedliche Vorschriften erfüllen.

### 5.8.6 Überlastungen von Kupplungen, Wellen und Getrieben durch Drehmoment

Wenn die Gefährdung von Fehlern der angetriebenen Maschinen besteht (z. B. Kurzschlüsse), die zu einem Überdrehmoment über die festgelegten Bemessungsgrenzwerte hinaus in den Kupplungen, Antriebswellen der Einrichtungen oder dem verbundenen Gasturbinenrotor führen können, muss ein Drehmomentbegrenzer vorgesehen werden, um ein solches Überdrehmoment zu verhindern.

Wenn Drehmomentbegrenzer eingesetzt werden, um dieses Risiko zu kontrollieren, darf die Aktivierung solcher Vorrichtungen nicht zu einer Gefährdungssituation führen. Wenn die Aktivierung des Drehmomentbegrenzers dazu führt, dass Rotorteile oberhalb ihrer kritischen Drehzahl laufen, müssen die Anforderungen nach 5.8.15.3 in Betracht gezogen werden.

### 5.8.7 Vibration

Wo der Vibrationspegel des Antriebswellenstrangs überhöhte Werte erreichen kann, die zu potentiellen Gefährdungssituationen führen, müssen Vibrationsüberwachungseinrichtungen installiert werden, um die Vibration kontinuierlich zu überwachen und entsprechende Maßnahmen einzuleiten (z. B. Abschaltung).

### 5.8.8 Mechanischer Ausfall durch Korrosion

Die mechanischen Eigenschaften beanspruchter oder vibrierender Werkstoffe (z. B. Rotoren und Leitungen) können durch Korrosion erheblich beeinträchtigt werden, die die Ermüdungsfestigkeit reduzieren, Spannungskorrosionsrissobildung und spannungsbeschleunigte Korngrenzenoxidation fördern kann. Durch diese Faktoren verursachten Gefährdungen ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

### 5.8.9 Gestaltungsverfahren und Werkstoffe

Gasturbinen müssen so gestaltet sein, dass bei Betrieb und Instandhaltung entsprechend den Anweisungen des Herstellers die Wahrscheinlichkeit von Fehlern, die zu einer Freisetzung von Trümmern mit hoher Energie, dem Bruch der Druckgehäuse oder der Freisetzung heißer, entflammbarer oder giftiger Gase führen, gemindert wird, um die Anforderungen für die Lebensdauer der Maschinen zu erfüllen.

Die Auswahl und Nutzung von Werkstoffen für sicherheitsbezogene Teile der Gasturbine und ihrer zugehörigen Systeme muss auf validierten Werkstoffdaten und Gestaltungsmethoden basieren. Bei der

Auswahl sind die Einflüsse der Verschlechterung der Werkstoffeigenschaften durch Herstellungsprozesse sowie umgebungs- und betriebsbezogene Ursachen zu berücksichtigen. Siehe auch 5.23.13.

Wenn die Verwendung von Legierungen auf Titan- oder Magnesiumbasis zu einem Feuerrisiko führt, müssen Maßnahmen zur Minderung einer Gefährdungssituation oder zum Löschen eines solchen Feuers getroffen werden.

Bauteile, die versagen und zu einer Gefährdungssituation führen können, müssen gekennzeichnet und zu Qualitätskontrollzwecken rückverfolgbar gemacht werden.

Der einwandfreie Zustand kritischer drehender Bauteile muss durch zerstörungsfreie Prüfungen in Kombination mit einer Rissbildungsmechanik-Beurteilung geprüft werden, um zu bestätigen, dass Mängel kein Risiko an der Akzeptanzgrenze darstellen. Analysen auf der Grundlage von Werkstoffprüfungen sind anzuwenden, um sicherzustellen, dass die Teile innerhalb der Einschränkungen der verwendeten Werkstoffe und der angewendeten Lasten über den Bereich der Betriebsbedingungen während ihrer vorhersehbaren Lebensdauer funktionieren können. Die Analyse muss mindestens das Risiko der Rissausbreitung, der elastisch-plastischen Verformung sowie von Kriechen, Korrosion und Ermüdungsversagen, sofern zutreffend, berücksichtigen.

Wenn der Ausfall des Rotors einer angetriebenen Einrichtung eine direkte Auswirkung auf die Sicherheit der Gasturbine hat, muss der einwandfreie Zustand der Rotorwerkstoffe bestätigt werden.

Konstruktionswerkstoffe und Anwendungsverfahren dürfen keine dauerhafte Auswirkung auf die menschliche Gesundheit oder die Umwelt während der Lebensdauer des Gasturbinensystems und seiner Bauteile haben.

#### **5.8.10 Gasturbinentemperaturen**

Automatische Schutzmaßnahme müssen implementiert werden, um eine Gefährdungssituation durch Übertemperatur zu verhindern.

#### **5.8.11 Umgebungsbeanspruchungen**

Maschinen, Tragwerke und Gehäuse sowie die damit verbundenen Hilfsrohrleitungen und Kanäle müssen so gestaltet werden, dass sie einer Kombination aus Beanspruchungen durch Wind, Schnee, Eis, seismischer Aktivität und Umgebungstemperaturen vor Ort ohne strukturellen Zusammenbruch oder andere Gefährdungssituationen widerstehen. Bei der Gestaltung müssen Windgeschwindigkeit, Schneefall- und Eisbildungsraten, seismische Beschleunigungen und die vorherrschenden Temperaturbedingungen berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Lokale Vorschriften und Normen können oftmals die Umgebungsbedingungen bestimmen.

Für schwimmende Produktions-, Lager- und Entladeschiffe (FPSO) und schwimmende Produktionseinheiten (FPU) müssen die Neigungs- und Rollwinkel sowie die durch das Schiff während des Betriebs und der Instandhaltung erzeugten Beschleunigungskräfte berücksichtigt werden.

#### **5.8.12 Eigenschaften des Zusammenbaus**

Gasturbinenbauteile, deren korrekter Zusammenbau sicherheitsrelevant ist, müssen an jedem Punkt ihrer Lebensdauer vor einem falschen Zusammenbau geschützt sein.

ANMERKUNG Ein üblicher Schutz vor falschem Zusammenbau kann spezielle Merkmale (Poka-Yoke), eindeutige Kennzeichnungen usw. beinhalten.

### 5.8.13 Kupplungen

Kupplungen außerhalb des Gasturbinenkerns, die zur Übertragung der Ausgangsleistung der Gasturbine verwendet werden, müssen die Gestaltungsanforderungen nach ISO 14691 für Drehzahlen bis zu 4 000 1/min und ISO 10441 für Drehzahlen von mehr als 4 000 1/min erfüllen.

### 5.8.14 Rotorlager

Die Lagergestaltung muss die resultierenden Auswirkungen und Risiken der Unwucht eines drehenden Rotors aufgrund der Gefährdung des Verlusts von Verdichterschaufeln der Gasturbine und/oder Gasturbinenschaufeln berücksichtigen, um sicherzustellen, dass keine Gefährdungssituationen (uneingeschränktes Versagen, gebrustenes Druckgehäuse, Feuer) daraus resultieren. Es müssen Schutzmaßnahmen getroffen werden, um Gefährdungen durch Schmierölverlust und Explosion von Schmieröldämpfen oder -nebeln (innerhalb des und um das Lagergehäuse(s)) zu verhindern. Brandschutz ist zu berücksichtigen, wenn sich Hochtemperaturoberflächen, die das Schmieröl entzünden können, in der Nähe des Lagers und des Schmieröls befinden. Siehe 5.15.

### 5.8.15 Versagen drehender Teile

#### 5.8.15.1 Allgemeines

Alle drehenden Teile von Gasturbinenverdichtern und Turbinen, die eine Gefährdung im Fall des Versagens darstellen können, müssen für die während des Anlaufens, Betriebs, die vorübergehenden sowie die bei einer Notabschaltung oder einem Not-Halt auftretenden Bedingungen und Beanspruchungen ausgelegt sein.

#### 5.8.15.2 Rotor- und Scheibenversagen

Ein Rotor- oder Scheibenversagen kann aufgrund der hohen Energiemengen in drehenden Bauteilen einer Gasturbine nicht immer eingedämmt werden. Aus diesem Grund müssen die mit einer überhöhten Drehzahl verbundenen Eindämmungsrisiken gemindert werden, um die Anforderungen nach 5.2.1 durch aktive Maßnahmen zu erfüllen.

Die aktiven Maßnahmen müssen ein Überdrehzahl-Schutzsystem nach 5.20.7 beinhalten.

Passive Maßnahmen dürfen ebenfalls eingesetzt werden, um das Risikoniveau weiter zu senken, dürfen jedoch nicht als Hauptverfahren zur Erfüllung der Anforderungen nach 5.2.1 angewendet werden.

ANMERKUNG Passive Maßnahmen können eine Beschränkung der Drehzahl auf Werte unter der Rotorversagensdrehzahl durch eine oder mehrere der folgenden Maßnahmen beinhalten wie etwa:

- a) die Vermeidung einer weiteren Rotorbeschleunigung durch den Verlust von Schaufeln aufgrund der Zentrifugallast, Ausbrennen oder anderer Wirkungen;
- b) die Begrenzung der Drehzahl bei höchstem Brennstoffdurchfluss aufgrund der aerodynamischen Einflüsse in den Schaufeln des Gasturbinenverdichters und der Turbine.

#### 5.8.15.3 Überhängende Rotorteile

Wenn überhängende Rotorteile oberhalb ihrer kritischen Drehzahl in Verbindung mit dem ersten Biegemodul betrieben werden, muss durch Berechnungen und Prüfbetrieb an einem Prototyp nachgewiesen werden, dass keine gefahrbringenden Vibrationspegel erreicht werden.

### 5.8.16 Schutzschirm gegen Schäden durch Fremdkörper (FOD)

Wenn die Möglichkeit besteht, dass Fremdkörper in die Gasturbine eindringen und einen Verlust der Gehäuseintegrität drehender Teile verursachen, muss ein FOD-Schutzschirm am Maschineneinlass installiert

werden, um die Größe der Objekte, die eindringen können, so weit zu reduzieren, dass ein hierdurch verursachtes Versagen unwahrscheinlich ist. Sofern verwendet, muss der Schutzschirm in ausreichendem Abstand vor der Turbine platziert werden, um zu verhindern, dass große Objekte zu einer erheblichen lokalen Durchflussblockade führen, die ein Schaufelversagen auslösen kann.

#### 5.8.17 Getriebe

Das Getriebe muss in Übereinstimmung mit anerkannten Normen unter Berücksichtigung des Sicherheitsrisikos in Verbindung mit Rad/Ritzel-Explosionen und Ölaustritten unter allen Betriebsbedingungen während der Produktlebensdauer gestaltet und hergestellt werden.

ANMERKUNG 1 Bei für hohe Drehzahlen ausgelegten Getrieben kann auf ISO 13691:2002, API 613 oder AGMA 6011 Bezug genommen werden.

ANMERKUNG 2 Für epizyklische Getriebe kann auf die allgemeinen Richtlinien in AGMA 6023 Bezug genommen werden.

ANMERKUNG 3 Probleme mit Ölaustritt können zu Feuer oder Explosion führen.

#### 5.8.18 Startsysteme

Das Startsystem muss für die Beschleunigung der Gasturbine und gegebenenfalls der angetriebenen Einrichtungen oder für den verlängerten Betrieb während des Spülens und der Reinigungszyklen des Gasturbinenverdichters geeignet sein. Falsche Beschleunigungsraten können zu Gefährdungssituationen führen, die nicht durch andere Bedienelemente wie etwa die Flammen- oder Temperaturüberwachung abgedeckt sind. Aus diesem Grund muss die Drehzahl überwacht und die Gasturbine bei gefährlichen Abweichungen automatisch abgeschaltet werden.

Startersysteme (einschließlich gasdruckbeaufschlagter oder interner verbrennungsmotorgetriebener Systeme) müssen durch die Gestaltung oder zusätzliche Bedienelemente gegen Überdrehzahl geschützt werden.

Wenn elektrische Anlassermotoren für den Betrieb oberhalb ihrer dauerhaften Bemessungsleistung vorgesehen sind, müssen Bedienelemente bereitgestellt werden, um gefahrbringende Übertemperaturen zu verhindern.

Startsysteme, die druckbeaufschlagtes entflammbares Gas als Energiequelle verwenden, müssen so gestaltet sein, dass die damit verbundenen Feuer- und Explosionsgefährdungen verhindert werden. Die Gaszufuhr muss effektiv isoliert werden, wenn der Anlasser nicht mit demselben Maß an Isolierung verwendet wird wie die Brennstoffzufuhr der Gasturbine (siehe 5.10.5). Es müssen Mittel vorgesehen werden, um das Ausspülen des Gases aus dem Startersystem zu Instandhaltungszwecken zu ermöglichen. Wenn der Gasanlasser nicht separat in die Umgebung entlüftet wird, müssen Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, um Überdruck und Rückfluss in den Anlassermotor zu verhindern (siehe 5.22.2).

ANMERKUNG Aus Sicherheits- und Umweltschutzgründen wird die Anwendung von Startersystemen auf Grundlage von druckbeaufschlagtem entflammbarem Gas nicht empfohlen.

Ein Filter/Sieb muss in der Zuleitung zu gasbetriebenen Startersystemen angebracht werden. Er/es muss verhindern, dass Schmutzstoffe, die den Motor beschädigen oder zu vorzeitigem Versagen mit potentielltem Verlust der Gehäuseintegrität und/oder Zündung führen können, in den Motor oder Systembauteile eindringen können. Der Taupunkt jeder Gaszufuhr muss so sein, dass die Bildung flüssiger Kohlenwasserstoffe, die zu einer Funktionsstörung des Motors oder einer Gefährdungssituation an der Entlüftungsöffnung führen können, vermieden wird.

Wenn aufgrund der Art des Anlassermotors die Gefährdung eines Versagens des Motorrotors aufgrund überhöhter Drehzahl vor Erkennung der Überdrehzahl mit potentieller Freisetzung von Objekten mit hoher

Energie besteht, muss das Motorgehäuse in der Lage sein, das Herausschleudern solcher Objekte einzudämmen. Wenn diese Fähigkeit nicht besteht, muss eine Einhausung vorgesehen werden, die den Anlassermotor abdeckt, und der Zugang innerhalb der Einhausung während des Anlasses muss verboten werden.

Bei Startersystemen mit allgemeinen Anlasserfunktionen für mehrere Einheiten müssen geeignete elektrische und mechanische Verriegelungen vorgesehen und vor der Inbetriebnahme geprüft werden, um einen Start mit der falschen Gasturbine zu vermeiden.

#### **5.8.19 Niedrige Umgebungstemperaturen**

Wenn während der Lagerung, des Transports, der Handhabung und/oder des Betriebs niedrige Umgebungstemperaturen bestehen können, die geeignet sind, zu einem vorzeitigen Versagen von Einrichtungen und/oder Spröddbruch von Strukturen zu führen, müssen geeignete Werkstoffe verwendet oder Schutzmaßnahmen getroffen werden, um eine Gefährdungssituation zu verhindern.

Vorsichtsmaßnahmen müssen getroffen werden, um ein vorzeitiges Versagen von Gasturbinenverdichter-Bauteilen, die Funktionsstörungen durch niedrige Eintrittslufttemperaturen ausgesetzt sein können, zu verhindern.

### **5.9 Gasturbinenverdichter-Luftansaugsystem**

#### **5.9.1 Allgemeines**

Das Luftansaugsystem muss so gestaltet sein, dass es Druckschwankungen aufgrund vorhersehbarer Verdichterpumpen widerstehen kann, ohne eine Gefährdungssituation auszulösen.

#### **5.9.2 Verunreinigung der Eintrittsluft**

Eine Lufteinlassfilterung muss vorgesehen werden, die den Eintritt atmosphärischer Schmutzstoffe, luftgetragener Schmutzstoffe aus angrenzenden Anlagen und gegebenenfalls salzhaltigen Atmosphären, die zu einem vorzeitigen Versagen von Gasturbinenteilen führen und eine Gefährdungssituation auslösen können, verhindert.

#### **5.9.3 Überwachung und Vermeidung von Eisbildung**

Wo abzusehen ist, dass die Temperatur- und Feuchtebedingungen vor Ort zu Eisbildung an dem Einlasssystem des Gasturbinenverdichters führen können, müssen entsprechende Maßnahmen getroffen werden, um eine Eisbildung, die eine Gefährdungssituation darstellen kann, zu verhindern. Zusätzliche Kontrollen können angewendet werden, um eine Abschaltung einzuleiten, bevor eine Gefährdungssituation entsteht. Wo Maßnahmen zur Vermeidung von Eisbildung am Einlass nicht mehr funktionieren und das Gasturbinensystem in einem Temperatur- und Feuchtebereich betrieben wird, in dem sich Eis an dem Verdichtereinlass bilden und zu einem Verlust der Gehäuseintegrität führen kann, muss eine Steuerungssystemwarnung implementiert werden, die den Bediener auf die Situation hinweist, sodass geeignete Maßnahmen getroffen werden können.

Wenn die Frostschutzsysteme der Verdichterentlüftung heiße Luft über die Einlassöffnungen oder in den Einlasskanal verteilen, muss der Zugang in der Umgebung der Heißluftaustrittsöffnungen während des Betriebs des Systems gesperrt werden.

Überwachungsinstrumente müssen so installiert werden, dass Eisbildung die Genauigkeit des Überwachungsverfahrens nicht beeinträchtigt. Instrumentenleitungen müssen so geführt werden, dass ein Eintreten von Umgebungskondensat verhindert wird.

Wenn ein Verdampfungskühlsystem oder ein direktes Wassersprühnebelsystem am Einlass des Gasturbinenverdichters verwendet wird, muss die Wasserversorgung abgeschaltet werden, wenn die

Lufttemperaturüberwachung am Einlass des Gasturbinenverdichters Bedingungen für Eisbildung anzeigt, die zu einer Beschädigung des Gasturbinenverdichters und zu einer Gefährdungssituation führen können.

Wenn eine Online- oder Offline-Verdichterwaschsystem installiert ist, müssen entsprechende Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, um Eisbildung zu verhindern. Solche Vorsichtsmaßnahmen können die Anwendung geeigneter Frostschutzmittel beinhalten (siehe 5.24.2 und 7.5.2).

#### 5.9.4 Implosionsschutz

Implosionsschutz kann durch verschiedene Verfahren erreicht werden, z. B. Instrumentierung und Kontrollmaßnahmen oder Implosionsschutztüren.

Wenn eine Implosionsschutztür im Einlasssystem vorgesehen ist, müssen geeignete Maßnahmen getroffen werden:

- um zu verhindern, dass Fremdkörper an der Implosionsschutztür eindringen, die aufgrund ihrer Größe eine Gefährdungssituation verursachen könnten;
- um sicherzustellen, dass die Implosionsschutztür nicht im geschlossenen Zustand einfrieren kann, wenn ein Versagen der Tür zu einer Gefährdungssituation führen kann;
- die Abschaltung der Gasturbine, wenn die Implosionsschutztür geöffnet wird.

#### 5.9.5 Einlass-Implosionsschutzöffnung

Der Verbrennungslufteinlass darf sich nicht in einem Bereich der Zone 0 oder Zone 1 befinden (siehe 5.16.2). Eine Lage in einer Zone 2 darf nur dann als akzeptabel gelten, wenn das größte vorhersehbare Leck aus einer sekundären Quelle so von der Verbrennungsluft verdünnt würde, dass keine Gefahrensituation entsteht.

Der Hersteller muss auf Risiko des Ansaugens entflammbarer Substanzen in den Einlass der Gasturbine in Verbindung mit einer unbegrenzten Freisetzung während eines anormalen Ereignisses einer anderen Einrichtung am Standort hinweisen.

**ANMERKUNG** Das unkontrollierte Ansaugen entflammbarer Substanzen kann zu einem Motorschaden durch überhöhte Drehzahl und/oder Temperatur führen.

Gasdetektoren zur Einleitung einer Notabschaltung der Gasturbine müssen an dem Lufteinlass des Gasturbinenverdichters angebracht sein, wenn ein Zone-2-Bereich durch ein glaubwürdiges Leck entsteht, wie oben beschrieben, oder wenn weiterhin die Gefährdung besteht, dass entflammbare Gase oder Dämpfe aus den folgenden Quellen in den Lufteinlass des Gasturbinenverdichters eindringen können:

- a) aus angrenzenden Anlagen im Fall eines unkontrollierten Ereignisses oder wesentlichen Zwischenfalls, oder
- b) aus der Atmosphäre aufgrund einer übermäßigen Entlüftung oder ähnlichen unkontrollierten Ereignissen [z. B. Erdgas- oder Flüssiggas-Anlagen (LPG)], oder
- c) durch das Ansaugen von unverbranntem Abgas.

Wenn solche Risiken bestehen, müssen Gasdetektoren oder andere Einrichtungen im Verbrennungsluftstrom ausreichend für die Anwendung in einem zonenklassifizierten Bereich zertifiziert und gekennzeichnet sein.

Gasdetektoren und damit verbundene Alarmsysteme müssen die Anforderungen nach 5.19 erfüllen und können unter Berücksichtigung der Geschwindigkeit der Ausbreitung aller vernünftigerweise

vorhersehbaren Leckquellen, der Ansprechraten der Detektoren, der Systemzeitkonstanten und aller anderen relevanten Faktoren ausgewählt werden.

#### 5.9.6 Abfallentsorgung durch Verbrennung

In einigen Anwendungen kann die Verbrennungseintrittsluft absichtlich mit entflammablen Abgasen, Dämpfen oder Aerosolen vermischt werden, um solche Stoffe aus der Umwelt zu entfernen. Die Zufuhr von Abfallprodukten muss reguliert und während des Anlaufzyklus der Gasturbine sowie vor dem Abschalten abgeschaltet werden. Die zulässige Durchflussmenge und Konzentration der entflammablen Abgase, Dämpfe oder Aerosole vor der Vermischung mit dem Verbrennungsluftstrom muss überwacht, reguliert, geprüft und auf die Einhaltung der Grenzwerte verifiziert werden. Wenn die Durchflussmenge oder Konzentration die festgelegten Werte überschreitet, muss die Zufuhr beendet oder umgeleitet und in die Umgebung entlüftet werden.

Die Temperatur und der Druck des Verbrennungsprozesses (innerhalb der Kammer) müssen überwacht und innerhalb der Grenzwerte reguliert werden.

Wenn dieser Entsorgungsprozess angewendet wird, müssen geeignete Gasdetektoren an dem Lufteinlass des Gasturbinenverdichters als zusätzliche Vorsichtsmaßnahme installiert werden, um die Gasturbine abzuschalten oder notabzuschalten, wenn eine inakzeptable Konzentration entflammbarer Kohlenwasserstoffe auftritt. Gasdetektoren müssen die Anforderungen nach 5.19 erfüllen und unter Berücksichtigung der Geschwindigkeit der Ausbreitung entflammbarer Inhalte des Abgasstroms, der Ansprechrate des Detektors, der Systemzeitkonstanten und anderer relevanter Faktoren ausgewählt werden.

#### 5.9.7 Rezirkulation

Wenn die Belüftungsaustrittsluft aus dem Gasturbinengehäuse für die Enteisung am Lufteinlass des Gasturbinenverdichters verwendet wird, besteht die Gefährdung des Einsaugens einer potentiell explosionsfähigen Mischung aus Brennstoff und Luft in die Gasturbine, wenn ein Brennstoffleck innerhalb des Gehäuses der Gasturbine besteht.

Wenn dieses Risiko besteht, müssen die folgenden Sicherheitsvorkehrungen getroffen oder die Luft muss durch andere Mittel (z. B. indirekt) erhitzt werden:

- a) Gasdetektoren müssen in dem Lufteinlass des Gasturbinenverdichters hinter dem Einspritzpunkt oder in der Zuluftaustrittsöffnung des Gasturbinengehäuses installiert werden, um einen ausreichenden Schutz sicherzustellen, und
- b) alle Einrichtungen innerhalb des Belüftungsluft- und Verbrennungszuluftstroms müssen die Anforderungen nach 5.16 für die Anwendung in Zone 2 erfüllen und
- c) alle Oberflächentemperaturen innerhalb der Belüftungs- und Verbrennungszuluftströme dürfen die AIT gegebenenfalls vorhandener entflammbarer Substanzen nicht überschreiten (siehe 5.16.4.4) und
- d) die Ansprechzeiten der Gasdetektoren und damit verbundenen Sicherheitssysteme müssen verhindern, dass ein potentiell explosionsfähiges Gemisch den Frostschutzauslass innerhalb des Lufteinlasses des Gasturbinenverdichters aufgrund eines plötzlichen Brennstofflecks innerhalb des Gehäuses bei minimaler Belüftungsdurchflussmenge erreicht.

Wenn die Nebenluft des Gasturbinenverdichters zu dem Einlasssystem des Gasturbinenverdichters geleitet wird, um Abgasemissionen während des Betriebs unter Teillast zu kontrollieren, muss die Gestaltung der Entnahmestelle, der Bedienelemente und der Rohrleitungen einen übermäßigen Durchfluss, die Ansammlung unverbrannter Kohlenwasserstoffe und die Gefährdung, dass verbrannte/unverbrannte Verbrennungsprodukte in die Einlassöffnung eintreten und eine Gefährdungssituation bei Flammenverlöschen oder Verdichterpumpen des Gasturbinenverdichters verursachen, verhindern.

### 5.9.8 Lufteinlasskanal des Gasturbinenverdichters

Der Lufteinlasskanal des Gasturbinenverdichters muss üblicherweise so geführt werden, dass Gefährdungsbereiche vermieden werden. Ist dies nicht möglich, muss die Integrität der Kanalführung Leckagewege verhindern.

## 5.10 Brennstoffanlage

### 5.10.1 Allgemeines

Das Brennstoffsystem umfasst alle Bauteile von dem handbetriebenen Absperrventil bis einschließlich zu den Brennern. Die am häufigsten verwendeten Brennstoffe für Gasturbinenanwendungen im Anwendungsbereich dieser Internationalen Norm sind Erdgas und Brennstoffe. Es können jedoch auch zahlreiche alternative Brennstoffe verwendet werden und andere Brennstoffe werden derzeit erwogen oder erprobt. Bei der Gestaltung und Konstruktion sind die relevanten Eigenschaften des Brennstoffs einschließlich der AIT, der Viskosität, der Schmierfähigkeit, des Dampfdrucks, der Toxizität, der Fließgrenze und anderer vernünftigerweise vorhersehbarer Eigenschaften, die Gefährdungssituationen auslösen könnten, zu berücksichtigen.

### 5.10.2 Brennstoffzufuhrqualität und -zufuhreigenschaften

Hersteller müssen ausführliche Brennstoffspezifikationen, für die die Gasturbine ausgelegt ist (einschließlich Taupunktspannen für gasartige Brennstoffe und Wachsbildungspotential) und die erforderlichen Bedingungsbereiche für den zuverlässigen Betrieb ihrer Maschinen angeben. Wenn der Brennstoff die genauen Brennstoffspezifikationen nicht erfüllt, muss eine Brennstoffanalyse (einschließlich bis  $C_{12}$  für Gasbrennstoffe) vorgelegt werden, damit der Hersteller die notwendige spezifische Brennstoffbehandlung zur Minderung aller verbundenen Risiken festlegen kann. Die Behandlung kann verschiedene Grade der Druck- und Durchflussregelung sowie die Filterung, die Kondensatableitung oder die Erhitzung der Brennstoffzufuhr beinhalten.

Besondere Aufmerksamkeit ist auf die Taupunkte und die Freisetzung flüssiger Kohlenwasserstoffe oder von Wasser für Gasbrennstoffe und die Wachsbildung bei niedrigen Temperaturen für flüssige Brennstoffe zu richten.

Darüber hinaus ist auch auf jeden Spurenelementegehalt zu achten, der die metallurgischen Eigenschaften beeinträchtigen kann.

### 5.10.3 Druckprüfung (Leckage)

Sofern eine pneumatische oder hydrostatische Druckprüfung nach dem finalen Zusammenbau an der mit dem Verbrennungssystem verbundenen Leitung nicht möglich ist, muss ein Verfahren festgelegt werden, um die laufende Gasturbine auf Lecks zu überprüfen, und in die Benutzerinformationen eingefügt werden.

### 5.10.4 Brennzufuhrheizung

Elektrisch betriebene Heizgeräte oder alternative Mittel sind hinsichtlich ihrer Sicherheit für die Anwendung mit der vorgeschlagenen Brennstoffspezifikation zu beurteilen. Ein Überhitzungsschutz muss vorgesehen werden, um sicherzustellen, dass keine übermäßige Wärmeeinspeisung des Brennstoffs auftreten kann.

Wenn Wärmetauscher flüssige Medien als Wärmeeinspeisung verwenden und eine Brennstoffleckage gefolgt von Einschließen in dem Medium zu einer Gefährdungssituation führen kann, müssen Schutzmaßnahmen getroffen werden. Das Potential für eine solche Leckage muss durch die genaue Gestaltung minimiert werden.

Flammenbefeuerte Direktheizungen dürfen nicht verwendet werden. Wenn Begleitheizungen oder ähnliche Mittel verwendet werden, muss die Gestaltung selbst die Temperatur begrenzen oder es müssen Regelthermostate eingesetzt werden.

ANMERKUNG Die Gestaltung elektrischer Heizgeräte wird in IEC 60079-30-1, IEC 60079-30-2 behandelt.

## 5.10.5 Gasbrennstoffanlagen

### 5.10.5.1 Allgemeines

Jede Gasbrennstoffzufuhr muss mindestens die folgenden Funktionen beinhalten:

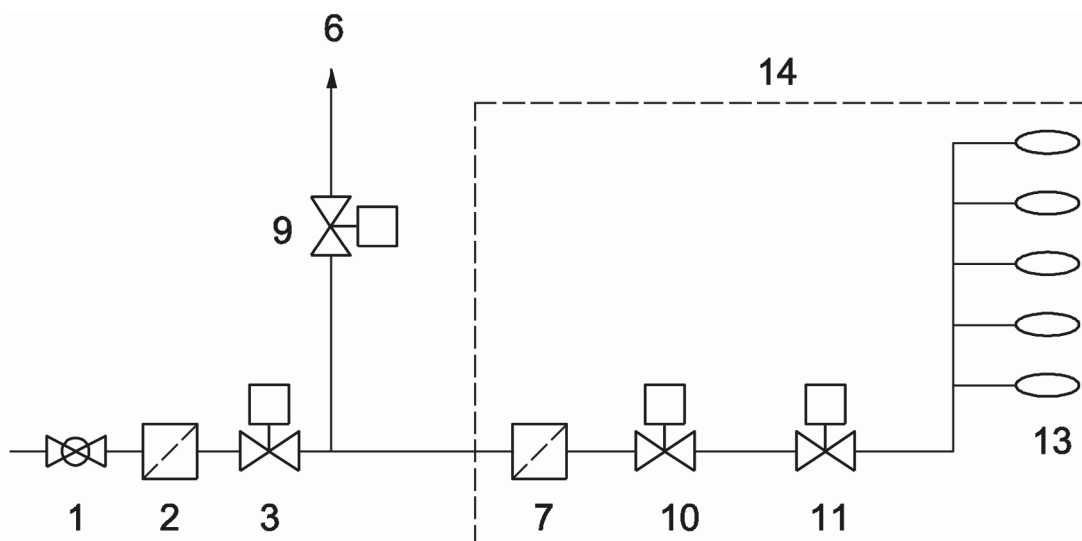
- a) manuelle Isolierung (siehe 5.10.5.2) und
- b) Sicherheitsabschaltung (siehe 5.10.5.4) und
- c) automatische Schnellabschaltung (siehe 5.10.5.4) und
- d) Durchflussregelung (siehe 5.10.5.3) und
- e) Entlüftung zur Druckentlastung zwischen dem Sicherheitsabsperrventil und den automatischen Schnellabsperrventilen (siehe 5.10.5.4) und
- f) Entlüftung zur Druckentlastung von Rohrleitungen (siehe 5.10.5.4 oder 5.10.5.5).

Wenn das Gasbrennstoffzufuhrsystem mehr als eine Zufuhr beinhaltet oder eine einzelne Zufuhr für eine mehrfache Versorgung unterteilt ist, muss die Einrichtung in jeder Zufuhr dupliziert werden, sodass die einzelnen Zufuhren die Anforderungen nach 5.10.5 erfüllen.

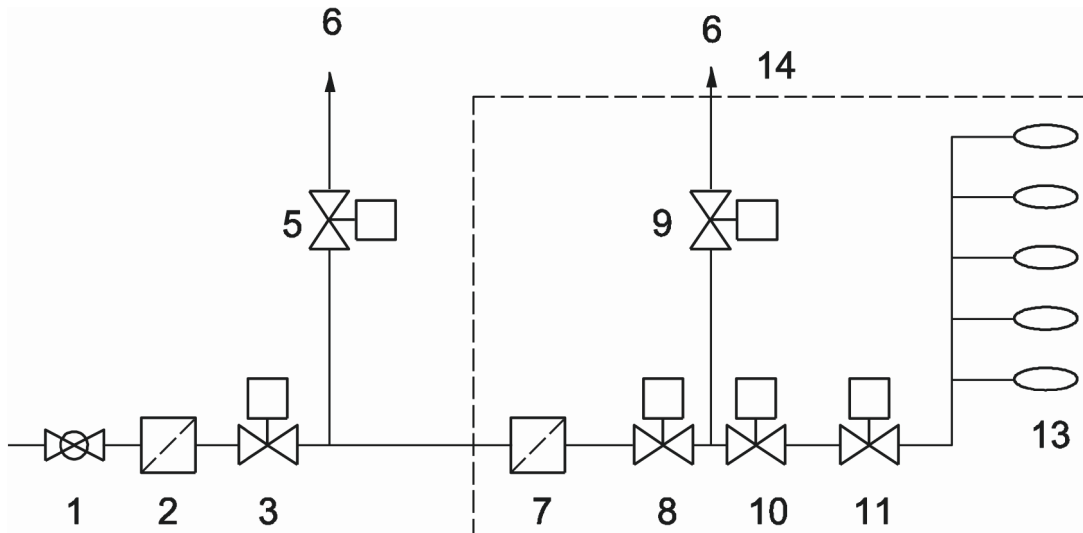
Falls für den Betrieb notwendig, muss ein Sieb in Übereinstimmung mit 5.10.5.6 angebracht werden.

Bild 1 a) zeigt die Mindestanordnung und die Betätigung der Ventile. Bild 1 b) und Bild 1 c) zeigen übliche alternative Anordnungen.

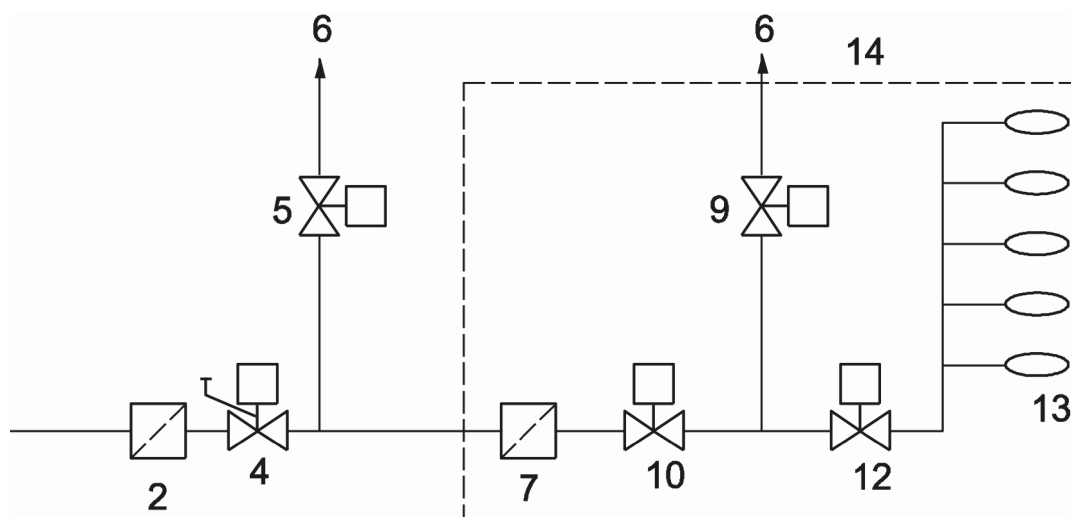
ANMERKUNG Nationale Vorschriften können eine Zertifizierung der Sicherheitsabsperrventile und Entlüftungsventile fordern.



1 a) Mindestanordnung



1 b) Übliche alternative Anordnung



1 c) Übliche alternative Anordnung

#### Legende — Art der Anlage

- |   |                                                       |    |                                                             |
|---|-------------------------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------|
| 1 | handbetätigtes Hauptabsperrrventil                    | 8  | Absperrrventil <sup>a</sup>                                 |
| 2 | Sieb, optionale Position                              | 9  | Entlüftungsventil <sup>b</sup>                              |
| 3 | Absperrrventil                                        | 10 | automatisches Schnellsicherheitsabsperrrventil <sup>a</sup> |
| 4 | Absperrrventil und handbetätigtes Hauptabsperrrventil | 11 | Durchflussregelventil                                       |
| 5 | Entlüftungsventil                                     | 12 | Durchflussregelventil und Absperrrventil <sup>a</sup>       |
| 6 | Entlüftung                                            | 13 | Verbrennungssystem                                          |
| 7 | Sieb, optionale Position                              | 14 | übliche Gasturbineneinhausung oder Baugrenzen               |

<sup>a</sup> Bei jeder Abschaltung schließen.

<sup>b</sup> Bei jeder Abschaltung entlüften.

Bild 1 a), b) und c) —Gasbrennstoffsystem

Sicherheitsabsperrventile müssen ausfallsicher durch dauerhaft verfügbare Energie wie etwa Federkraft geschlossen werden. Der ausfallsichere Status der Entlüftungsventile muss alle Gefährdungen minimieren. Alle Ventile müssen so festgelegt sein, dass ein zuverlässiger Betrieb gewahrt bleibt.

Automatische Absperrventile dürfen erst geöffnet werden, nachdem das verbundene nachgelagerte Entlüftungsventil nachweislich geschlossen wurde.

Die Bemaßung von Entlüftungsventilen und damit verbundenen Leitungen muss sicherstellen, dass die druckentlastete Leitung unter Berücksichtigung des Leckagepotentials vorgelagerter Ventile bei Umgebungsdruck bleibt.

Verschiedene Anordnungen und Kombinationen von Geräten dürfen verwendet werden, um die vorgenannten Funktionen zu erfüllen, sofern die in 5.10.5 beschriebenen Konzepte erreicht werden und der Brennstoff mit einer Geschwindigkeit abgeschaltet werden kann, die ein Versagen der Gasturbine verhindert, und die Möglichkeit des Eindringens von Brennstoff in die abgeschaltete Gasturbine so verhindert wird.

Siehe 5.11.2 zur BrennstoffBrennstoffregelung während der Zündung.

ANMERKUNG 1 Schnellwirkend bedeutet, dass das Ventil schnell genug schließt, um die Brennstoffzufuhr zu beenden und eine gefährliche Überdrehzahlsituation zu verhindern.

ANMERKUNG 2 Für die Sicherheitsabschaltung von Ventilen siehe EN 16678.

#### 5.10.5.2 Trenneinrichtungen

Für den Betrieb während Instandhaltungsarbeiten oder durch Feuerwehrpersonal muss ein manuell betätigbares Ventil an dem Einlass jeder Gasturbinenanlage vor den automatischen Ventilen angebracht werden. Dieses Ventil muss eindeutig gekennzeichnet sein, an einer zugänglichen Position angeordnet werden und durch ein akzeptables Maß an körperlicher Kraft betätigt werden können. Das Ventil muss über eine Vorrichtung verfügen, um es nur in der geschlossenen Stellung verriegeln zu können.

ANMERKUNG EN 614-1:2006 enthält eine Anleitung für die Handbetätigung von Einrichtungen.

#### 5.10.5.3 Durchflussregelventil

Das Brennstoffdurchflussregelventil muss für die Regelung des Brennstoffdurchflusses zu der Gasturbine festgelegt und positioniert werden.

Wenn ein Fehlerzustand der Brennstoffdurchflussregeleinrichtung erkannt wird, der zu einer Gefährdungssituation führen würde, muss eine Notabschaltung eingeleitet werden.

#### 5.10.5.4 Absperrventile und verbundene Entlüftungsventile

Die Abschaltung der Gasbrennstoffzufuhr muss durch zwei unabhängig voneinander betriebene automatische Absperrventile erfolgen. Die Leitung zwischen den Ventilen muss entlüftet werden. Mindestens eines der Absperrventile muss ein automatisches Schnell-Sicherheitsabsperrventil sein (ISO 23553-11) und so festgelegt und positioniert sein, dass die Brennstoffzufuhr zu der Gasturbine bei einer Gefährdungssituation so schnell abgeschaltet wird, dass ein Versagen der Gasturbine verhindert ist.

Die Sicherheitsabsperrventile einschließlich der automatischen Schnellsicherheitsabsperrventile können als Durchflussregelventile dienen, sofern die folgenden Funktionen erfüllt werden:

- a) das Ventil muss ausfallsicher geschlossen und spannungslos geschaltet werden (z. B. durch Federkraft, Hilfsbatterie);

- b) die Ausfallarten der Regelventilfunktion dürfen den Betrieb der Abschaltfunktion des Ventils nicht beeinträchtigen;
- c) die Sicherheitsabsperrfunktion muss unabhängig aktiviert werden und bei Initiierung die Brennstoffdurchflussregelfunktion außer Kraft setzen.

Bei Abschaltung muss das Absperrventil geschlossen und das automatische Entlüftungsventil geöffnet werden, um atmosphärischen Druck in der Zufuhrleitung aufzubauen und so zu verhindern, dass Brennstoff in die abgeschaltete Gasturbine gelangt.

Bei einigen Abschaltungen muss das Absperrventil außerhalb der Gasturbineneinheit geschlossen und die Entlüftung geöffnet werden (siehe 5.10.5.5).

Wenn das Brennstoffsystem so gestaltet ist, dass der Brennstofffluss zu der Gasturbine eine weitere Reduzierung aufgrund der in dem nachgelagerten Rohrleitungssystem des automatischen Schnellabsperrventils gespeicherten Energie erfordert, muss ein entsprechend dimensioniertes und positioniertes Schnellentlüftungsventil oder eine alternative Einrichtung verwendet werden, um die gespeicherte Energie abzuleiten.

Entlüftungsleitungen müssen in die Atmosphäre münden und eine Gasrezirkulation muss verhindert werden. Siehe 5.22.2 und 5.22.3 für zusätzliche Anforderungen an Entlüftungsleitungen, die giftige oder gefährliche Substanzen enthalten können.

#### **5.10.5.5 Absperrventil — außerhalb der Gasturbineneinheit**

Ein Absperrventil muss außerhalb des Gasturbinengehäuses oder der Gebäudegrenzen oder in einer separaten umschlossenen Gasbrennstoffeinheit an der Schnittstelle der Einhausung oder des Gebäudes platziert werden, um die Brennstoffzufuhr zu der Gasturbine im Fall einer Gefährdungssituation automatisch zu isolieren. Das verbundene Entlüftungsventil kann entweder innerhalb oder außerhalb der Gasturbine oder der Gasbrennstoffeinheit platziert werden, um den Abschnitt der Rohrleitung zwischen dem Absperrventil und dem automatischen Schnellabsperrventil zu entlüften.

Wenn die Gefährdung eines Verlusts der Gehäuseintegrität durch mit hoher Geschwindigkeit rotierende Einrichtungen besteht, die die Ventile beschädigen oder zu einem Bruch der Brennstoffzufuhrleitung zu der Gasturbine führen kann, müssen das/die Absperrventil(e) außerhalb der Gasturbineneinheit und die Zufuhrleitung zu den Ventilen außerhalb des Bereichs platziert werden, in dem gefährliche Projektile durch ein potentiell Versagen rotierender Einrichtungen auftreten können, um das Abschalten der Brennstoffzufuhr zu ermöglichen. Wenn sich die Gasturbineneinheit in einem Gebäude befindet, müssen sich die Ventile außerhalb des Gebäudes befinden, falls eine weitere Minderung erforderlich ist, um eine zusätzliche Isolierung vorzusehen.

Das/die Brennstoffsicherheitsabsperr- und Entlüftungsventil(e) muss/müssen automatisch bei einer Notabschaltung einer Gasturbine betrieben werden, wenn

- a) ein Feuer innerhalb des Brandschutzbereichs der Gasturbine entdeckt wurde, oder
- b) die Ursache der Abschaltung zu einem Schaden oder Versagen der Rohrleitung zwischen den Ventilen und der Gasturbineneinheit oder Schaden an der Einrichtung an dem Gasturbinenpaket führen kann, die zu einem unkontrollierten Auslaufen von Brennstoff führt, oder
- c) ein Verlust der Belüftung eintritt und/oder ein gefahrbringender Brennstoffaustritt festgestellt wird (siehe 5.17.10 und 5.19 für mehr Details), oder
- d) die Noteinrichtung (z. B. Drucktaste) aktiviert wird (siehe 5.20.8.2)

#### 5.10.5.6 Sieb

Ein Sieb muss vor jedem automatischen Schnellabsperrventil in einer geeigneten Position installiert werden, um eine Funktionsstörung des Ventils durch eindringende Fremdkörper zu verhindern.

#### 5.10.5.7 Ventilprüfung und Positionsüberwachung

Beim Start muss die für die Abschaltung notwendige Position der Ventile bestätigt werden.

Bei einer Abschaltung muss die korrekte Funktion des automatischen Schnellabsperrventils, des automatischen Sicherheitsabsperrventils und des automatischen Entlüftungsventils automatisch überwacht werden, um die korrekte Betätigung der Ventile zu bestätigen.

Die Überwachung der korrekten Funktion der Ventile muss durch Überwachung der Ventilposition oder Ventilprüfung mit Prozessdruck unter Berücksichtigung der Position der Entlüftungsöffnung und des entstehenden Gefährdungsbereichs im Fall einer Funktionsstörung des Entlüftungsventils erfolgen. Wenn die Ventildruckprüfung angewendet wird, dürfen gegebenenfalls zusätzliche Einrichtungen installiert werden, um die Druckbeaufschlagung und Drucküberwachung zu vereinfachen. Alle zusätzlichen Ventile können im Rahmen der Prüfsequenz einer Druckprüfung unterzogen werden.

#### 5.10.5.8 Entlüftung — Nicht in die Atmosphäre

Wenn aufgrund der Toxizität des Gases oder weil eine Dispersion nicht sichergestellt werden kann oder aufgrund von Umweltschutzerwägungen eine Entlüftung in die Atmosphäre verboten ist, können die Gasentlüftungen zu einer Niederdruck-Erdgasfackel geleitet werden [ $< 50 \text{ kPa}$  (0,5 bar)] und es müssen zusätzliche Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, um zu verhindern, dass Gas in die Gasturbine eindringen kann. Diese Sicherheitsvorkehrung muss mindestens aus Doppelblockventilen mit Entlüftung in der Zufuhrleitung vor der Gasturbine bestehen, die einer Leckprüfung zu unterziehen und auf Dichtheit zu überwachen sind. Das Entlüftungsventil muss nach der Entlüftung geschlossen werden, um eine doppelte Blockierung zwischen der Entlüftungsleitung und der Gasturbine zu erzeugen, und der Druck in dem entlüfteten Bereich der Leitung muss auf Druckanstieg überwacht werden. Wenn ein Druckanstieg erkannt wird, muss dies am Steuerungssystem angezeigt werden, damit Korrekturmaßnahmen getroffen werden können.

### 5.10.6 Flüssigbrennstoffsysteme

#### 5.10.6.1 Brennstoffregelung

Jede Flüssigbrennstoffzufuhr muss mindestens die folgenden Funktionen beinhalten:

- a) manuelle Isolierung (siehe 5.10.6.2); und
- b) Durchflussregelung (siehe 5.10.6.3); und
- c) automatische Schnellabschaltung (siehe 5.10.6.4); und
- d) Sicherheitsabschaltung (siehe 5.10.6.5); und
- e) Überlauf und/oder Entleerung (siehe 5.10.6.4 und 5.10.6.6); und
- f) Brennstoffpumpen (siehe 5.23.8.7).

**ANMERKUNG** Schnell bedeutet, dass sich das Ventil schnell genug schließt, um die Brennstoffzufuhr zu schließen und eine Gefährdungssituation durch Überdrehzahl zu vermeiden.

Verschiedene Anordnungen und Kombinationen von Geräten dürfen genutzt werden, um die vorgenannten Funktionen zu erfüllen, sofern die in 5.10.6 beschriebenen Konzepte erreicht werden und der Brennstoff schnell genug abgeschaltet werden kann, um ein Versagen der Gasturbine und ein Eindringen von Brennstoff in die Gasturbine im abgeschalteten Zustand zu verhindern.

Einige oder alle Systembauteile können sich außerhalb der Gasturbineneinheit befinden, sofern die damit verbundenen Gefahren beurteilt und entsprechende Minderungsmaßnahmen getroffen werden.

Betriebliche Anforderungen können erfordern, dass das Flüssigbrennstoffsystem druckbeaufschlagt bleibt, wenn kein Flüssigbrennstoff zur Gasturbine zugeführt wird, um die Anlaufzeit oder die Brennstoffförderung zu minimieren. Bei diesen Anwendungen müssen alle notwendigen Gestaltungsschritte und zusätzlichen Einrichtungen wie etwa unter anderem:

Drucküberwachung;

Ventilpositionsüberwachung;

Ventilprüfung;

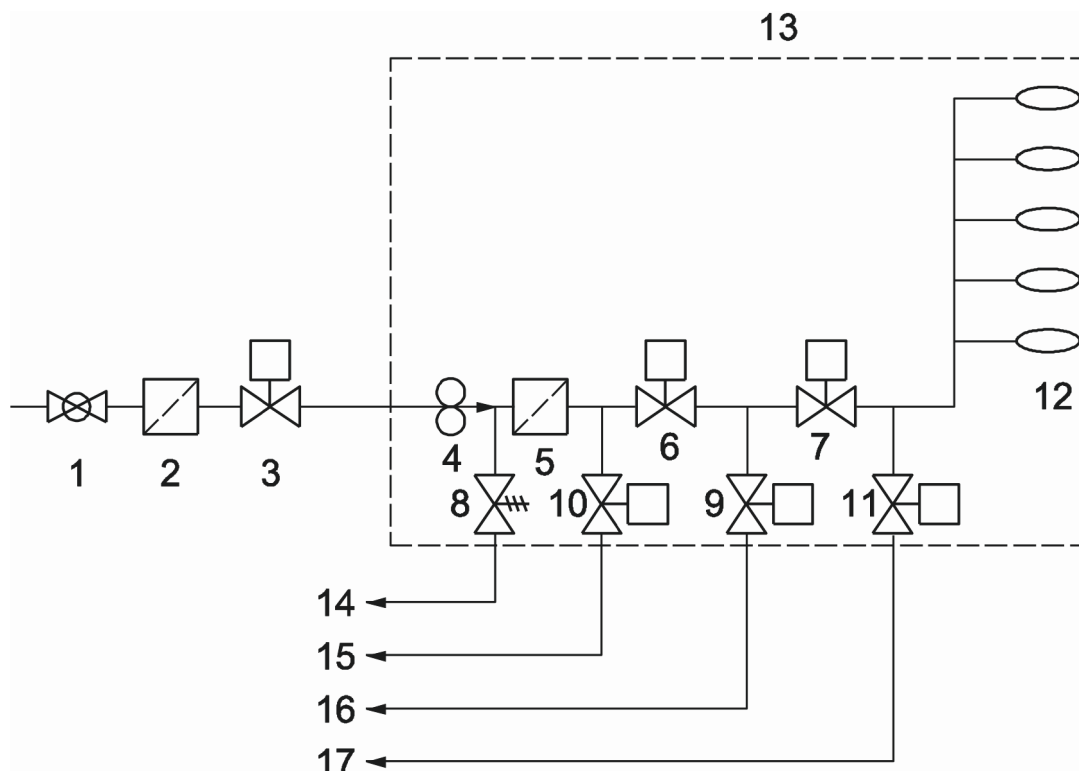
Ablaufsteuerungsventile;

Entleerungsventile;

implementiert werden, um Risiken zu mindern.

Bild 2 zeigt eine übliche Anordnung. Andere Anordnungen oder Konfigurationen sind zusätzlich.

Absperrventile müssen ausfallsicher durch dauerhaft vorhandene Energie wie etwa Federkraft abgeschaltet werden. Der ausfallsichere Status der Entleerungsventile muss alle Risiken minimieren. Alle Ventile müssen so festgelegt sein, dass ein zuverlässiger Betrieb gewahrt bleibt.



#### Legende — Art der Anlage

- |                                                                               |                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1 handbetätigtes Hauptabsperrrventil                                          | 10 Überlaufventil — alternative Position             |
| 2 Filter oder Sieb, optionale Position                                        | 11 Entleerungsventil <sup>b</sup>                    |
| 3 Sicherheitsabsperrrventil                                                   | 12 Verbrennungssystem                                |
| 4 Brennstoffpumpe, darf sich außerhalb der Einhausung der Gasturbine befinden | 13 übliche Gasturbineneinhausung oder Baugrenzen     |
| 5 Filter oder Sieb, optionale Position                                        | 14 Entlastung                                        |
| 6 Durchflussregeleinrichtung                                                  | 15 Rücklauf zur Zufuhr — alternative Position mit 10 |
| 7 automatisches Schnellabsperrrventil <sup>a</sup>                            | 16 Rücklauf zur Zufuhr                               |
| 8 Entlastungsventil (siehe 5.23.8.7)                                          | 17 Wasserabfluss                                     |
| 9 Überlaufventil                                                              |                                                      |

<sup>a</sup> Bei jeder Abschaltung schließen.

<sup>b</sup> Kontrollierter Betrieb bei Abschaltung.

**Bild 2 — Übliche Anordnung eines Flüssigbrennstoffsystems**

#### 5.10.6.2 Isolierung

Für den Betrieb während Instandhaltungsaktivitäten oder durch Feuerwehrpersonal muss ein Ventil, das handbetätigt werden kann, an dem Einlass jeder Gasturbinenanlage vor den automatischen Ventilen angebracht werden. Dieses Ventil muss eindeutig gekennzeichnet sein, an einer zugänglichen Position angeordnet werden und durch ein akzeptables Maß an körperlicher Kraft betätigt werden können.

Das Ventil muss über Vorrichtungen verfügen, um nur in der geschlossenen Stellung verriegelt werden zu können.

ANMERKUNG EN 614-1:2006 enthält eine Anleitung für die Handbetätigung von Einrichtungen.

### 5.10.6.3 Durchflussregeleinrichtung

Die Brennstoff-Durchflussregeleinrichtung muss so festgelegt, positioniert und gesteuert werden, dass sie den Brennstoffzufluss zu der Gasturbine regelt.

Wenn das Versagen der Durchflussregeleinrichtung zu einem übermäßigen Brennstoffdurchfluss oder anderen gefährlichen Bedingungen führen kann, muss der Zustand der Gasturbine überwacht und verglichen werden mit:

- a) dem Brennstoffdurchflussbedarf und der damit verbundenen Drehzahl oder
- b) der geforderten Position des Regelventils.

Wenn ein Fehlerzustand erkannt wird, der zu einer Gefährdungssituation führen würde, muss eine Notabschaltung eingeleitet werden.

### 5.10.6.4 Automatisches Schnellabsperrventil und Überlaufventil

Die Abschaltung der Flüssigbrennstoffzufuhr muss durch zwei unabhängig betätigte automatische Absperrreinrichtungen erfolgen. Mindestens ein Ventil muss ein automatisches Schnellabsperrventil sein.

Nach der Betätigung der Absperrreinrichtungen und jeder Brennstoffspülung muss ein Ventil einen Abschnitt der Zufuhrleitung entleeren, um zu verhindern, dass Brennstoff in die Gasturbine im abgeschalteten Zustand eindringt. Die Dimensionierung dieses Ventils muss sicherstellen, dass das entleerte Leitungsvolumen nahezu den atmosphärischen Druck unter Berücksichtigung potentieller Leckage in vorgelagerten Ventilen beibehält. Wenn ein Überlaufventil nicht in atmosphärischen Druck ableitet, muss ein Entleerungsventil nach 5.10.6.6 bereitgestellt werden.

Wenn der Überlauf zurück zur Saugseite der Pumpe geleitet wird, muss eine ausreichende Kühlung und/oder ein Zusatzfluss vorhanden sein, um eine Überhitzung und potentielle Dampfsperre zu verhindern, oder die Brennstoffzufuhrtemperatur vor der Saugseite der Pumpe sollte überwacht und eine Abschaltung eingeleitet werden, wenn Überhitzung auftritt.

### 5.10.6.5 Sicherheitsabsperrventil — Außerhalb der Gasturbineneinheit

Ein automatisches Sicherheitsabsperrventil muss außerhalb der Gasturbineneinheit angebracht werden, um die Brennstoffzufuhr zu der Gasturbine automatisch zu isolieren (siehe Bild 2, Legendenpunkt 3).

Wenn die Gefährdung eines Verlusts der Gehäuseintegrität durch mit hoher Geschwindigkeit rotierende Einrichtungen besteht, die die Ventile beschädigen oder zu einem Bruch der Brennstoffzufuhrleitung zu der Gasturbine führen können, muss/müssen das/die Absperrventil(e) außerhalb der Gasturbineneinheit und die Zufuhrleitung zu den Ventilen außerhalb des Bereichs platziert werden, in dem gefährliche Projektile durch ein potentiell Versagen rotierender Einrichtungen auftreten können, um das Abschalten der Brennstoffzufuhr zu ermöglichen. Sofern sich die Gasturbineneinheit in einem Gebäude befindet, muss sich das Ventil außerhalb des Gebäudes befinden, wenn eine weitere Minderung erforderlich ist.

Das/die Brennstoff-Sicherheitsabsperrventil(e) und/oder Entlüftungs-/Entleerungsventil(e) muss/müssen im Fall einer Notabschaltung der Gasturbine automatisch betätigt werden, wenn

- a) ein Feuer innerhalb des Brandschutzbereichs der Gasturbine entdeckt wurde, oder
- b) die Ursache der Abschaltung zu einem Schaden oder Versagen der Rohrleitung zwischen den Ventilen und der Gasturbineneinheit oder Schaden an der Einrichtung an dem Gasturbinenpaket führen kann, die zu einem unkontrollierten Auslaufen von Brennstoff führt, oder

- c) ein Verlust der Belüftung eintritt und/oder ein gefahrbringender Brennstoffaustritt festgestellt wird (siehe 5.17.10 und 5.19), oder
- d) die Noteinrichtung (z. B. Drucktaste) aktiviert wird (siehe 5.20.8.2).

#### 5.10.6.6 Entleerungsventil

Wenn das Überlaufventil nicht bei atmosphärischem Druck ableitet, muss ein automatisches Entleerungsventil installiert werden, um Brennstoff hinter dem automatischen Schnellabsperrrventil abzulassen. Das automatische Entleerungsventil muss bei jeder Abschaltung betätigt werden, um Flüssigkeit abzulassen. Das Ventil darf während der Abschaltung geschlossen werden, wenn andere Gefährdungen gemindert sind.

Alternativ und wenn das Sicherheitsabsperrrventil – Legendenpunkt 7 – ebenfalls leckdicht ist und nachgelagertes Flüssigkeitsvolumen nicht eingeschlossen werden kann, ist das Entleerungsventil – Legendenpunkt 11 – nicht erforderlich.

Wenn ein Entleerungsventil verwendet wird, um einen Teil des Systems zu entleeren, der bei einer Abschaltung einem Rückfluss mit hohem Druck und/oder hoher Temperatur von Verdichterzuluft der Gasturbine unterliegt, der in der Lage ist, Kohlenwasserstoffe in den Entleerungs- oder Spüleleitungen zu entzünden, muss die Entleerungssequenz kontrolliert werden, um diesen Zustand zu verhindern.

Alternativ muss eine Kühlung und/oder eine Flammendurchschlagsicherung verwendet werden, um jede Ausbreitung einer Entzündung außerhalb der Gasturbineneinheit zu verhindern, oder ein Trennmechanismus muss eingesetzt werden, um heiße Gase in die Atmosphäre abzuleiten, während Flüssigkeiten in einen Flüssigabfalltank geleitet werden.

Wenn die Möglichkeit eines Rückflusses aus dem Tank besteht, müssen entsprechende Geräte und/oder Instrumente installiert werden, um einen Rückfluss in die Gasturbine zu verhindern.

#### 5.10.6.7 Filter/Sieb

Ein Filter/Sieb muss vor der Brennstoffdurchflussregeleinrichtung und dem automatischen Schnellabsperrrventil in einer geeigneten Position installiert werden, um eine Fehlfunktion der Einrichtung oder des Ventils durch in die Einrichtung oder das Ventil eindringende Fremdkörper zu verhindern.

#### 5.10.6.8 Ventilprüfung und Positionsüberwachung

Während des Starts muss die notwendige Ventilposition für die Abschaltung bestätigt werden.

Während der Abschaltung muss die korrekte Funktion des automatischen Schnellabsperrrventils, des automatischen Sicherheitsabsperrrventils und des automatischen Entleerungsventils überwacht werden, um ihren korrekten Betrieb sicherzustellen.

Die Überwachung der korrekten Funktion der Ventile muss entweder durch Überwachung der Ventilposition oder Ventilprüfung der Prozessbedingungen erfolgen.

#### 5.10.6.9 Thermische Entlastung

Wenn die Möglichkeit besteht, dass Flüssigkeit zwischen geschlossenen leckdichten Ventilen eingeschlossen wird, muss eine an einer geeigneten Stelle positionierte thermische Entlastung nach 5.23.9.3 vorgesehen werden.

### 5.10.7 Multibrennstoffsysteme

Es darf unter keinen Umständen möglich sein, dass Brennstoff in ein anderes System zurückfließt, wenn dies zu einer Gefährdungssituation führen kann. Entsprechende Vorsichtsmaßnahmen müssen getroffen werden, um sicherzustellen, dass Flüssigbrennstoffe nicht in Spülsysteme eindringen können, wenn die daraus resultierende Mischung zu einer Gefährdungssituation führen kann.

Wenn jeweils nur ein einzelner Brennstoff gleichzeitig zugeführt werden kann, müssen Verriegelungen vorgesehen werden, um sicherzustellen, dass das Standby-Brennstoffsystem nicht betrieben werden kann oder dass es isoliert ist.

Wenn mehrere Brennstoffe gleichzeitig zugeführt werden können, muss sichergestellt sein, dass überschüssige Energiezufuhr durch zu viel Brennstoff in der Gasturbine verhindert wird.

### 5.10.8 Brennstoffspülung

Wenn Brennstoffleitungen mit Hilfsmedien gespült oder gekühlt werden, müssen die Gefährdungsrisiken in Verbindung mit dem Rückfluss und dem Ablassen der Mischungen unter Berücksichtigung aller vernünftigerweise vorhersehbaren Risiken beurteilt werden, einschließlich, aber nicht darauf beschränkt:

- a) Versagen der Spül-/Entleerungssequenzen;
- b) unkontrolliertes Abschalten während der Spül-/Entleerungssequenzen;
- c) Möglichkeit der Entzündung von Dämpfen in den Spül-Entleerungsleitungen und dem/den Entlüftungstank(s);
- d) Möglichkeit der Entstehung von Dampfsperren;
- e) unkontrollierte Zufuhr, Entlüftung oder Entleerung von gefährlichen Medien.

Risikominderungsmaßnahmen wie die Anwendung geeigneter Instrumente sowie von Doppelblockventilen mit Entlüftung, Ventilpositionsüberwachung, Rückflussvermeidung, Medientrennung, Flammendurchschlagsicherungen usw. sind zu erwägen.

### 5.10.9 Brennstoffentleerung

Geeignete Entleerungsstellen müssen eingebunden werden, um unverbrannten Brennstoff aus dem Druckabschnitt des Gehäuses und/oder der Abgasanlage abzuleiten (z. B. im Fall eines Flammenverlöschens während des Starts). Die Entleerungsstellen müssen mit Ventilen ausgestattet sein, die vorzugsweise automatisch betätigt werden und sich bei Abschaltung öffnen und als Teil der Startsequenz schließen. Wenn manuelle Ventile verwendet werden, müssen klare Anweisungen zu ihrer Betätigung gegeben werden. Der Startzyklus muss einen ausreichenden Zeitraum für die Entleerung aller unverbrannten Brennstoffe vor der Initiierung eines Neustarts zulassen.

Bei der Brennstoffentleerung ist Folgendes zu berücksichtigen:

- a) unkontrollierte Überdrehzahl durch die Verbrennung nicht abgelassenen Brennstoffs während des Anlaufs;
- b) heißes Gas, das während des Betriebs in das Entleerungssystem eindringt;
- c) Gemische aus gasförmigen Brennstoff und Luft, die in das Entleerungssystem eindringen.

Durch die Entleerungssequenz müssen die vorhergesagten Flüssigkeitsvolumen entfernt werden.

## 5.11 Verbrennungsüberwachung

### 5.11.1 Allgemeines

Nichttrennende Schutzeinrichtungen müssen vorgesehen werden, um zu erkennen, dass eine Flamme erzeugt und während des Betriebs aufrechterhalten wird. Direkte und/oder indirekte Flammenwächtersysteme dürfen für diese Funktion verwendet werden. Das Flammenwächtersystem muss Diagnoseprüffunktionen anwenden, um jeden Startversuch abubrechen, wenn eine Flamme vor der Brennerzündsequenz erkannt wird.

ANMERKUNG 1 Bei der indirekten Flammenüberwachung wird ein Flammensignal aus den Betriebsparametern der Gasturbine wie etwa Temperatur, Druck, Drehzahl oder Umkehrlast abgeleitet.

Sofern installiert, muss ein indirektes System verifiziert werden, in dem geprüft wird, ob es eine Flamme während des Starts sowie den Verlust der Flamme unter allen Betriebsbedingungen korrekt erkennt.

Wenn Luft und Gasbrennstoff vor dem Verbrenner gemischt werden, muss das Risiko einer unbeabsichtigten Zündung im System, die zu einem Ausfall führt, beurteilt und reduziert werden.

Wenn die Möglichkeit thermoakustischer Impulse oder eines Flammenrückschlags in das Verbrennungssystem besteht, der zu einem Verlust der Gehäuseintegrität oder anderen Gefährdungssituationen führen kann, muss ein Schutzsystem implementiert werden, um Gefährdungen zu erkennen und abzuschalten oder die Betriebsparameter zu ändern, sodass eine Gefährdungssituation vermieden wird.

ANMERKUNG 2 Ein Flammenrückschlag ist definiert als vorübergehende Bewegung der Verbrennungsflammenfront gegenüber ihrer üblichen Position.

### 5.11.2 Anforderungen an die Zündung

Gasturbinenverbrenner mit Ausnahme von Nachbrennern mit Selbstzündung müssen über eine dauerhaft installierte Einrichtung verfügen, die nachweisliche Zündenergie zum Zünden des Verbrennungssystems liefert. Der Zünder darf aus einem einfachen elektrischen (Funken-) Zünder oder einem Zünder und Zündsystem (Zündflamme) oder einem Zündsystem mit Quierzündrohren bestehen. Der Hauptbrenner darf einen Zündbrenner (Zündflamme) als Teil des Hauptbrenners (Hauptflamme) enthalten.

Die während der Zünderzeit freigesetzte Energie muss begrenzt sein und die Druckspitze einer verzögerten Zündung darf keine Schäden an der Anlage verursachen. Die Zünderzeit muss so festgelegt werden, dass sie ein solches Auftreten verhindert. Fehlgelagerten Starts mit Flüssigbrennstoffen muss ein Entleerungszyklus folgen. Fehlgelagerte Starts mit gasförmigen Brennstoffen erfordern eine Abgaspülung vor einem Neustart. Siehe auch 5.12.4.

Die Anforderungen an die Spülung der Einhausung nach 5.13.6 und die Spülung der Gasturbine und Abgasanlage nach 5.12.4 müssen vor der Zündung erfüllt sein (charakterisiert durch das Auftreten des ersten Zündfunken). Zünder müssen eingeschaltet werden, bevor der Brennstoff in das Verbrennungssystem gelassen wird.

Zu hohe Brennstoffmengen während der Zündung müssen verhindert werden (z. B. durch die Position des Regelventils, Druck- oder Abgastemperaturüberwachung oder Brennstoffdurchflussüberwachung).

### 5.11.3 Sicherheitszeit beim Verlöschen der Flamme

Bei einem Verlust der Flamme müssen das Flammenerkennungs- und Brennstoffabschaltsystem eine kombinierte maximale Ansprechzeit von weniger als der Sicherheitszeit beim Verlöschen der Flamme haben, um die Freisetzung von unverbranntem Brennstoff auf ein Maß zu begrenzen, das eine Gefährdungssituation verhindert.

## 5.12 Abgassystem

### 5.12.1 Regelung mit Drosselvorrichtung

Wenn Abgasdämpfer angebracht sind, müssen Kontrollen vorgesehen werden, um ein unkontrolliertes Schließen der Dämpfer zu verhindern und die Gasturbine abzuschalten, bevor Überdruck entsteht. Wenn ein schnelles Schließen der Dämpfer zu einem überhöhten Abgasdruck und hierdurch zu einer Gefährdungssituation führen kann, muss die Schließgeschwindigkeit der Dämpfer begrenzt werden.

### 5.12.2 Lage flexibler Verbindungen

Flexible Abgasverbindungen dürfen sich nach Möglichkeit nicht in der Nähe von Laufstegen oder elektrischen oder Instrumentenkabeln oder Brennstoffleitungen befinden, wenn eine Leckage oder Strahlung oder ein potentieller Temperaturanstieg zu einer Gefährdungssituation führen kann. Ist dies nicht möglich, müssen flexible Verbindungen abgeschirmt werden.

### 5.12.3 Abgasöffnung

Die Gestaltung der Abgasöffnung muss das Risiko großer Mengen sauerstoffarmer Luft, von Kohlenstoffmonoxid oder anderen emittierten gefährlichen luftgetragenen Schmutzstoffen, die zu Erstickung führen können, berücksichtigen. Die Emissionen dürfen keine Gefährdung für nahe stehende Personen oder Objekte darstellen.

ANMERKUNG Nationale oder lokale Regelungen können die Schornsteinhöhe vorschreiben.

In Bereichen, in denen sich Personal in der Nähe der Abgaskanäle aufhalten kann, muss ein Wärmeschutz als integraler Bestandteil der Gestaltung vorgesehen werden. Sofern für die Emissionsüberwachung geliefert, müssen Zugangsöffnungen ausreichend erweitert und isoliert werden, sodass der Zugang nicht behindert wird. Darüber hinaus müssen geeignete Personalzugangsplattformen bereitgestellt werden.

Der Zugang muss so bereitgestellt werden, dass regelmäßige Prüfungen auf Lecks an Abgaskanälen und Abgasschläuchen vorgenommen werden können, wenn diese durch ein Gebäude geführt werden können, wo eine Leckage aus den obigen Gründen zu Erstickung oder Vergiftung des Personals führen oder das Gebäude durchdringen kann. (siehe 7.5.2)

### 5.12.4 Explosionsschutz

Wenn die Möglichkeit besteht, dass das Abgassystem eine explosionsfähige Atmosphäre oder Gase oder Dämpfe enthält, die eine explosionsfähige Atmosphäre bilden können, muss das Abgassystem vor dem Start der Gasturbine gespült werden. Die Spüldurchflussrate muss ausreichend sein, um ungespülte Hohlräume zu minimieren. Mindestens drei vollständige Volumenaustausche der Gasturbine und der nachgelagerten Abgasanlage müssen vorgenommen werden. Das Volumen wird bis zum Sockel jedes Hauptschornsteins oder bis zu dem Punkt gemessen, an dem die Abgastemperatur aller entflammbareren Gase oder Dämpfe, die potentiell vorhanden sein können, unter allen Lastbedingungen weniger als 80 % der AIT gemessen in Grad Celsius beträgt (siehe 5.16.4.4). Die Möglichkeit eines Einschlusses/Wiedereintritts/der Ansammlung von Gasen, die schwerer als Luft sind, ist zu beachten.

Die Abgasspülung muss durch Drehen des Gasturbinenverdichters, mithilfe separater, geeigneter geregelter Gebläse oder durch eine Kombination aus beiden erfolgen, um den erforderlichen Volumenaustausch in dem gesamten System, das einer Abgastemperatur über der AIT (siehe 5.16.4.4) gegebenenfalls vorhandener entflammbarer Gase oder Dämpfe unterliegen kann, zu erreichen. Die Abgase der Gasturbine können zur Spülung verwendet werden, sofern sie geprüft wurden und ihre Temperatur weniger als 80 % der AIT gemessen in Grad Celsius aller gegebenenfalls vorhandenen entflammbaren Gase oder Dämpfe beträgt. Zusätzliche Anforderungen können für die Spülung nachgeschalteter Anlagen und verbundener Feuerungseinrichtungen erforderlich sein.

Das erforderliche Luftspülvolumen muss durch die Anwendung von mit der Startsequenz verbundenen Instrumenten geprüft werden. Wenn der Luftverdichter der Gasturbine selbst zur Erzeugung des Spüldurchflusses verwendet wird, müssen die Drehzahl des Verdichters der Gasturbine und die Korrektheit der Positionen des variablen Führungsschiebers und/oder Verdichterentlüftungsventils geprüft werden, um die Durchflussmenge zu verifizieren.

Im Fall einer normalen kontrollierten Abschaltung, bei der keine gefahrbringende Atmosphäre innerhalb der Gasturbine oder in dem verbundenen Abgassystem entsteht, und sofern eine Funktionsprüfung des/der Brennstoffabsperrventils/Brennstoffabsperrventile durchgeführt wurde, darf der Start ohne eine vollständige Spülung erfolgen.

ANMERKUNG NFPA 85:2015 8.8.4.6 für gasförmige Brennstoffe und 8.8.4.7 für flüssige Brennstoffe enthält eine zusätzliche Anleitung für die Speicherung der Vorspülung (purge credit).

Entlüftungsöffnungen müssen in atmosphärischem Druck münden und in einen sicheren Bereich geleitet werden und die Anforderungen müssen sicherstellen, dass keine explosionsfähige Atmosphäre innerhalb der Gasturbine oder des Abgassystems nach der Abschaltung und vor dem Start der Gasturbine besteht.

Der für den Start verwendete Brennstoff muss so gewählt werden, dass eine Selbstzündung auf inneren Oberflächen nicht zu Überdruckbedingungen oder einem nicht eingedämmten Bauteilversagen führt. Dies gilt üblicherweise für Brennstoffe wie Naphtha, wo ein erhebliches Potential für die Bildung großer explosionsgefährdeter Dampfwolken besteht.

Wenn mehr als eine Gasturbine ein Wärmerückgewinnungssystem speist, müssen Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, um sicherzustellen, dass Abgasströme während einer Spülung, eines Starts oder jeder anderen Durchflussbedingung nicht zurück in eine andere Gasturbine fließen können.

## **5.13 Einhausungen**

### **5.13.1 Allgemeines**

Einhausungen müssen die darin installierte Einrichtung gegen Umgebungsbedingungen und Einflüsse schützen, um sicherzustellen, dass Sicherheitseinrichtungen nicht beeinträchtigt werden. Siehe 5.25 zur Installation von Einhausungen in Gefährdungsbereichen.

Wenn die Einhausung durch ein gasförmiges Feuerlöschmittel geschützt ist, müssen die Dichtungen an den eingelassenen Paneelen, Türen und anderen Schließpunkten jeder Druckerhöhung durch die Freisetzung des Löschmittels widerstehen und die Konzentration des Löschmittels in Übereinstimmung mit den anzuwendenden Brandschutzvorschriften oder Normen aufrechterhalten (siehe 5.15.6).

Für flexible Verbindungen und Dichtungen verwendete nichtmetallische Materialien müssen so ausgewählt werden, dass sie den Beanspruchungs- und Umgebungsbedingungen, denen sie ausgesetzt sind, widerstehen, ohne dass die Wirksamkeit des gasförmigen Löschmittels und der Kühlung oder Verdünnungsbelüftung beeinträchtigt wird.

Wenn die Möglichkeit einer Leckage aus angetriebenen Maschinen von Gasen der Untergruppe IIC nach ISO/IEC 80079-20-1 (z. B. wasserstoffgekühlte Generatoren oder angetriebene Gasverdichtern, die Gase der Untergruppe IIC nach IEC 60079-10-1 Anhang H komprimieren) oder von Dämpfen oder Nebeln, deren AIT (siehe 5.16.4.4) geringer ist als die Oberflächentemperatur der Gasturbine ist, besteht, darf die Maschine nicht in derselben Einhausung wie die Gasturbine installiert werden, außer wenn eine gasdichte Trennwand oder ein Luftspalt zwischen den Trennwänden vorgesehen ist, oder es müssen gleichermaßen effektive Mittel vorgesehen werden, um zu verhindern, dass solche Gase oder Dämpfe in die Einhausung der Gasturbine eindringen.

### 5.13.2 Aufbau der Einhausung

Der Aufbau der Einhausungen sowie der angebrachten Paneele, Türen und ihrer Riegel muss so gestaltet sein, dass er Folgendem widersteht:

- a) Umweltbeanspruchung in Verbindung mit dem Standort;
- b) Drucklasten durch den Betrieb des Belüftungssystems, durch Gaslöschsysteme und durch Maschinenentlüftungsventile und die Blockierung von Belüftungsöffnungen;
- c) Überdrücke durch vernünftigerweise vorhersehbare Risse oder Lecks in Druckgehäusen oder druckbeaufschlagten Kanälen;
- d) Überdruck vor der Druckentlastungseinrichtung, wenn die Anforderungen nach 5.16.5.2 implementiert werden, oder Überdruck bis 1 000 Pa (10 mbar), sofern nicht auf 1 500 Pa (15 mbar) extrapoliert, wenn der Überdruck nach 5.16.5.3 begrenzt wird;
- e) Lasten, die durch dauerhaft gestützte Einrichtungen wie Belüftungssysteme aufgebracht werden;
- f) Lasten, die durch Werkzeuge oder Hebeeinrichtungen in der Einhausung erzeugt werden.

Der Aufbau der Einhausung muss die notwendigen Anbauten und integrierten Werkzeuge für die Ausführung von Instandhaltungsarbeiten enthalten.

ANMERKUNG Baugesetze oder Bauordnungen regeln üblicherweise die Gestaltung, Herstellung und Prüfkriterien für lasttragenden Baustahl.

### 5.13.3 Brandschutzvorkehrungen für Einhausungen

#### 5.13.3.1 Allgemeines

Das Feuerrisiko muss in allen Einhausungen beurteilt und Brandschutzmaßnahmen gegebenenfalls nach 5.15 implementiert werden.

#### 5.13.3.2 Einhausung der Gasturbine

Ein Brandschutzsystem einschließlich Brandmelde- und Feuerlöscheinrichtungen mit den notwendigen Bedienelementen und Instrumenten muss in der Gasturbineneinhausung in Übereinstimmung mit 5.15 vorgesehen werden.

### 5.13.4 Explosionsvermeidung und -schutz — Bereichsklassifizierung — Belüftung

Gefährdungsbereiche innerhalb der Einhausung müssen klassifiziert und Explosionsvermeidungs- und Schutzmaßnahmen nach 5.16 implementiert werden. Wo entflammbare Gase, Dämpfe oder Nebel mit einer AIT unter der Temperatur jeder freiliegenden heißen Oberfläche vorhanden sein können, sind die in 5.16.5.2 (Explosionseinrichtung) und/oder 5.16.5.3 (druckbeständige Gestaltung) und/oder 5.16.5.4 (Löschung) beschriebenen Maßnahmen zu implementieren.

ANMERKUNG Die Gasturbineneinhausung kann als technisch belüfteter Raum nach IEC 60079-13 betrachtet werden. Durch Verdünnung werden die erforderliche Explosionsschutzgrenze (EPL, en: explosion protection limit) und der Gefährdungsbereich reduziert.

#### 5.13.5 Gasmelder

Wenn eine Einhausung einen Gefährdungsbereich aufgrund der potentiellen Leckage von entflammbarem Gas oder Dampf enthält, muss ein Gasmelder nach 5.19 implementiert werden.

### 5.13.6 Spülung der Einhausung

Wenn eine Einhausung Einrichtungen enthält, die Gase und Flüssigkeiten abgeben können, die in der Lage sind, entflammable Dämpfe und Nebel zu erzeugen, müssen die Einhausung und die damit verbundenen vorgelagerten und nachgelagerten Volumen nach IEC 60079-13 vor dem Start gespült werden, außer wenn die Belüftung dauerhaft seit dem vorherigen Betrieb der Gasturbine in Betrieb war.

Belüftete Räume müssen nach IEC 60079-13 gespült werden, bis das dreifache Volumen des belüfteten Systems ausgetauscht wurde.

Um die Dauer des Feuer- oder Explosionsrisikos im Vergleich zu einem natürlichen Kühlzyklus zu verkürzen, muss das Belüftungssystem üblicherweise bei einer Abschaltung in Betrieb bleiben, um die Oberflächentemperaturen aller Oberflächen auf weniger als 80 % der AIT in Grad Celsius (siehe 5.16.4.4) aller brennbaren Flüssigkeiten und Gase zu reduzieren. Eine Spanne ist gegebenenfalls für die Auswirkungen des Anwärmens durch heiße Massen in den Oberflächen zu berücksichtigen.

Im Fall des Verlusts der Belüftung während des Abkühlzyklus müssen die Wirkungen in Verbindung mit dem Verlust der Belüftung eintreten. Siehe 5.16.2 und 5.21.9.

**ANMERKUNG** Die in dieser Norm in 5.16.5.3.3 beschriebene CFD zur Belüftungsvalidierung ist ein Weg zur Reduzierung der Spülzeit.

### 5.13.7 Entflammbarer Nebel

Systeme, die druckbeaufschlagte entflammbare Flüssigkeiten enthalten, müssen mit geeigneten Kupplungen ausgestattet sein, die das Risiko von Leckage und hierdurch bedingter Bildung entflammbarer Nebel begrenzen und mit so wenig Kupplungen wie vernünftigerweise praktikabel gestaltet werden, um das Leckage-Risiko zu reduzieren.

Falls zusätzliche Risikominderungsmaßnahmen erforderlich sind, muss die Gestaltung durch geeignete Maßnahmen wie positive Verriegelung von Armaturen, Sprühsicherungen, Flanschschutzeinrichtungen oder ein Sprühnebelerkennungssystem verbessert werden.

Alarmeinstellungen müssen so niedrig wie praktisch möglich eingestellt werden, ohne falsche Erkennungen auszulösen.

**ANMERKUNG** Entflammbarer Nebel kann durch die Leckage druckbeaufschlagter Flüssigkeit bei einer Temperatur unter dem Zündpunkt der Flüssigkeit (5.16.2) wie etwa durch ein Feuer oder die Ansammlung von Kohlenwasserstoff entstehen.

### 5.13.8 Zugang und Türen

Geeignete Schutzeinrichtungen müssen vorgesehen werden, um eine unmittelbare Evakuierung zu ermöglichen, den Zugang für Personal zu Gefährdungsbereichen zu sperren und die Bergung von eingeschlossenem Personal zu erlauben.

Um ein Einklemmen des Bedieners zu verhindern, müssen die während des Betriebs der Gasturbine verwendeten Zugangstüren:

- a) nach außen in Ausgangsrichtung öffnen;
- b) über Mittel verfügen (zum Beispiel Panikbolzen), um die Türen von innen ohne Schlüssel oder Werkzeug öffnen zu können;
- c) gegen Unterdruck-Belüftungskräfte geöffnet werden können.

Alle Türen müssen mit Einrichtungen zur Vermeidung unerwarteter Bewegungen durch Wind, Belüftungsdruck oder andere Einwirkungen, die zu Stoß- oder Quetschgefahren führen können, ausgestattet sein.

Zugangs- und Fluchtwege, die während des Betriebs der Gasturbine genutzt werden, müssen nach ISO 14122 gestaltet werden, sofern zutreffend.

ANMERKUNG 1 Siehe 7.6 für in Verbindung mit dem Zugang bereitzustellende Informationen.

ANMERKUNG 2 Türanforderungen können für Klappen mit Scharnieren gelten.

ANMERKUNG 3 Wenn Einrichtungen gewartet werden, die nicht von den Zugangswegen innerhalb der Einhausung erreichbar sind, muss das Risiko des Einklemmens berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 4 Für weitere Anleitung siehe ISO 15534-1:2000 Ergonomic design for the safety of machinery — Part 1: Principles for determining the dimensions required for openings for whole-body access into machinery.

### 5.13.9 Einklemmen

Einrichtungen in Einhausungen müssen so angeordnet sein, dass der Zugang zu vernünftigerweise vorhersehbaren Zwecken ohne das Risiko des Einklemmens möglich ist.

Das Erfordernis von Fluchtwegen innerhalb der Einhausung, um ein Einklemmen von Personal im Fall einer Gefährdung zu vermeiden, muss berücksichtigt werden.

## 5.14 Beleuchtung

Beleuchtung muss in Bereichen vorgesehen werden, in denen Sichtbarkeit für Inspektions- und Betriebsaktivitäten erforderlich ist. Eine Notbeleuchtung ist vorzusehen, wenn eine Beleuchtung zur Evakuierung benötigt wird.

Ein ausreichendes Maß an lokaler Beleuchtung muss für Instandhaltungsbereiche verfügbar sein; die Verwendung vorübergehender Beleuchtung für Instandhaltungsaufgaben ist akzeptabel. Die in gefährlichen Bereichen eingesetzte Beleuchtung muss für die erhöhten Temperaturen in der Gasturbineneinhausung geeignet sein.

ANMERKUNG 1 EN 1838:1999, ISO 30061 und NFPA 101:2003 enthalten Anleitungen für die Notbeleuchtung.

ANMERKUNG 2 Für weitere Informationen zur Beleuchtungsgestaltung siehe EN 1837 oder ISO 8995-1.

## 5.15 Brandschutzmaßnahmen

### 5.15.1 Allgemeines

Ein risikobasierter Ansatz für die Anforderung an die Reduzierung des Feuerrisikos, den Brandschutz, die Branderkennung sowie Feuerlöschmaßnahmen ist basierend auf den Anforderungen nach ISO 19353 oder einer vergleichbaren nationalen Norm mit ähnlichen Anforderungen unter Berücksichtigung des Bestehens einer Brandgefahr, der Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens und der möglichen Schwere des Schadens anzuwenden. Das Brandschutzsystem muss auf einer integrierten Reihe von Normen und der in 5.15.2 bis einschließlich 5.15.13 beschriebenen Anleitung basieren.

ANMERKUNG NFPA551 ist ein akzeptables Äquivalent zu ISO 19353. NFPA 850 enthält eine Anleitung zum Brandschutz von Gasturbinen (und damit verbundenem Zubehör).

### 5.15.2 Bauliche Brandschutzmaßnahmen

Die Baumaterialien für umschlossene Räume, in denen ein Feuerrisiko besteht, sowie ihre verbundenen tragenden Elemente und alle Akustikbauteile müssen aus feuerfesten Werkstoffen nach ISO 11925-2 bestehen. Die Wärmedämmung muss aus nichtbrennbaren Werkstoffen nach ISO 1182 bestehen, um Brandlasten zu reduzieren und die Ausbreitung eines Feuers zu hemmen. Die Verwendung kleiner Teile, die nicht verbunden sind, wie etwa Dichtungen aus brennbaren Werkstoffen, ist akzeptabel.

Feuergefahren durch elektrotechnische Produkte müssen nach IEC 60695-1-10 und IEC 60695-1-11 beurteilt werden:

Wenn ein Feuerlöschsystem vorgesehen ist, muss der umschlossene Raum mit dem Ziel gestaltet werden, das Feuer solange wie möglich zu begrenzen, bis eine Erkennung sichergestellt ist, Löschverzögerungen zu überwinden und eine Löschmittelkonzentration zu erreichen, die das Feuer löscht.

### 5.15.3 Minderung und Eindämmung entflammbarer Flüssigkeiten

#### 5.15.3.1 Allgemeines

Tanks, die Kohlenwasserstoff enthalten, müssen mit einer Füllstandsüberwachung zur Leckageerkennung und gegebenenfalls Überlaufererkennung ausgestattet sein.

Bei der Festlegung von Brandschutzmaßnahmen für Gasbrennstoffbereiche und andere Bereiche, die druckbeaufschlagte Kohlenwasserstoffe enthalten, muss die Aktivierung der Löschmaßnahmen (manuell oder automatisch) die automatische Abschaltung der Brennstoffzufuhr einleiten (siehe 5.13.3.2). Wenn eine manuelle Betätigung der Notauslösung an den Löschmittelbehältern erforderlich ist, muss die Betriebsanleitung darauf hinweisen, dass der Not-Halt-Taster betätigt werden muss, um die Brennstoffzufuhr abzuschalten.

Druckbeaufschlagte Einrichtungen, die Gasbrennstoff, flüssigen Brennstoff oder andere entflammbare Kohlenwasserstoffe enthalten, die entflammbare Nebel durch Hochdruckleckage bilden können, müssen zusätzlich zur Erfüllung der Anforderungen nach 5.23 mit der für korrekte Montage und Instandhaltung erforderlichen Mindestanzahl an Anschlüssen gestaltet werden. Wenn ein Leck auf elektrische Einrichtungen, die eine Zündquelle darstellen können, oder auf eine heiße Oberfläche mit einer Temperatur über der AIT (siehe 5.16.4.4) der potentiellen Leckquelle treffen kann, müssen zusätzliche Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, um die Gefährdung einer Leckage zu mindern und einen Schutz gegen Auftreffen zu bieten.

Verbindungen müssen soweit wie möglich so positioniert werden, dass Lecks nicht auf elektrische Einrichtungen oder heiße Oberflächen tropfen oder sprühen.

Isoliermaterialien müssen gegebenenfalls gegen das Eindringen von Kohlenwasserstoffen geschützt werden.

Die Entflammbarkeitseigenschaften aller Flüssigkeiten müssen beurteilt werden. Für Flüssigbrennstoffe mit niedriger AIT wie etwa Naphtha müssen eine Trennung der Gefährdungsbereiche und die Anwendung von Explosionseinrichtungen wie etwa Abscheider, Drahtverriegelung von Armaturen, Sprühsicherungen, Flanschschutz an Leckstellen in Betracht gezogen werden, wenn eine zusätzliche Minderung aufgrund der Anwesenheit heißer Oberflächen erforderlich ist.

#### 5.15.3.2 Schmier- und Hydrauliksysteme

Wenn die getroffenen Maßnahmen nach 5.13.7 in Bezug auf entflammbare Ölnebel in Anwesenheit heißer Oberflächen nicht die erforderliche Risikominderung bieten, müssen weitere Minderungsmaßnahmen wie etwa durch die Anwendung feuerfester oder nicht-entflammbarer Flüssigkeiten getroffen werden. Ölsystementlüftungsöffnungen, an denen Ölnebel auftreten kann, müssen mit einem Tropfenabscheider ausgestattet und von heißen Oberflächen abgewandt sein. Wenn Auslassöffnungen von Entlüftungsleitungen

in der Nähe potentieller Zündquellen angeordnet sind, müssen sie mit einer Flammendurchschlagsicherung ausgestattet sein.

### 5.15.3.3 Schmierung nach der Abschaltung

Falls es erforderlich ist, die Gasturbine vor Schaden nach einer feuerbedingten Abschaltung durch Aufrechterhaltung der Schmierung der Lager und damit verbundenen Instrumente, die andernfalls beschädigt würden, zu schützen, dürfen gewisse Notbetriebsschmiersysteme in den schutzbedürftigen Bereichen in Betrieb bleiben, sofern:

- die Risikobeurteilung sicherstellt, dass die Einrichtung, der Prozess und der Schutz angemessen sind und die Folgen eines Versagens dieser Schutzeinrichtungen bekannt sind. Einige Beispiele für Risikominderungsmethoden können die Reduzierung des Schmieröflusses und -drucks, die Anwendung besonders robuster Rohrleitungen und Armaturen und die Möglichkeit, die Energieversorgung der Notschmierölpumpe(n) manuell abzuschalten, beinhalten.

### 5.15.4 Brandschutz

Wenn durch 5.13.3 oder 5.2 angegeben, muss ein automatisches integriertes Brandschutzsystem mit den notwendigen Bedienelementen und Instrumenten vorgesehen werden.

Die Gestaltung muss die Integrität und Funktionalität des Brandschutzsystems im Zusammenhang mit einer schnellen und zuverlässigen Erkennung des Feuers, einer schnellen und zuverlässigen Entladung nach der Erkennung sowie dem schnellen und zuverlässigen Löschen und Unterdrücken des Feuers im Hinblick auf die Personensicherheit sicherstellen.

### 5.15.5 Branderkennung

Um sicherzustellen, dass Feuer frühzeitig erkannt werden, müssen Bereiche von Einhausungen und Hallen, die ein Feuerlöschsystem nach 5.12.2 erfordern, mit automatischen Feuermeldern überwacht werden. Die Feuermelder sind aus den folgenden Arten auszuwählen:

- a) Rauchmelder;
- b) Flammenmelder;
- c) Wärmedetektoren.

Wärmedetektoren müssen immer vorhanden sein, falls Flammenmelder durch Rauch oder Nebel behindert werden. Andere Melder müssen gegebenenfalls in Verbindung mit Wärmedetektoren verwendet werden, um Gefährdungssituationen zu mindern oder Schäden zu verhindern.

Manuelle Drucktasten-Feuermelder müssen in der Nähe der Hauptfluchtwege aus allen umschlossenen Räumen und Ausgängen aus Gebäuden, in denen ein Brandschutzsystem installiert ist, angebracht werden. Die Alarmfunktion darf mit der Löschmittel-Auslösdrucktaste in der Einhausung integriert werden.

Die Mindestanzahl der für einen geschützten Bereich erforderlichen Melder muss auf der Grundlage der Lage potentieller Feuergefahren, der Größe des durch den ausgewählten Melder abgedeckten Bereichs beurteilt und installiert werden, um ein Feuermeldesignal zu liefern und Fehlalarme auf ein akzeptables Maß zu reduzieren.

Wenn ein Feuermelder so platziert ist, dass die Erkennungsgenauigkeit durch Verunreinigung der Sensorbauteile durch Schmutzstoffe oder Substanzen im lokalen Luftstrom oder der Atmosphäre beeinträchtigt werden könnte, muss der ausgewählte Meldertyp bei einer erkannten Verunreinigung ein Störungssignal aussenden.

### 5.15.6 Feuerlöschsysteme

Feuerlöschsysteme müssen in Übereinstimmung mit den folgenden relevanten Normen gestaltet, installiert und geprüft werden:

- a) ISO 6183 oder NFPA 12 für CO<sub>2</sub>-Systeme;
- b) ISO 14520-1 oder NFPA 2001: für andere gashaltige Systeme;
- c) NFPA 750 für Wassersprühnebelsysteme;
- d) NFPA 13 oder EN 12845 für Sprinklersysteme und NFPA 15 oder CEN/TS 14816 für Wassersprühsysteme;
- e) ISO 7203:2019 oder NFPA 11 für Schwer-, Mittel- oder Hochschaum;
- f) ISO 7076-5:2014 oder NFPA 16 für Schaum-Wasser-Sprinkler und Schaum-Wasser-Sprühsysteme;
- g) ISO 15779:2011 oder NFPA 2010 für Aerosol-Feuerlöschsysteme.

ANMERKUNG Die Anwendung eines Feuerlöschsystems mit ungefährlichen Löschmitteln sollte bevorzugt werden.

Das Löschmittel muss so ausgewählt werden, dass es sicherheitsbezogene Einrichtungen in dem umschlossenen Raum nicht beschädigt.

Risiken in Verbindung mit dem Löschmittel wie etwa Ersticken und Stromschläge müssen beurteilt werden.

Ein geeigneter Alarm muss in das Brandschutzsteuerungssystem eingebunden werden, um eine ausreichende Warnung für Personen in dem umschlossenen Bereich zur Evakuierung vor der Freisetzung eines gefährlichen Löschmittels auszulösen. Der Vorauslösealarm muss eine ausreichende Zeit für die Evakuierung im „ungünstigsten“ Fall vorsehen.

Löschsysteme, die Erstickungen verursachen können, dürfen nicht in üblicherweise belegten Räumen installiert oder zu ihrem Schutz eingesetzt werden.

Es müssen Mittel zur mechanischen Isolierung der Löschsysteme vorgesehen werden. Die Isolierungseinrichtung muss mit einer Positionsüberwachung ausgestattet sein, die mit dem Turbinensteuerungssystem verbunden ist. Die Isolierung muss wiederholt am Steuerungssystem angekündigt werden.

Die elektrische Isolierung der Löschmittelauslösung kann für das kurzzeitige Betreten großer Bereiche mit einfachem Ausgang erlaubt sein. Die Isolierung muss wiederholt an dem Turbinensteuerungssystem angekündigt oder durch Arbeitssicherheitsverfahrensanweisungen am Standort wie etwa Lock-Out-/Tag-Out-Prozesse angegeben sein.

Alle Abluft- und Zuluftöffnungen in der Einhausung sollten mit automatisch schließenden Dämpfern ausgestattet sein. Wenn Öffnungen während der Löschmittelfreisetzung offen bleiben, muss dies bei der Berechnung der Löschmittelmenge berücksichtigt werden. Bei der Berechnung der Löschmittelmenge für die Entladung muss unvermeidliche Leckage aus dem umschlossenen Raum ausreichend berücksichtigt werden. Wo Dämpfer verwendet werden, muss die Schließkraft ausreichend sein, um das Schließen des Dämpfers sicherzustellen.

Die Löschmittelkonzentration muss effektiv bestehen bleiben, um eine Wiederentzündung durch heiße Oberflächen zu verhindern, bis andere Sicherheitsmaßnahmen (wie etwa lokale Feuerwehr) verfügbar sind. Wenn die Wiederentzündung oder fehlender Löschmittelnachschub vor Ort ein hohes Risiko darstellen, ist ein Multishot-System oder die Bereitstellung von Reservelöschmittelkapazitäten in Betracht zu ziehen.