

**DIN EN ISO 28300**

ICS 75.180.20

**Erdöl, petrochemische und Erdgasindustrie –  
Be- und Entlüftung von Lagertanks mit atmosphärischem Druck und  
niedrigem Überdruck (ISO 28300:2008);  
Deutsche Fassung EN ISO 28300:2008**

Petroleum, petrochemical and natural gas industries –  
Venting of atmospheric and low-pressure storage tanks (ISO 28300:2008);  
German version EN ISO 28300:2008

Industries du pétrole, de la pétrochimie et du gaz naturel –  
Ventilation des réservoirs de stockage à pression atmosphérique et à basse pression  
(ISO 28300:2008);  
Version allemande EN ISO 28300:2008

Gesamtumfang 88 Seiten

Normenausschuss Tankanlagen (NATank) im DIN

## Nationales Vorwort

Dies Dokument wurde vom ISO/TC 67 „Materials, equipment and offshore structures for petroleum, petrochemical and natural gas industries“ – SC 6 „Processing equipment and systems“ (Sekretariat: AFNOR, Frankreich) erarbeitet. Das CEN/TC 12 „Materialien, Ausrüstungen und Offshore-Bauwerke für die Erdöl-, petrochemische und Erdgasindustrie“ (Sekretariat: AFNOR, Frankreich) hat diese Norm als Europäische Norm übernommen. Der Arbeitsausschuss NA 104-02-05 AA „Flammensperren und Tanklüftungseinrichtungen“ im NATank war für das DIN an der Erstellung der Norm beteiligt.

Diese Norm soll den Anhang L „Anforderungen für Be- und Entlüftungssysteme“ der DIN EN 14015 „Auslegung und Herstellung standortgefertigter, oberirdischer, stehender, zylindrischer, geschweißter Flachboden-Stahltanks für die Lagerung von Flüssigkeiten bei Umgebungstemperatur und höheren Temperaturen“ ersetzen. Von deutscher Seite wurde während der formellen Abstimmung ein entsprechender Kommentar dazu abgeben.

Für die im Abschnitt 2 zitierten Normen wird im Folgenden auf die entsprechende Deutsche Norm hingewiesen:

ISO 4126-4 siehe DIN EN ISO 4126-4  
ISO 23251 siehe DIN EN ISO 23251  
IEC 60079-10 siehe DIN EN 60079-10

## Nationaler Anhang NA (informativ)

### Literaturhinweise

DIN EN ISO 4126-4, *Sicherheitseinrichtungen gegen unzulässigen Überdruck — Teil 4: Pilotgesteuerte Sicherheitsventile*

DIN EN ISO 23251, *Erdöl-, petrochemische und Erdgasindustrie — Druckentlastungs- und Druckausgleichssysteme*

DIN EN 60079-10, *Elektrische Betriebsmittel für gasexplosionsgefährdete Bereiche — Teil 10: Einteilung der explosionsgefährdeten Bereiche*

**Deutsche Fassung**

**Erdöl, petrochemische und Erdgasindustrie —  
Be- und Entlüftung von Lagertanks mit atmosphärischem Druck  
und niedrigem Überdruck  
(ISO 28300:2008)**

Petroleum, petrochemical and natural gas industries —  
Venting of atmospheric and low-pressure storage tanks  
(ISO 28300:2008)

Industries du pétrole, de la pétrochimie et du gaz naturel —  
Ventilation des réservoirs de stockage à pression  
atmosphérique et à basse pression (ISO 28300:2008)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 14. Juni 2008 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG  
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION  
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

**Management-Zentrum: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel**

## Inhalt

|                                                                                     | Seite |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Vorwort .....                                                                       | 5     |
| Einleitung.....                                                                     | 6     |
| 1 Anwendungsbereich .....                                                           | 7     |
| 2 Normative Verweisungen .....                                                      | 7     |
| 3 Begriffe .....                                                                    | 7     |
| 4 Oberirdische Tanks ohne Kühlung .....                                             | 10    |
| 4.1 Allgemeines .....                                                               | 10    |
| 4.2 Ursachen für Über- oder Unterdruck .....                                        | 10    |
| 4.2.1 Allgemeines .....                                                             | 10    |
| 4.2.2 Befüllen oder Entleeren eines Tanks .....                                     | 10    |
| 4.2.3 Witterungsänderungen .....                                                    | 10    |
| 4.2.4 Brandeinwirkung .....                                                         | 10    |
| 4.2.5 Sonstige Umstände .....                                                       | 10    |
| 4.3 Ermittlung der Lüftungsanforderungen .....                                      | 13    |
| 4.3.1 Allgemeines .....                                                             | 13    |
| 4.3.2 Berechnung der maximalen Volumenströme für normale Be- und Entlüftung .....   | 14    |
| 4.3.3 Anforderungen an die Notentlüftungsrate für Tanks unter Brandeinwirkung ..... | 18    |
| 4.4 Be- und Entlüftungseinrichtungen .....                                          | 25    |
| 4.4.1 Normale Be- und Entlüftung .....                                              | 25    |
| 4.4.2 Not- Be- und Entlüftung .....                                                 | 26    |
| 4.5 Betrachtungen zu Tanks mit potenziell explosionsfähiger Atmosphäre .....        | 26    |
| 4.5.1 Allgemeines .....                                                             | 26    |
| 4.5.2 Gestaltungsoptionen für den Explosionsschutz .....                            | 26    |
| 4.5.3 Tanks mit Inertgasüberdeckung .....                                           | 27    |
| 4.5.4 Flammendurchschlag durch Über- und Unterdruckventile .....                    | 27    |
| 4.6 Spezifikation der Lüftungseinrichtungen .....                                   | 28    |
| 4.6.1 Grundlage der Größenauswahl .....                                             | 28    |
| 4.6.2 Einstellen von Über- und Unterdruck .....                                     | 28    |
| 4.6.3 Auslegung .....                                                               | 29    |
| 4.6.4 Werkstoffe .....                                                              | 29    |
| 4.7 Einbau von Be- und Entlüftungseinrichtungen .....                               | 29    |
| 4.7.1 Einbau von Be- und Entlüftungseinrichtungen .....                             | 29    |
| 4.7.2 Auslassleitungen .....                                                        | 30    |
| 4.7.3 Verifizierung des Ansprechdrucks .....                                        | 30    |
| 5 Ober- und unterirdische Tanks mit Kühlung .....                                   | 31    |
| 5.1 Allgemeines .....                                                               | 31    |
| 5.2 Ursachen für Über- oder Unterdruck .....                                        | 31    |
| 5.2.1 Abgeänderte Leitlinien .....                                                  | 31    |
| 5.2.2 Zusätzliche Leitlinien für Überdruck .....                                    | 33    |
| 5.2.3 Zusätzliche Leitlinien für Unterdruck .....                                   | 34    |
| 5.3 Spezifikation der Lüftungseinrichtungen .....                                   | 35    |
| 5.4 Installation der Be- und Entlüftungseinrichtungen .....                         | 35    |
| 5.4.1 Allgemeines .....                                                             | 35    |
| 5.4.2 Einbau von Über- und Unterdruckausgleichseinrichtungen .....                  | 35    |
| 5.4.3 Auslassleitungen .....                                                        | 35    |
| 6 Prüfung von Be- und Entlüftungseinrichtungen .....                                | 35    |
| 6.1 Allgemeines .....                                                               | 35    |
| 6.2 Prüfaufbau für die Durchflussrate .....                                         | 36    |
| 6.2.1 Allgemeines .....                                                             | 36    |
| 6.2.2 Zufuhr des Prüfmediums .....                                                  | 37    |
| 6.2.3 Durchflussmessgerät .....                                                     | 37    |

|                                                                                                              |                                                                                                 |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 6.2.4                                                                                                        | Prüftank .....                                                                                  | 37        |
| 6.2.5                                                                                                        | Messgerät für Über-/Unterdruck .....                                                            | 38        |
| 6.2.6                                                                                                        | Temperaturmessgerät.....                                                                        | 38        |
| 6.2.7                                                                                                        | Barometer.....                                                                                  | 38        |
| 6.3                                                                                                          | Verfahren zur Bestimmung der Durchflussleistung .....                                           | 38        |
| 6.3.1                                                                                                        | Offene Lüfterhauben .....                                                                       | 38        |
| 6.3.2                                                                                                        | Über- und Unterdruckventile .....                                                               | 38        |
| 6.3.3                                                                                                        | Berechnungsverfahren – Deckel für Mannlöcher .....                                              | 42        |
| 6.4                                                                                                          | Fertigungsprüfung .....                                                                         | 42        |
| 6.4.1                                                                                                        | Allgemeines .....                                                                               | 42        |
| 6.4.2                                                                                                        | Prüfung der Leckrate .....                                                                      | 42        |
| 6.4.3                                                                                                        | Verfahren zur Bestimmung des Einstelldrucks .....                                               | 43        |
| 7                                                                                                            | Dokumentation und Kennzeichnung der Be- und Entlüftungseinrichtungen durch den Hersteller ..... | 43        |
| 7.1                                                                                                          | Dokumentation .....                                                                             | 43        |
| 7.2                                                                                                          | Kennzeichnung.....                                                                              | 43        |
| 7.2.1                                                                                                        | Allgemeine Anforderungen .....                                                                  | 43        |
| 7.2.2                                                                                                        | Offene Lüfterhauben .....                                                                       | 43        |
| 7.2.3                                                                                                        | Überdruckventile .....                                                                          | 43        |
| 7.2.4                                                                                                        | Unterdruckventile .....                                                                         | 44        |
| 7.2.5                                                                                                        | Kombinierte Über- und Unterdruckventile.....                                                    | 44        |
| 7.2.6                                                                                                        | Be- und Entlüftungseinrichtungen mit Flammendurchschlagsicherungen.....                         | 44        |
| <b>Anhang A (informativ) Alternative Berechnung von Anforderungen an die normale Be- und Entlüftung.....</b> |                                                                                                 | <b>45</b> |
| A.1                                                                                                          | Allgemeines .....                                                                               | 45        |
| A.2                                                                                                          | Betriebserfahrungen .....                                                                       | 45        |
| A.3                                                                                                          | Anforderungen an die normale Lüftung.....                                                       | 46        |
| A.3.1                                                                                                        | Allgemeines .....                                                                               | 46        |
| A.3.2                                                                                                        | Umfüllen von Flüssigkeit.....                                                                   | 50        |
| A.3.3                                                                                                        | Thermische Auswirkungen.....                                                                    | 50        |
| A.3.4                                                                                                        | Bestimmung der normalen Lüftungsanforderungen Be- und Entlüftung .....                          | 53        |
| <b>Anhang B (informativ) Grundlage der Not- Entlüftung für die Tabellen 7 und 8 .....</b>                    |                                                                                                 | <b>54</b> |
| <b>Anhang C (informativ) Bauarten und Betriebsweisen von Lüftungseinrichtungen.....</b>                      |                                                                                                 | <b>58</b> |
| C.1                                                                                                          | Einleitung .....                                                                                | 58        |
| C.2                                                                                                          | Direkt wirkende Be- und Entlüftungsventile.....                                                 | 58        |
| C.2.1                                                                                                        | Beschreibung.....                                                                               | 58        |
| C.2.2                                                                                                        | Wirkprinzip .....                                                                               | 59        |
| C.2.3                                                                                                        | Dichtheit des Ventilsitzes und Schließdruckdifferenz.....                                       | 59        |
| C.2.4                                                                                                        | Nenngrößen und Ansprechdrücke für Be- und Entlüftungseinrichtungen .....                        | 59        |
| C.3                                                                                                          | Pilotgesteuerte Be- und Entlüftungsventile.....                                                 | 60        |
| C.3.1                                                                                                        | Beschreibung.....                                                                               | 60        |
| C.3.2                                                                                                        | Wirkprinzip .....                                                                               | 60        |
| C.3.3                                                                                                        | Dichtheit des Sitzes und Schließdruckdifferenz .....                                            | 64        |
| C.3.4                                                                                                        | Baugrößen und Ansprechdrücke für die Lüftungseinrichtungen .....                                | 64        |
| C.3.5                                                                                                        | Optionale Eigenschaften .....                                                                   | 67        |
| <b>Anhang D (informativ) Grundlage der Bemessungsberechnungen .....</b>                                      |                                                                                                 | <b>68</b> |
| D.1                                                                                                          | Anwendungsbereich .....                                                                         | 68        |
| D.2                                                                                                          | Norm- und Normalbedingungen .....                                                               | 68        |
| D.3                                                                                                          | Theoretische Durchflussrate für das Verfahren mit Ausflussziffer .....                          | 69        |
| D.3.1                                                                                                        | Theoretische Grundlage .....                                                                    | 69        |
| D.4                                                                                                          | Isentrope Strömung von Dämpfen und Gasen durch Öffnungen .....                                  | 70        |
| D.5                                                                                                          | Theoretischer Durchfluss .....                                                                  | 72        |
| D.6                                                                                                          | Abgeleitete Gleichungen für SI-Einheiten.....                                                   | 74        |
| D.7                                                                                                          | Abgeleitete Gleichungen für USC-Einheiten .....                                                 | 75        |
| D.8                                                                                                          | Umrechnung zwischen Normal- und Normbezugsbedingungen .....                                     | 76        |

|                              | Seite                                                                                                                |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>D.9</b>                   | <b>Angabe der Lüftungsanforderungen Be- und Entlüftung in Form einer äquivalenten Strömungsrate von Luft .....76</b> |
| <b>D.9.1</b>                 | <b>Allgemeines .....76</b>                                                                                           |
| <b>D.10</b>                  | <b>Umrechnung zwischen Normal- und Normbezugsbedingungen .....78</b>                                                 |
| <b>D.11</b>                  | <b>Anforderungen an die Entlüftung bei äußerer Brandeinwirkung .....78</b>                                           |
| <b>D.11.1</b>                | <b>Allgemeines .....78</b>                                                                                           |
| <b>D.12</b>                  | <b>Abgeleitete Gleichungen für SI-Einheiten .....79</b>                                                              |
| <b>D.13</b>                  | <b>Abgeleitete Gleichungen für USC-Einheiten .....79</b>                                                             |
| <b>Anhang E (informativ)</b> | <b>Grundlage der normalen Be- und Entlüftung .....80</b>                                                             |
| <b>E.1</b>                   | <b>Anwendungsbereich .....80</b>                                                                                     |
| <b>E.2</b>                   | <b>Grenzbedingungen und Annahmen .....80</b>                                                                         |
| <b>E.3</b>                   | <b>Schätzwerte .....80</b>                                                                                           |
| <b>E.4</b>                   | <b>Annahmen zur Erwärmung des Tanks .....80</b>                                                                      |
| <b>E.5</b>                   | <b>Annahmen zur Abkühlung des Tanks .....81</b>                                                                      |
| <b>Anhang F (informativ)</b> | <b>Leitlinien für die Inertgasüberdeckung für Tanks zum Schutz gegen Flammendurchschlag .....82</b>                  |
| <b>F.1</b>                   | <b>Allgemeines .....82</b>                                                                                           |
| <b>F.2</b>                   | <b>Tankbelüftung .....82</b>                                                                                         |
| <b>F.3</b>                   | <b>Gemeinsame Zufuhr von Inertgas .....84</b>                                                                        |
| <b>F.4</b>                   | <b>Miteinander verbundene Gasräume .....84</b>                                                                       |
| <b>F.5</b>                   | <b>Lage der Unterdruckausgleichseinrichtung .....84</b>                                                              |
| <b>Literaturhinweise</b>     | <b>.....85</b>                                                                                                       |

## **Vorwort**

Dieses Dokument (EN ISO 28300:2008) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 67 „Materials, equipment and offshore structures for petroleum, petrochemical and natural gas industries“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 12 „Materialien, Ausrüstungen und Offshore-Bauwerke für die Erdöl-, petrochemische und Erdgasindustrie“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom AFNOR gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Dezember 2008 und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2008 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

### **Anerkennungsnotiz**

Der Text von ISO 28300:2008 wurde vom CEN als EN ISO 28300:2008 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

## **Einleitung**

Diese Internationale Norm wurde aufbauend auf die 5. Ausgabe von API Std 2000 und EN 14015:2005 mit dem Ziel entwickelt, Übereinstimmung zwischen der 6. Ausgabe von API Std 2000 und dieser Internationalen Norm zu erreichen.

Diese Internationale Norm wurde unter Einbeziehung der Erkenntnisse und Erfahrungen erstellt, die qualifizierte Techniker in der Erdöl-, petrochemischen und chemischen Industrie sowie der allgemeinen Lagerindustrie für große Flüssigkeitsmengen gesammelt haben.

Die ingenieurtechnische Untersuchung an einem bestimmten Tank wird möglicherweise zeigen, dass die geeignete Be- und Entlüftungsleistung für diesen Tank nicht der nach dieser Internationalen Norm veranschlagten Lüftungsleistung entspricht. Die vielen Variablen in Verbindung mit den Anforderungen an Be- und Entlüftungssysteme der Tanks machen es praktisch unmöglich, genau festgelegte und einfache Regeln aufzustellen, die auf alle Standorte und Bedingungen anwendbar sind.

Zu informativen Zwecken werden in der vorliegenden Internationalen Norm, wenn durchführbar, die im amerikanischen Sprachraum üblichen Einheiten (USC-Einheiten) in Klammern oder in gesonderten Tabellen angegeben.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt die Anforderungen für die normale Be- und Entlüftung und für die Not-Be- und Entlüftung von oberirdischen Tanks für die Lagerung von flüssigen Erdöl oder Erdölprodukten sowie von oberirdischen und unterirdischen Lagertanks mit Kühlung fest, die sowohl bei atmosphärischen Bedingungen als auch bei niedrigem Druck betrieben werden. In dieser Internationalen Norm werden die Ursachen von Über- und Unterdruck, die Festlegung von Lüftungsanforderungen, die dazu erforderlichen Einrichtungen sowie Auswahl und Einbau und die Prüfung und Kennzeichnung von Be- und Entlüftungseinrichtungen behandelt.

Diese Internationale Norm ist für Tanks vorgesehen, die Erdöl und Erdölprodukte enthalten; sie gilt aber auch für Tanks mit anderen Flüssigkeiten; vor ihrer Anwendung auf andere Flüssigkeiten sollte jedoch immer eine fachmännische technische Analyse und Beurteilung vorgenommen werden.

Die vorliegende Internationale Norm gilt nicht für Tanks mit äußerem Schwimmdach.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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 4126-4, *Safety devices for protection against excessive pressure — Part 4: Pilot operated safety valves*

ISO 16852, *Flame arresters — Performance requirements, test methods and limits for use*

ISO 23251, *Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Pressure-relieving and depressuring systems*

ICE 60079-10, *Electrical apparatus for explosive gas atmospheres — Part 10: Classification of hazardous areas*

DIN 4119<sup>1)</sup> (alle Teile), *Oberirdische zylindrische Flachboden-Tankbauwerke aus metallischen Werkstoffen*

## 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe und Abkürzungen.

### 3.1

#### **Akkumulation**

Erhöhung des Drucks über den maximal zulässigen Betriebsdruck oder über den Auslegungsdruck des Tanks, die während der Lüftung durch die Druckausgleichseinrichtung maximal zulässig ist.

**ANMERKUNG** Die Akkumulation wird in Druckeinheiten oder als Prozentsatz des maximal zulässigen Betriebsdrucks oder des Auslegungsdrucks angegeben. Die maximal zulässigen Akkumulationen werden durch Druckauslegungsvorschriften für den Notfallbetrieb und für den Brandfall festgelegt.

### 3.2

#### **Einstelldruck**

eingestellter statischer Eingangsdruck, bei dem das Druckausgleichsventil auf dem Prüfstand öffnet  
siehe Ansprechdruck (3.19).

---

1) Deutsches Institut für Normung (DIN), Burggrafenstraße 6, Berlin, Deutschland D-10787

ANMERKUNG 1 Der Einstelldruck entspricht dem Ansprechdruck bei direkter endständiger Installation.

ANMERKUNG 2 Der Einstelldruck enthält bei Betriebsbedingungen unter überlagertem Gegendruck Korrekturen.

### **3.3**

#### **Britische Wärmeeinheit**

##### **Btu**

Wärmeeinheit, bei der sich die Temperatur von 1 Pound (lbs) Wasser um ein Grad Fahrenheit erhöht

### **3.4**

#### **Not-Belüftung und –Entlüftung**

erforderliche Be- und Entlüftung, wenn ein außergewöhnlicher Betriebszustand entweder innerhalb oder außerhalb eines Tanks auftritt, z. B. beim Bruch innerer Heizschlangen oder bei Flammeneinwirkung von außen

### **3.5**

#### **Tank ohne Kühlung**

Behälter zur Lagerung eines Produkts im flüssigen Zustand ohne eine Kühlung durch Verdampfen des Tankinhalts oder durch ein Umlaufkühlsystem

ANMERKUNG Die Lagertemperatur entspricht im Allgemeinen annähernd der Umgebungstemperatur oder ist höher als diese.

### **3.6**

#### **Normkubikmeter je Stunde**

##### **Nm<sup>3</sup>/h**

SI-Einheit für die volumetrische Durchflussmenge von Luft oder Gas bei einer Temperatur von 0 °C und einem Druck von 101,3 kPa, ausgedrückt in Kubikmeter je Stunde

### **3.7**

#### **normale Be- und Entlüftung**

die aufgrund betrieblicher Anforderungen oder atmosphärischer Veränderungen erforderliche Be- und Entlüftung

### **3.8**

#### **Öffnungsdruckdifferenz**

Druckerhöhung am Einlass des Über- und Unterdruckventils über den Ansprechdruck während der Lüftung durch das Über- und Unterdruckventil

ANMERKUNG 1 Diese Öffnungsdruckdifferenz wird in Druckeinheiten oder als Prozentsatz des Ansprechdrucks angegeben.

ANMERKUNG 2 Der Wert oder die Höhe der Öffnungsdruckdifferenz entspricht dem Wert oder der Höhe der Akkumulation, wenn das Ventil auf den maximal zulässigen Betriebsdruck oder Auslegungsdruck des Tanks eingestellt ist und an der Einlassrohrleitung keine Druckverluste auftreten.

### **3.9**

#### **Erdöl**

##### **Rohöl**

### **3.10**

#### **petrochemische Produkte**

Produkte aus Kohlenwasserstoffen oder andere aus Rohöl hergestellte Produkte

### **3.11**

#### **Über- und Unterdruckventil**

gewichtsbelastetes, pilotgesteuertes oder federbelastetes Ventil, das verwendet wird, um den in einem Tank aufgebauten Über- und/oder Unterdruck abzubauen.

### 3.12

#### **Nenn-Lüftungsleistung**

Strömungsleistung einer Lüftungseinrichtung, die als Luftstrom bei Norm- oder Normalbedingungen bei einem bestimmten Über- oder Unterdruck angegeben wird

Anmerkung Die Nenn-Lüftungsleistung wird in SCFH oder Nm<sup>3</sup>/h ausgedrückt

### 3.13

#### **Tank mit Kühlung**

Behälter zur Lagerung einer Flüssigkeit unterhalb der atmosphärischen Temperatur, mit oder ohne Kühlung, die durch Verdampfen des Tankinhalts oder durch ein Umlaufkühlsystem erreicht wird

### 3.14

#### **Lüftungseinrichtung**

Einrichtung zum Abbau des in einem Tank aufgebauten Über- und/oder Unterdrucks

### 3.15

#### **Öffnungsdruck**

Eingangsdruck einer Lüftungseinrichtung, wenn die Strömung mit der erforderlichen Strömungsleistung erfolgt

### 3.16

#### **erforderliche Strömungsleistung**

Volumenstrom durch eine Lüftungseinrichtung, der erforderlich ist, um in einem Tank unter den ungünstigsten Betriebs- oder Notfallbedingungen einen zu hohen Über- oder Unterdruck zu verhindern

### 3.17

#### **Roll-over**

unkontrollierte Ausgleichsströmungen in der gelagerten Flüssigkeit zur Korrektur von instabilen Zuständen geschichteter Flüssigkeiten unterschiedlicher Dichte, wodurch erhebliche Mengen von Produktdämpfen entstehen

### 3.18

#### **Normkubikfuß je Stunde**

##### **SCFH (en: standard cubic feet per hour)**

USC-Einheit für die volumetrische Durchflussmenge von (freier) Luft oder (freiem) Gas je Stunde, bei einer Temperatur von 15,6 °C (60 °F) und einem absoluten Druck von 101,3 kPa (14,7 psi), in Normkubikfuß je Stunde

### 3.19

#### **Ansprechdruck**

Überdruck am Einlass der Lüftungseinrichtung auf den diese eingestellt ist, um unter Betriebsbedingungen das Öffnen der Einrichtung einzuleiten

### 3.20

#### **thermische Belüftung**

Eintrag von Luft oder Deckgas in einen Tank bei Kontraktion oder Kondensation von Dämpfen im Tank als Folge von Witterungsänderungen (z. B. Verringerung der Temperatur in der umgebenden Atmosphäre)

### 3.21

#### **thermische Entlüftung**

Austrag von Luft und Dampf aus einem Tank durch Ausdehnung von Luft und Dampf und Verdampfung der Flüssigkeit im Tank als Folge von Witterungsänderungen (z. B. Anstieg der Temperatur in der umgebenden Atmosphäre)

### 3.22

#### **benetzte Fläche**

diejenige Oberfläche eines Tanks, die an der Innenseite einer Flüssigkeit und an der Außenseite dem Wärmeeintrag durch einen Brand ausgesetzt ist

## 4 Oberirdische Tanks ohne Kühlung

### 4.1 Allgemeines

Abschnitt 4 behandelt die Ursachen für Über- oder Unterdruck, die Festlegung von Lüftungsanforderungen, die Lüftungsmaßnahmen sowie die Auswahl und den Einbau von Be- und Entlüftungseinrichtungen.

### 4.2 Ursachen für Über- oder Unterdruck

#### 4.2.1 Allgemeines

Bei der Bestimmung der möglichen Ursachen für Über- oder Unterdruck in einem Tank ist Folgendes zu berücksichtigen:

- a) Eintrag von Flüssigkeit in einen Tank oder Austrag aus einem Tank;
- b) durch Witterungsänderungen (z. B. Druck- und Temperaturänderungen) bedingte Tankatmung;
- c) Brandeinwirkung;
- d) sonstige Umstände, die sich aus Gerätestörungen sowie Bedienfehlern ergeben.

Es kann weitere Randbedingungen geben, die zwar in dieser Internationalen Norm nicht erfasst sind, jedoch bedacht werden sollten.

#### 4.2.2 Befüllen oder Entleeren eines Tanks

Flüssigkeit kann durch Pumpen, Schwerkraft oder Prozessdruck einem Tank zugeführt oder aus diesem entnommen werden.

Unterdruck kann entstehen, wenn Flüssigkeit aus einem Tank ausströmt. Überdruck kann durch Einstromen von Flüssigkeit in einen Tank und durch Verdampfung sowie Ausgasen der einströmenden Flüssigkeit entstehen. Ein Ausgasen der einströmenden Flüssigkeit kann signifikant sein, wenn bei dem im Tank vorliegenden Druck die Temperatur der einströmenden Flüssigkeit dicht am Siedepunkt oder oberhalb des Siedepunkts liegt. Berechnungsverfahren sind 4.3 zu entnehmen.

#### 4.2.3 Witterungsänderungen

Unterdruck kann durch die Kontraktion oder Kondensation von Gas aufgrund einer Verringerung der Lufttemperatur oder sonstiger Witterungsänderungen, z. B. Windänderungen, Niederschlag usw. entstehen. Überdruck kann durch das Ausdehnen und Verdampfen entstehen, das durch einen Anstieg der Lufttemperatur oder Wetteränderungen verursacht wird. Berechnungsverfahren sind 4.3 zu entnehmen.

#### 4.2.4 Brandeinwirkung

Überdruck entsteht durch das Ausdehnen von Gas und Verdampfen von Flüssigkeit aufgrund einer Wärmeaufnahme des Tanks durch eine Brandeinwirkung von außen. Berechnungsverfahren sind 4.3.3 zu entnehmen.

#### 4.2.5 Sonstige Umstände

##### 4.2.5.1 Allgemeines

Bei der Bestimmung der möglichen Ursachen für Über- oder Unterdruck in einem Tank müssen auch andere Umstände, die aus Fehlfunktionen von Einrichtungen und Bedienfehlern resultieren, betrachtet und bewertet werden. Berechnungsverfahren für diese sonstigen Umstände werden in dieser Internationalen Norm nicht angegeben.

#### 4.2.5.2 Gasdurchbruch bei Umfüllung mit Druckunterstützung

Die Umfüllung einer Flüssigkeit aus anderen Behältern, Tankwagen und Kesselwagen in einen Tank kann durch Anwendung von Gasdruck im Versorgungsbehälter unterstützt oder vollständig erreicht werden, wobei jedoch im Aufnahmetank zum Abschluss der Produktumfüllung eine durch den Gasdurchbruch bedingte Druckspitze auftreten kann. In Abhängigkeit des im Aufnahmetank vorhandenen Drucks und des freien Gasraumes kann dieses zusätzliche Gasvolumen ausreichen, um den maximalen Tankdruck im Tank zu überschreiten. Bei einer überwachten Flüssigkeitsumfüllung wird der Aufnahmetank so gefüllt, dass ein kleiner Gasraum im Tank verbleibt, der den Druckanstieg aufnimmt.

#### 4.2.5.3 Überlagerung und Spülung mit Inertgas

Systeme zur Überlagerung und Spülung mit Inertgas werden an Tanks vorgesehen, um den Tankinhalt vor Verunreinigungen zu schützen, nicht-zündfähige Atmosphäre in den Tanks aufrecht zu erhalten und den Bereich zu reduzieren in dem die entlüfteten Gemische entzündbar sind. Ein inertes Überlagerungs- und Spülsystem umfasst üblicherweise ein Druckreduzierventil und ein Überströmventil, so dass der Druck im Tankinnern in einem engen Betriebsbereich gehalten wird. Ein Versagen des Zufuhrreglers kann dazu führen, dass unkontrolliert Gas in den Tank strömt und daraufhin ein Überdruck entsteht, und der Gasstrom verringert oder vollständig unterbunden wird. Ein fehlerhaftes Schließen nach Ausfall des Überströmventils kann zu einem blockierten Auslass und zu Überdruck führen. Ist das Überströmventil mit einem Gasrückführsystem verbunden, kann ein fehlerhaftes Öffnen zu Unterdruck führen.

#### 4.2.5.4 Anormaler Wärmeeintrag

Dampf, temperiertes Wasser und heißes Öl sind die üblichen Heizmittel für Tanks, wenn deren Inhalt bei erhöhten Temperaturen zu lagern ist. Der Ausfall eines Einspeiseventils, eines Temperaturfühlers oder des Regelsystems eines Tanks kann eine Zunahme des Wärmeeintrags in den Tank verursachen. Das Verdampfen der im Tank gelagerten Flüssigkeit kann zu Überdruck im Tank führen.

Bei beheizten Tanks, in denen zwei Flüssigphasen vorliegen, besteht die Möglichkeit einer schnellen Verdampfung, wenn die untere Phase bis zu einem Punkt erwärmt wird, an dem ihre Dichte geringer ist als die Dichte der Flüssigkeit darüber. Es wird empfohlen, Auslegungs- und Betriebsverfahren festzulegen, um derartige Bedingungen zu vermeiden.

Beim Befüllen eines leeren Tanks, der bei erhöhten Temperaturen zu halten ist, kann eine übermäßige Verdampfung des zugeführten Produkts auftreten. Wenn das Temperaturregelsystem des Tanks in Betrieb ist und dabei der Temperaturfühler nur dem Gas ausgesetzt ist, kann das für den Tank verwendete Heizmittel mit maximaler Rate umgepumpt werden und die Wandtemperatur kann maximale Werte erreichen. Ein Befüllen unter diesen Bedingungen kann zu einer übermäßigen Verdampfung des zugeführten Produkts führen. Diese übermäßige Verdampfung endet, sobald die Tankwand abgekühlt ist und ein so hoher Flüssigkeitsfüllstand erreicht ist, dass der Temperaturfühler von der Flüssigkeit bedeckt wird.

Bei einem Tank mit Kühlmantel oder Kühlschlangen ist zu beachten, dass die Flüssigkeit, als Folge eines Ausfalls des Kühlmittelstroms, verdampfen kann.

#### 4.2.5.5 Undichtheit von Wärmetauschern

Bei einem mechanischen Versagen der inneren Heiz- oder Kühleinrichtung eines Tanks kann der Tankinhalt durch das verwendete Heiz- oder Kühlmittel kontaminiert werden. In Tanks mit niedrigem Druck kann davon ausgegangen werden, dass das Wärmeübertragungsmittel in den Tank einströmt, wenn die Heiz- oder Kühleinrichtung undicht wird. Deshalb muss darauf geachtet werden, dass der Tankinhalt und das Wärmeübertragungsmittel chemisch miteinander kompatibel sind. Es kann notwendig werden, das Wärmeübertragungsmittel (z. B. Wasserdampf) abzuführen.

#### **4.2.5.6 Systeme zur Abluftbehandlung**

Falls Gas aus einem Tank für eine weitere Behandlung oder für die Entsorgung in ein geeignetes Sammelsystem überführt wird, kann dieses System ausfallen. Ein solcher Ausfall muss bewertet werden. Fehlerzustände mit Einfluss auf die Sicherheit des Tanks können umfassen:

- Probleme im Rohrleitungssystem (mit Flüssigkeit gefüllte Taschen und Absetzen von Feststoffen) die einen Gegendruck entstehen lassen,
- Störungen anderer Einrichtungen für die Be- und Entlüftung des flüssigkeitsfreien Tankraums, oder
- Blockierung durch Ausfall von Einrichtungen.

Sofern geeignet, kann ein Notentlüftungssystem eingesetzt werden, das bei einem Druck oberhalb des Eingangsdrucks der Abluftbehandlungsanlage in die Atmosphäre entlüftet.

#### **4.2.5.7 Ausfall von Hilfs- und Betriebsstoffen**

Örtlich begrenzte und auf die gesamte Anlage ausgedehnte Ausfälle der Energiezufuhr sowie von Hilfs- und Betriebsstoffen müssen als mögliche Ursachen für Über- oder Unterdruck betrachtet werden. Ein Stromausfall beeinflusst alle mit elektrischem Antrieb versehen Ventile oder Steuerungen unmittelbar und kann auch die Luftzuführung zu den Instrumenten unterbrechen. Er kann auch zu Verlust von Kühl- und Heizmitteln führen.

#### **4.2.5.8 Temperaturänderung im Eingangsstrom zu einem Tank**

Eine Veränderung der Temperatur des in einen Tank einströmenden Produkts, die durch einen Ausfall der Kühlung oder eine Zunahme des Wärmeeintrags hervorgerufen wurde, kann einen Überdruck im Tank verursachen. Ein Eingangsstrom mit geringerer Temperatur kann zu Kondensation oder Kontraktion des Gases und somit zu einem Unterdruck führen.

#### **4.2.5.9 Chemische Reaktionen**

Die Inhalte einiger Tanks können chemischen Reaktionen ausgesetzt sein, bei denen Wärme und/oder Gas entstehen. Zu den Beispielen für chemische Reaktionen gehören die unbeabsichtigte Zugabe von Wasser zu einer Säure oder in Abfallsäure tanks, wobei Gas entsteht und/oder leichte Kohlenwasserstoffe verdampfen oder durchgehende Reaktionen, die in Tanks mit Cumol-Hydroperoxid auftreten usw. In einigen Fällen kann eine Schaumbildung stattfinden, so dass die Abführung von zwei Phasen notwendig wird.

Zur Bewertung dieser Fälle kann die vom Design Institute for Emergency Relief (DIERS), vom American Institute of Chemical Engineers (AIChE) oder von der DIERS-Gruppe in Europa entwickelte Technik angewendet werden.

#### **4.2.5.10 Schutz vor Überfüllung mit Flüssigkeit**

Für Angaben zum Überfüllschutz beim Befüllen eines Tanks mit einer Flüssigkeit siehe API Std 2510, API RP 2350 und EN 13616. Das Überfüllen mit einer Flüssigkeit muss durch Vorsehen von Schutzeinrichtungen und/oder wirksamen Eingreifmaßnahmen durch die Bedienperson verhindert werden.

#### **4.2.5.11 Änderungen des atmosphärischen Drucks**

Ein Anstieg oder Abfall des atmosphärischen Drucks ist eine mögliche Ursache für Unter- oder Überdruck in einem Tank. Dies sollte bei Lagertanks mit Kühlung berücksichtigt werden (siehe 5.2.1.2).

#### 4.2.5.12 Ausfall eines Steuerventils

Ein fehlerhaft geöffnetes oder geschlossenes Regelventil führt zu einem Ungleichgewicht der Massen- und Energieströme und ist daher hinsichtlich eines möglichen Über- oder Unterdrucks zu betrachten. Beispielsweise muss der Ausfall eines Regelventils in einer Flüssigkeitsleitung zu einem Tank in Erwägung gezogen werden, weil dadurch eine Überlastung des Wärmetauschers möglich ist, wodurch wiederum ein heißes Produkt in den Tank eingebracht wird. Ein Ausfall eines Steuerventils kann auch bewirken, dass der Flüssigkeitsfüllstand in einem Druckbehälter bei Zuführung einer Flüssigkeit in den Tank auf einen Stand unterhalb des Auslassstutzens des Behälters fällt, so dass Dampf mit hohem Druck in den Tank gelangen kann (siehe 4.2.5.2).

#### 4.2.5.13 Ausblasen mit Dampf

Wird ein nicht gedämmter Tank mit Dampf ausgeblasen, so kann die Kondensationsgeschwindigkeit, die durch Umgebungskühlung bedingt ist, die in dieser Internationalen Norm festgelegten Lüftungsraten überschreiten. Maßnahmen wie der Einsatz großer Lüftungsöffnungen (Mannloch), die Regelung der Kühlrate oder das Hinzufügen von nicht kondensierendem Gas wie Luft oder Stickstoff sind oft erforderlich, um einen zu hohen inneren Unterdruck zu verhindern.

#### 4.2.5.14 Hohe Temperaturen in Tanks ohne Dämmung

Bei nicht gedämmten Tanks mit außergewöhnlich hohen Gasraumtemperaturen können die in dieser Internationalen Norm festgelegten Anforderungen an die thermische Belüftung bei Starkregen überschritten werden. Durch die Gaskontraktion kann ein übermäßig hoher Unterdruck erzeugt werden. Für Tanks ohne Dämmung mit Gasraumtemperaturen über 48,9 °C (120 °F) wird eine ingenieurtechnische Klärung empfohlen.

#### 4.2.5.15 Innere Explosion/Deflagration

Der Tankinhalt kann sich entzünden und eine innere Deflagration verursachen, wobei Überdrücke schneller entstehen, als Be- und Entlüftungseinrichtungen diese abbauen können. Zu Explosionsdruckentlastung siehe NFPA 68 und EN 13237. Zu Inertisierung siehe Anhang F.

#### 4.2.5.16 Mischen von Produkten unterschiedlicher Zusammensetzung

Das Einbringen von Stoffen, die flüchtiger sind als die gewöhnlich gelagerten Stoffe, ist durch Störungen der vorgelagerten Prozesse oder menschliches Versagen möglich. Dies kann zu Überdruck führen.

### 4.3 Ermittlung der Lüftungsanforderungen

#### 4.3.1 Allgemeines

Es ist notwendig, die Lüftungsanforderungen für jede zutreffende Ursache für die Entstehung von Über- und Unterdruck, in Anlehnung an die unter 4.2 beschriebenen Ursachen, als Bemessungsgrundlage zu ermitteln, um die Be- und Entlüftungssysteme oder andere geeignete Schutzsysteme auszulegen. Zur Unterstützung dieser quantitativen Ermittlung enthält die vorliegende Internationale Norm detaillierte Berechnungsleitlinien für die folgenden allgemein üblichen Bedingungen:

- a) normale Belüftung, resultierend aus der maximalen Durchflussrate der aus dem Tank ausströmenden Flüssigkeit (Auswirkungen der Umfüllung einer Flüssigkeit);
- b) normale Belüftung, resultierend aus der Kontraktion oder Kondensation von Gas und aus der maximalen Abnahme der Gastemperatur im Gasraum (thermische Auswirkungen);
- c) normale Entlüftung, resultierend aus der maximalen Durchflussrate der in den Tank einströmenden Flüssigkeit und die dadurch verursachte maximale Verdampfung (Auswirkungen der Umfüllung einer Flüssigkeit);

- d) normale Entlüftung, resultierend aus der Ausdehnung und Verdampfung, die sich aus dem maximalen Temperaturanstieg im Gasraum ergibt (thermische Auswirkungen);
- e) Not-Entlüftung, resultierend aus einer Brandeinwirkung.

Bei der Ermittlung der Lüftungsanforderungen ist die höchste Anforderung im Einzelfall oder eine Anforderung basierend auf begründeter und wahrscheinlicher Kombination von Fällen als Bemessungsgrundlage zu betrachten. Bei der Bestimmung der normalen Gesamtblüftung oder Gesamtentlüftung ist mindestens die Kombination aus Auswirkungen der Umfüllung einer Flüssigkeit und aus thermischen Auswirkungen zu berücksichtigen.

Mit Ausnahme von Lagertanks mit Kühlung ist die übliche Vorgehensweise bei der Bestimmung der Anforderungen an Be- und Entlüftungssysteme die ausschließliche Betrachtung der normalen Gesamtblüftung. Das heißt, dass Belüftungsvorgänge wegen anderer, in 4.2.5 beschriebener, Bedingungen gewöhnlich nicht als mit der üblichen Belüftung zusammenfallend betrachtet werden. Dies wird als sinnvolle Vorgehensweise angesehen, da es sich bei der thermischen Belüftung um eine kurzzeitig vorliegende Bedingung mit starker Belastung handelt.

Bei der Gesamtentlüftung sind die in 4.2.5 beschriebenen Bedingungen zu beachten und es ist zu ermitteln, ob diese mit den normalen Entlüftungsströmen zusammenfallen.

### 4.3.2 Berechnung der maximalen Volumenströme für normale Be- und Entlüftung

#### 4.3.2.1 Allgemeines

Das Verfahren nach 4.3.2.1 beruht auf technischen Berechnungen. Die Annahmen, auf denen dieses Berechnungsverfahren beruht, sind Anhang E zu entnehmen. Detailliertere Erläuterungen zu diesem Modell sind in Verweis [21] und [22] angegeben.

Ein alternatives Verfahren zur Berechnung der üblichen Be- und Entlüftungsströme ist Anhang A zu entnehmen. Dieses alternative Verfahren darf für Tanks/Ausrüstungen angewendet werden, die den eingeschränkten Bedingungen nach Anhang A entsprechen.

Das jeweils angewendete Berechnungsverfahren ist zu dokumentieren.

Die in dieser Internationalen Norm angegebenen Anforderungen an Be- und Entlüftungssysteme gelten für Luft unter Norm- oder Normalbedingungen. Bei beheizten (gedämmten) oder druckbeaufschlagten Tanks oberhalb 6,9 kPa (1 psi) muss der Anwender die Anforderungen an Be- und Entlüftungssysteme entsprechend auf Norm- oder Normalbedingungen korrigieren.

#### 4.3.2.2 Volumenströme beim Befüllen und Entleeren mit Flüssigkeit

##### 4.3.2.2.1 Entlüftung

Der Volumenstrom für Entlüftung ist wie folgt zu ermitteln:

- a) Der Volumenstrom beim Entlüften,  $\dot{V}_{op}$ , angegeben in den SI-Einheiten Kubikmeter Luft je Stunde, ist bei Produkten, die unterhalb 40 °C gelagert werden oder solchen mit einem Dampfdruck von weniger als 5,0 kPa, nach Gleichung (1) zu berechnen:

$$\dot{V}_{op} = \dot{V}_{pf} \quad (1)$$

Dabei ist

$\dot{V}_{pf}$  die maximale volumetrische Füllrate, in Kubikmeter Flüssigkeit je Stunde.

Der Volumenstrom beim Entlüften,  $\dot{V}_{op}$ ; angegeben in den USC-Einheiten Kubikfuß Luft je Stunde, ist bei Produkten, die unterhalb 104 °F gelagert werden oder solchen mit einem Dampfdruck von weniger als 0,73 psi, nach Gleichung (2) zu berechnen:

$$\dot{V}_{op} = 8,02 \cdot \dot{V}_{pf} \quad (2)$$

Dabei ist

$\dot{V}_{pf}$  die maximale volumetrische Füllrate, in US-Gallonen Flüssigkeit je Minute.

- b) Bei Produkten, die in erhöhtem Umfang flüchtige Bestandteile oder gelöste Gase enthalten (z. B. mit Methan angereichertes Erdöl) ist die Ausgasung zu berechnen und die Anforderungen an die Entlüftung sind entsprechend zu erhöhen.
- c) Bei Produkten, die oberhalb 40 °C (104 °F) oder bei einem Dampfdruck von mehr als 5,0 kPa (0,73 psi) gelagert werden, ist die Entlüftung um die Verdampfungsrate zu erhöhen.

#### 4.3.2.2.2 Belüftung

Der Belüftungsvolumenstrom  $\dot{V}_{ip}$ , angegeben in den SI-Einheiten Kubikmeter Luft je Stunde, muss der festgelegten maximalen Entleerungsrate des Tanks, wie in Gleichung (3) angegeben, entsprechen.

$$\dot{V}_{ip} = \dot{V}_{pe} \quad (3)$$

Dabei ist

$\dot{V}_{pe}$  die maximale Entleerungsrate der Flüssigkeit in Kubikmeter Flüssigkeit je Stunde

Der Belüftungsvolumenstrom  $\dot{V}_{ip}$ , angegeben in den USC-Einheiten Kubikfuß Luft je Stunde, ist nach Gleichung (4) zu berechnen;

$$\dot{V}_{ip} = 8,02 \cdot \dot{V}_{pe} \quad (4)$$

Dabei ist

$\dot{V}_{pe}$  die maximale Entleerungsrate der Flüssigkeit in US-Gallonen Flüssigkeit je Minute.

#### 4.3.2.3 Thermische Be- und Entlüftung

##### 4.3.2.3.1 Allgemeines

Thermische Be- und Entlüftung aufgrund atmosphärischer Erwärmung oder Kühlung der Außenflächen des Tankmantels und -daches sind zu berücksichtigen.

##### 4.3.2.3.2 Thermische Entlüftung

Der durch Erwärmung bedingte Volumenstrom  $\dot{V}_{OT}$ , angegeben in den SI-Einheiten Normkubikmeter Luft je Stunde, ist nach Gleichung (5) zu berechnen.

$$\dot{V}_{OT} = Y \cdot V_{tk}^{0,9} \cdot R_i \quad (5)$$

Dabei ist

- $Y$  der Faktor für den Breitengrad (siehe Tabelle 1);
- $V_{tk}$  das Tankvolumen in Kubikmeter;
- $R_i$  der Minderungsfaktor für Isolation {  $R_i = 1$  ohne Isolierung;  $R_i = R_{inp}$  für teilisolierte Tanks [siehe Gleichung (10)];  $R_i = R_{in}$  für vollständig isolierte Tanks [siehe Gleichung (9)]}.

Der durch Erwärmung bedingte Volumenstrom  $\dot{V}_{OT}$ , angegeben in den USC-Einheiten Normkubikfuß Luft je Stunde, ist entsprechend Gleichung (6) zu berechnen.

$$\dot{V}_{OT} = 1,51 \cdot Y \cdot V_{tk}^{0,9} \cdot R_i \quad (6)$$

Dabei ist

- $Y$  der Faktor für den Breitengrad (siehe Tabelle 1);
- $V_{tk}$  das Tankvolumen in Kubikfuß;
- $R_i$  der Minderungsfaktor für Isolation {  $R_i = 1$  ohne Isolierung;  $R_i = R_{inp}$  für teilisolierte Tanks [siehe Gleichung (10)];  $R_i = R_{in}$  für vollständig isolierte Tanks [siehe Gleichung (9)]}.

Der  $Y$ -Faktor für den Breitengrad in Gleichung (5) und (6) kann Tabelle 1 entnommen werden.

**Tabelle 1 —  $Y$ -Faktor für unterschiedliche Breitengrade**

| Breitengrad            | $Y$ -Faktor |
|------------------------|-------------|
| kleiner als 42 °       | 0,32        |
| zwischen 42 ° und 58 ° | 0,25        |
| größer als 58 °        | 0,2         |

#### 4.3.2.3.3 Thermische Belüftung

Der maximale thermische Volumenstrom bei Abkühlung  $\dot{V}_{iT}$ , angegeben in den SI-Einheiten Normkubikmeter Luft je Stunde, ist entsprechend Gleichung (7) zu berechnen.

$$\dot{V}_{iT} = C \cdot V_{tk}^{0,7} \cdot R_i \quad (7)$$

Dabei ist

- $C$  ein Faktor, der vom Dampfdruck, der mittleren Lagertemperatur sowie dem Breitengrad abhängig ist (siehe Tabelle 2);
- $V_{tk}$  das Tankvolumen in Kubikmeter;
- $R_i$  der Minderungsfaktor nach Gleichung (5).

Der maximale thermische Volumenstrom bei Abkühlung  $\dot{V}_{IT}$ , angegeben in den USC-Einheiten Normkubikfuß Luft je Stunde, ist nach Gleichung (8) zu berechnen.

$$\dot{V}_{IT} = 3,08 \cdot C \cdot V_{tk}^{0,7} \cdot R_i \quad (8)$$

Dabei ist

$C$  ein Faktor, der vom Dampfdruck, der mittleren Lagertemperatur sowie dem Breitengrad abhängig ist (siehe Tabelle 2);

$V_{tk}$  das Tankvolumen in Kubikfuß.

$R_i$  der Minderungsfaktor nach Gleichung (5).

**Tabelle 2 — C-Faktoren**

| Breitengrad            | C-Faktor für verschiedene Bedingungen |      |                                        |      |
|------------------------|---------------------------------------|------|----------------------------------------|------|
|                        | Dampfdruck                            |      |                                        |      |
|                        | Hexan oder ähnlich                    |      | Höher als bei Hexan,<br>oder unbekannt |      |
|                        | Mittlere Lagertemperatur<br>°C        |      |                                        |      |
|                        | < 25                                  | ≥ 25 | < 25                                   | ≥ 25 |
| Kleiner als 42 °       | 4                                     | 6,5  | 6,5                                    | 6,5  |
| Zwischen 42 ° und 58 ° | 3                                     | 5    | 5                                      | 5    |
| Größer als 58 °        | 2,5                                   | 4    | 4                                      | 4    |

#### 4.3.2.4 Minderungsfaktor für Tanks mit Dämmung

Der thermische Volumenstrom bei Erwärmung (thermische Entlüftung) oder Abkühlung (thermische Belüftung) wird durch Wärmedämmung verringert und ist von den Eigenschaften und der Dicke der Dämmung abhängig.

Bei einem vollständig gedämmten Tank ist der Minderungsfaktor  $R_{in}$  nach Gleichung (9) zu berechnen.

$$R_{in} = \frac{1}{1 + \frac{h \cdot l_{in}}{\lambda_{in}}} \quad (9)$$

Dabei ist

$h$  der innere Wärmedurchgangskoeffizient in Watt je Quadratmeter mal Kelvin;

ANMERKUNG Für typische Tanks wird üblicherweise ein innerer Wärmedurchgangskoeffizient von 4 W/(m<sup>2</sup>·K) [0,7 Btu/(h·ft<sup>2</sup>·°F)] angenommen.

$l_{in}$  die Wanddicke der Dämmung in Meter;

$\lambda_{in}$  die Wärmeleitfähigkeit der Dämmung in Watt je Meter mal Kelvin.

**BEISPIEL** Bei einer Dämmung mit einer Dicke von  $L_{in} = 0,1$  m, einer Wärmeleitfähigkeit von  $\lambda_{in} = 0,05$  W/(m·K) und einem Wärmedurchgangskoeffizienten von  $h = 4$  W/(m<sup>2</sup>·K), beträgt der Minderungsfaktor  $R_{in} = 0,11$ . Dann beträgt die Entlüftungsrate des gedämmten Tanks das 0,11-fache der Entlüftungsrate des ungedämmten Tanks.

Bei einem teilweise gedämmten Tank ist der Minderungsfaktor  $R_{inp}$  nach Gleichung (10) zu berechnen.

$$R_{inp} = \frac{A_{inp}}{A_{TTS}} \cdot R_{in} + \left(1 - \frac{A_{inp}}{A_{TTS}}\right) \quad (10)$$

Dabei ist

$A_{TTS}$  die Gesamtoberfläche des Tanks (Mantel und Dach) in Quadratmeter (Quadratfuß);

$A_{inp}$  die gedämmte Oberfläche des Tanks in Quadratmeter (Quadratfuß).

### 4.3.3 Anforderungen an die Notentlüftungsrate für Tanks unter Brandeinwirkung

#### 4.3.3.1 Allgemeines

Wenn Lagertanks einem Brand ausgesetzt sind, kann die Entlüftungsrate die Werte bei normalem Entlüften überschreiten.

#### 4.3.3.2 Tanks mit Dachreißnaht

An einem Festdachtank, bei dem die Befestigung von Dach/Mantel wie z. B. nach API Std 650 mittels Reißnaht erfolgt, versagt vor allen anderen Schweißstellen die Naht zwischen Dach/Mantel, wodurch der überschüssige Druck sicher abgebaut wird, wenn sich die übliche Entlüftungsleistung als unzureichend erweisen sollte. Bei einem nach diesen Spezifikationen gebauten Tank brauchen zusätzliche Anforderungen zur Notentlüftung nicht berücksichtigt zu werden; es dürfen jedoch zusätzliche Notentlüftungseinrichtungen eingesetzt werden, um ein Versagen der Reißnaht zu verhindern. Es sollte sichergestellt werden, dass die geltenden Anforderungen an eine Dachreißnaht erfüllt werden, insbesondere bei Tanks mit geringerem Durchmesser als 15 m (50 ft).

#### 4.3.3.3 Entlüftungsanforderungen unter Brandeinwirkung

**4.3.3.3.1** Wenn ein Tank nicht mit einer Dachreißnaht nach 4.3.3.2 versehen ist, gilt zur Bewertung der erforderlichen Entlüftungsleistung bei Brandeinwirkung das Verfahren nach 4.3.3.3.2 bis einschließlich 4.3.3.3.7.

**4.3.3.3.2** Die erforderliche Entlüftungsrate  $q$  für Tanks die einem Brand ausgesetzt sind, angegeben in den SI-Einheiten Normkubikmeter Luft je Stunde, ist nach Gleichung (11) zu berechnen:

$$q = 906,6 \cdot \frac{Q \cdot F}{L} \cdot \left(\frac{T}{M}\right)^{0,5} \quad (11)$$

Dabei ist

$Q$  der durch die Brandeinwirkung verursachte Wärmeeintrag nach Tabelle 3 in Watt;

$F$  der Umweltfaktor nach Tabelle 9 (es darf nur ein Umweltfaktor angewendet werden);

$L$  die latente Verdampfungswärme der gelagerten Flüssigkeit bei Entlastungsdruck und -temperatur in Joule je Kilogramm;

$T$  die absolute Temperatur des abgeführten Gases in Kelvin;

**ANMERKUNG** Üblicherweise wird angenommen, dass die Temperatur des abgeführten Gases dem Siedepunkt der gelagerten Flüssigkeit beim Entlastungsdruck entspricht.

$M$  die relative molare Masse des Gases.

Die erforderliche Entlüftungsrate  $q$  für Tanks die einem Brand ausgesetzt sind, angegeben in den USC-Einheiten Normkubikfuß Luft je Stunde, ist nach Gleichung (12) zu berechnen:

$$q = 3,091 \cdot \frac{Q \cdot F}{L} \cdot \left( \frac{T}{M} \right)^{0,5} \quad (12)$$

Dabei ist

$Q$  der durch die Brandeinwirkung verursachte Wärmeeintrag nach Tabelle 4 in British thermal units je Stunde;

$F$  der Umweltfaktor nach Tabelle 9 (es darf nur ein Umweltfaktor angewendet werden);

$L$  die latente Verdampfungswärme der gelagerten Flüssigkeit bei Entlastungsdruck und -temperatur in British thermal units je Pfund;

$T$  die absolute Temperatur des abgeführten Gases in Grad Rankine;

ANMERKUNG Üblicherweise wird angenommen, dass die Temperatur des abgeführten Gases dem Siedepunkt der gelagerten Flüssigkeit bei den Entlastungsbedingungen im Tank entspricht.

$M$  die relative molare Masse des Gases.

**Tabelle 3 — Wärmeeintrag,  $Q$   
(in SI-Einheiten)**

| Benetzte Fläche<br>$A_{TWS}$<br>m <sup>2</sup> | Auslegungsdruck<br>kPa (Überdruck) | Wärmeeintrag<br>$Q$<br>W        |
|------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| < 18,6                                         | ≤ 103,4                            | 63 150 $A_{TWS}$                |
| ≥ 18,6 und < 93                                | ≤ 103,4                            | 224 200 × ( $A_{TWS}^{0,566}$ ) |
| ≥ 93 und < 260                                 | ≤ 103,4                            | 630 400 × ( $A_{TWS}^{0,338}$ ) |
| ≥ 260                                          | > 7 und ≤ 103,4                    | 43 200 × ( $A_{TWS}^{0,82}$ )   |
| ≥ 260                                          | ≤ 7                                | 4 129 700                       |

**Tabelle 4 — Wärmeeintrag  $Q$   
(in USC-Einheiten)**

| Benetzte Fläche<br>$A_{TWS}$<br>ft <sup>2</sup> | Auslegungsdruck<br>psig | Wärmeeintrag,<br>$Q$<br>Btu/h   |
|-------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| < 200                                           | ≤ 15                    | 20 000 $A_{TWS}$                |
| ≥ 200 und < 1 000                               | ≤ 15                    | 199 300 × ( $A_{TWS}^{0,566}$ ) |
| ≥ 1 000 und < 2 800                             | ≤ 15                    | 963 400 × ( $A_{TWS}^{0,338}$ ) |
| ≥ 2 800                                         | > 1 und ≤ 15            | 21 000 × ( $A_{TWS}^{0,82}$ )   |
| ≥ 2 800                                         | ≤ 1                     | 14 090 000                      |

**4.3.3.3.3** Gleichen die Eigenschaften des Mediums denen von Hexan, kann die erforderliche Entlüftungsleistung nach Tabelle 5 oder Tabelle 6 bestimmt werden.

**Tabelle 5 —Entlüftungsleistung  
(in SI-Einheiten)**

| Benetzte Fläche<br>$A_{TWS}^a$<br>m <sup>2</sup> | Auslegungsdruck<br>kPa (Überdruck) | Erforderliche<br>Entlüftungsleistung<br>Nm <sup>3</sup> /h Luft |
|--------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| < 260                                            | ≤ 103,4                            | Siehe Tabelle 7 und 4.3.3.3.4                                   |
| ≥ 260                                            | ≤ 7                                | 19 910 (siehe 4.3.3.3.4)                                        |
| ≥ 260                                            | > 7 und ≤ 103,4                    | Gleichung (13) <sup>b</sup>                                     |

<sup>a</sup> Die benetzte Fläche eines Tanks oder Lagerbehälters muss folgendermaßen berechnet werden:

- Für Kugeln und Sphäroide beträgt die benetzte Fläche 55 % der Gesamtoberfläche oder sie ist die Oberfläche bis zu einer Höhe von 9,14 m über dem Planum, wobei der jeweils größere Wert gilt.
- Für liegende Tanks beträgt die benetzte Fläche 75 % der Gesamtoberfläche oder sie ist die Oberfläche bis zu einer Höhe von 9,14 m über dem Planum, wobei der jeweils größere Wert gilt.
- Für stehende Tanks ist die benetzte Fläche gleich der Gesamtoberfläche des stehenden Mantels bis in eine Höhe von 9,14 m über dem Planum. Für einen stehenden Tank, der auf dem Boden aufgestellt ist, wird die Fläche der Grundplatten nicht in die benetzte Fläche einbezogen. Für einen stehenden Tank, der über dem Planum aufgelagert ist, wird ein Anteil seiner Unterfläche in die benetzte Fläche einbezogen. Der Anteil der Unterfläche, der einem Brand ausgesetzt ist, hängt von Durchmesser und Höhe des Tanks über dem Planum ab. Zur Bewertung des Anteils der einem Brand ausgesetzten Fläche ist eine technische Beurteilung durchzuführen.

<sup>b</sup> Die erforderliche Entlüftungsleistung  $q$ , angegeben in den SI-Einheiten Normkubikmeter Luft je Stunde, wie in Gleichung (13), basiert auf der insgesamt aufgenommenen Wärme  $Q$  in Watt,  $Q = 43\,200 A_{TWS}^{0,82}$  [siehe Gleichung (B.7)]:

$$q = 208,2 F \cdot A_{TWS}^{0,82} \quad (13)$$

Dabei ist

- $F$  der Umweltfaktor nach Tabelle 9 (es darf nur ein Umweltfaktor angewendet werden);
- $A_{TWS}$  die benetzte Fläche in Quadratmeter.

Die gesamte absorbierte Wärme  $Q$  wird in Gleichung (13) in Watt eingesetzt. Tabelle 7 und die Konstante 208,2 in Gleichung (13) wurden aus Gleichung (11) und Bild B.1 mit Hilfe der latenten Verdampfungswärme von Hexan (334 900 J/kg) bei atmosphärischem Druck und der relativen molaren Masse von Hexan (86,17) unter der Annahme einer Gastemperatur von 15,6 °C abgeleitet. Dieses Verfahren liefert für viele Medien mit ähnlichen Eigenschaften Ergebnisse mit akzeptabler Genauigkeit (siehe Anhang B).

**Tabelle 6 — Entlüftungsleistung  
(in USC-Einheiten)**

| Benetzte Fläche<br>$A_{TWS}^a$<br>ft <sup>2</sup> | Auslegungsdruck<br>psig | Erforderliche<br>Entlüftungsleistung<br>SCFH Luft |
|---------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------|
| < 2 800                                           | ≤ 15                    | Siehe Tabelle 8 und 4.3.3.3.4                     |
| ≥ 2 800                                           | ≤ 1                     | 742 000 (siehe 4.3.3.3.4)                         |
| ≥ 2 800                                           | > 1 und ≥ 15            | Gleichung (14) <sup>b</sup>                       |

<sup>a</sup> Die benetzte Fläche eines Tanks oder Lagerbehälters muss folgendermaßen berechnet werden:

- Für Kugeln und Sphäroide beträgt die benetzte Fläche 55 % der Gesamtoberfläche oder sie ist die Oberfläche bis zu einer Höhe von 30 ft über dem Planum, wobei der jeweils größere Wert gilt.
- Für liegende Tanks beträgt die benetzte Fläche 75 % der Gesamtoberfläche oder sie ist die Oberfläche bis zu einer Höhe von 30 ft über dem Planum, wobei der jeweils größere Wert gilt.
- Für stehende Tanks ist die benetzte Fläche gleich der Gesamtoberfläche des stehenden Mantels bis in eine Höhe von 30 ft über dem Planum. Für einen stehenden Tank, der auf dem Boden aufgestellt ist, wird die Fläche der Grundplatten nicht in die benetzte Fläche einbezogen. Für einen stehenden Tank, der über dem Planum aufgelagert ist, wird ein Anteil seiner Unterfläche in die benetzte Fläche einbezogen. Der Anteil der Unterfläche, der einem Brand ausgesetzt ist, hängt von Durchmesser und Höhe des Tanks über dem Planum ab. Zur Bewertung des Anteils der einem Brand ausgesetzten Fläche ist eine technische Beurteilung durchzuführen.

<sup>b</sup> Die erforderliche Entlüftungsleistung  $q$ , angegeben in den USC-Einheiten Normkubikfuß Luft je Stunde, wie in Gleichung (14), basiert auf der insgesamt aufgenommenen Wärme  $Q$  in British thermal units je Stunde,  $Q = 21\,000 A_{TWS}^{0,82}$  [siehe Gleichung (B.8)]:

$$q = 1\,107 F \cdot A_{TWS}^{0,82} \quad (14)$$

Dabei ist

$F$  der Umweltfaktor nach Tabelle 9 (es darf nur ein Umweltfaktor angewendet werden);

$A_{TWS}$  die benetzte Fläche in Quadratfuß.

Die gesamte absorbierte Wärme,  $Q$ , wird in Gleichung (14) in Btu/h eingesetzt. Tabelle 8 und die Konstante 1 107 in Gleichung (14) wurden aus Gleichung (12) und Bild B.2 mit Hilfe der latenten Verdampfungswärme von Hexan (144 Btu/lb) bei atmosphärischem Druck und der relativen molaren Masse von Hexan (86,17) unter der Annahme einer Gastemperatur von 60 °F abgeleitet. Dieses Verfahren liefert für viele Medien mit ähnlichen Eigenschaften Ergebnisse mit akzeptabler Genauigkeit (siehe Anhang B).

**Tabelle 7 — Erforderliche Notentlüftung bei Brandeinwirkung in Abhängigkeit der benetzten Fläche (in SI-Einheiten)**

| Benetzte Fläche <sup>a</sup><br>m <sup>2</sup> | Erforderliche<br>Entlüftungsleistung<br>Nm <sup>3</sup> /h |  | Benetzte Fläche <sup>a</sup><br>m <sup>2</sup> | Erforderliche<br>Entlüftungsleistung<br>Nm <sup>3</sup> /h |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 2                                              | 608                                                        |  | 35                                             | 8 086                                                      |
| 3                                              | 913                                                        |  | 40                                             | 8 721                                                      |
| 4                                              | 1 217                                                      |  | 45                                             | 9 322                                                      |
| 5                                              | 1 521                                                      |  | 50                                             | 9 895                                                      |
| 6                                              | 1 825                                                      |  | 60                                             | 10 971                                                     |
| 7                                              | 2 130                                                      |  | 70                                             | 11 971                                                     |
| 8                                              | 2 434                                                      |  | 80                                             | 12 911                                                     |
| 9                                              | 2 738                                                      |  | 90                                             | 13 801                                                     |
| 11                                             | 3 347                                                      |  | 110                                            | 15 461                                                     |
| 13                                             | 3 955                                                      |  | 130                                            | 15 751                                                     |
| 15                                             | 4 563                                                      |  | 150                                            | 16 532                                                     |
| 17                                             | 5 172                                                      |  | 175                                            | 17 416                                                     |
| 19                                             | 5 780                                                      |  | 200                                            | 18 220                                                     |
| 22                                             | 6 217                                                      |  | 230                                            | 19 102                                                     |
| 25                                             | 6 684                                                      |  | 260                                            | 19 910                                                     |
| 30                                             | 7 411                                                      |  | > 260 <sup>b</sup>                             | —                                                          |

- <sup>a</sup> Die benetzte Fläche eines Tanks oder Lagerbehälters muss folgendermaßen berechnet werden:
- Für Kugeln und Sphäroide beträgt die benetzte Fläche 55 % der Gesamtoberfläche oder sie ist die Oberfläche bis zu einer Höhe von 9,14 m über dem Planum, wobei der jeweils größere Wert gilt.
  - Für liegende Tanks beträgt die benetzte Fläche 75 % der Gesamtoberfläche oder sie ist die Oberfläche bis zu einer Höhe von 9,14 m über dem Planum, wobei der jeweils größere Wert gilt.
  - Für stehende Tanks ist die benetzte Fläche gleich der Gesamtoberfläche des stehenden Mantels bis in eine Höhe von 9,14 m über dem Planum. Für einen stehenden Tank, der auf dem Boden aufgestellt ist, wird die Fläche der Grundplatten nicht in die benetzte Fläche einbezogen. Für einen stehenden Tank, der über dem Planum aufgelagert ist, wird ein Anteil seiner Unterfläche in die benetzte Fläche einbezogen. Der Anteil der Unterfläche, der einem Brand ausgesetzt ist, hängt von Durchmesser und Höhe des Tanks über dem Planum ab. Zur Bewertung des Anteils der einem Brand ausgesetzten Fläche ist eine technische Beurteilung durchzuführen.

<sup>b</sup> Für benetzte Flächen von mehr als 260 m<sup>2</sup> siehe Tabelle 5.

**ANMERKUNG** Diese Tabelle und die Konstante 208,2 in Gleichung (13) wurde aus Gleichung (11) und Bild B.1 unter Anwendung der latenten Verdampfungswärme von Hexan (334 900 J/kg) bei atmosphärischem Druck und der relativen molaren Masse von Hexan (86,17) unter der Annahme einer Gastemperatur von 15,6 °C abgeleitet. Dieses Verfahren liefert für viele Medien mit ähnlichen Eigenschaften Ergebnisse mit akzeptabler Genauigkeit (siehe Anhang B).

**Tabelle 8 — Erforderliche Notentlüftung bei Brandeinwirkung in Abhängigkeit der benetzten Fläche (in USC-Einheiten)**

| Benetzte Fläche <sup>a</sup><br>ft <sup>2</sup> | Erforderliche<br>Entlüftungsleistung<br>SCFH |  | Benetzte Fläche <sup>a</sup><br>ft <sup>2</sup> | Erforderliche<br>Entlüftungsleistung<br>SCFH |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|--|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 20                                              | 21 100                                       |  | 350                                             | 288 000                                      |
| 30                                              | 31 600                                       |  | 400                                             | 312 000                                      |
| 40                                              | 42 100                                       |  | 500                                             | 354 000                                      |
| 50                                              | 52 700                                       |  | 600                                             | 392 000                                      |
| 60                                              | 63 200                                       |  | 700                                             | 428 000                                      |
| 70                                              | 73 700                                       |  | 800                                             | 462 000                                      |
| 80                                              | 84 200                                       |  | 900                                             | 493 000                                      |
| 90                                              | 94 800                                       |  | 1 000                                           | 524 000                                      |
| 100                                             | 105 000                                      |  | 1 200                                           | 557 000                                      |
| 120                                             | 126 000                                      |  | 1 400                                           | 587 000                                      |
| 140                                             | 147 000                                      |  | 1 600                                           | 614 000                                      |
| 160                                             | 168 000                                      |  | 1 800                                           | 639 000                                      |
| 180                                             | 190 000                                      |  | 2 000                                           | 662 000                                      |
| 200                                             | 211 000                                      |  | 2 400                                           | 704 000                                      |
| 250                                             | 239 000                                      |  | 2 800                                           | 742 000                                      |
| 300                                             | 265 000                                      |  | >2 800 <sup>b</sup>                             | —                                            |

- <sup>a</sup> Die benetzte Fläche eines Tanks oder Lagerbehälters muss folgendermaßen berechnet werden:
- Für Kugeln und Sphäroide beträgt die benetzte Fläche 55 % der Gesamtoberfläche oder sie ist die Oberfläche bis zu einer Höhe von 30 ft über dem Planum, wobei der jeweils größere Wert gilt.
  - Für liegende Tanks beträgt die benetzte Fläche 75 % der Gesamtoberfläche oder sie ist die Oberfläche bis zu einer Höhe von 30 ft über dem Planum, wobei der jeweils größere Wert gilt.
  - Für stehende Tanks ist die benetzte Fläche gleich der Gesamtoberfläche des stehenden Mantels bis in eine Höhe von 30 ft über dem Planum. Für einen stehenden Tank, der auf dem Boden aufgestellt ist, wird die Fläche der Grundplatten nicht in die benetzte Fläche einbezogen. Für einen stehenden Tank, der über dem Planum aufgelagert ist, wird ein Anteil seiner Unterfläche in die benetzte Fläche einbezogen. Der Anteil der Unterfläche, der einem Brand ausgesetzt ist, hängt von Durchmesser und Höhe des Tanks über dem Planum ab. Zur Bewertung des Anteils der einem Brand ausgesetzten Fläche ist eine technische Beurteilung durchzuführen.
- <sup>b</sup> Für benetzte Flächen von mehr als 2 800 ft<sup>2</sup> siehe Tabelle 6.
- ANMERKUNG** Diese Tabelle und die Konstante 1 107 in Gleichung (12) wurden aus Gleichung (12) und Bild B.1 mit Hilfe der latenten Verdampfungswärme von Hexan (144 Btu/lb) bei atmosphärischem Druck und der relativen molaren Masse von Hexan (86,17) unter der Annahme einer Gastemperatur von 60 °F abgeleitet. Dieses Verfahren liefert für viele Medien mit ähnlichen Eigenschaften Ergebnisse mit akzeptabler Genauigkeit (siehe Anhang B).

**Tabelle 9 — Umweltfaktoren für oberirdische Tanks ohne Kühlung  
(in SI- und USC-Einheiten)**

| Auslegung/Anordnung des Tanks                                   | Wärmeleitfähigkeit der Dämmung |                             | Dicke der Dämmung |    | F-Faktor            |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-------------------|----|---------------------|
|                                                                 | W/m <sup>2</sup> ·K            | Btu/(h·ft <sup>2</sup> ·°F) | cm                | in |                     |
| Metalltank ohne Dämmung                                         | —                              | —                           | 0                 | 0  | 1,0                 |
| Tank mit Dämmung <sup>a</sup>                                   | 22,7                           | 4,0                         | 2,5               | 1  | 0,3 <sup>b</sup>    |
|                                                                 | 11,4                           | 2,0                         | 5,1               | 2  | 0,15 <sup>b</sup>   |
|                                                                 | 5,7                            | 1,0                         | 10,2              | 4  | 0,075 <sup>b</sup>  |
|                                                                 | 3,8                            | 0,67                        | 15,2              | 6  | 0,05 <sup>b</sup>   |
|                                                                 | 2,8                            | 0,5                         | 20,3              | 8  | 0,0375 <sup>b</sup> |
|                                                                 | 2,3                            | 0,4                         | 25,4              | 10 | 0,03 <sup>b</sup>   |
|                                                                 | 1,9                            | 0,33                        | 30,5              | 12 | 0,025 <sup>b</sup>  |
| Betontank oder feuerfester Tank                                 | —                              |                             | —                 |    | c                   |
| Einrichtungen zum Aufbringen eines Wasserschleiers <sup>d</sup> | —                              |                             | —                 |    | 1,0                 |
| Druckausgleichs- und Entleerungseinrichtungen <sup>e</sup>      | —                              |                             | —                 |    | 1,0                 |
| Unterirdische Lagerung                                          | —                              |                             | —                 |    | 0                   |
| Lagerung über dem Planum mit Erdbedeckung                       | —                              |                             | —                 |    | 0,03                |
| Auffangraum des Tanks <sup>f</sup>                              | —                              |                             | —                 |    | 0,5                 |

<sup>a</sup> Die Dämmung darf durch die Brandbekämpfungsausrüstung nicht entfernt/beschädigt werden, sie darf nicht entflammbar und muss bis zu Temperaturen von 537,8 °C (1 000 °F) beständig sein. Der Anwender muss bestimmen, ob die Gefahr besteht, dass die Dämmung durch die verfügbare Brandbekämpfungsausrüstung entfernt werden kann. Falls die Dämmung diese Kriterien nicht erfüllt, muss sie als unzuverlässig angesehen werden. Die Leitfähigkeitswerte beruhen auf einer Dämmung mit einer Wärmeleitfähigkeit von 9 W/m<sup>2</sup>·K/cm (4 Btu/h·ft<sup>2</sup>·°F/in). Der Anwender ist für die Bestimmung der tatsächlichen Wärmeleitfähigkeit der verwendeten Dämmung verantwortlich. Für die Wärmeleitfähigkeit wird der konservative Wert von 9 W/m<sup>2</sup>·K/cm (4 Btu/h·ft<sup>2</sup>·°F/in) verwendet.

<sup>b</sup> Diese F-Faktoren beruhen auf den angegebenen Wärmeleitfähigkeiten und einer Temperaturdifferenz von 887,9 K (1 600 °F), wenn für den Wärmeeintrag von einem Wert von 66 200 W/m<sup>2</sup> (21 000 Btu/h·ft<sup>2</sup>·°F), entsprechend den in ISO 23251 vorausgesetzten Bedingungen, ausgegangen wird. Sind diese Bedingungen nicht gegeben, sollte eine technische Beurteilung durchgeführt werden, um einen anderen F-Faktor auszuwählen oder andere Möglichkeiten zum Schutz des Tanks vor Brandeinwirkung einzusetzen.

**ANMERKUNG** Für die Anwendung dieser Vorschrift entsprechen API 521 und ISO 23251 einander.

<sup>c</sup> Verwende den Faktor *F* für einen entsprechenden Wärmeleitfähigkeitswert der Dämmung.

<sup>d</sup> Unter idealen Bedingungen können auf den Metalloberflächen vorhandene Wasserfilme den größten Teil der auftreffenden Wärmestrahlung absorbieren. Die Zuverlässigkeit eines Wasserfilms hängt von vielen Faktoren ab. Frost, starke Winde, verstopfte Wasseraufbringungssysteme, unzuverlässige Wasserversorgung und die Oberflächenbedingungen des Tanks können einen gleichmäßigen Wasserbedeckungsgrad verhindern. Wegen dieser Unsicherheiten wird keine Verringerung der Umweltfaktoren empfohlen; richtig angewendete Wasserberieselung kann jedoch, wie oben angegeben, sehr effektiv sein.

<sup>e</sup> Druckausgleichseinrichtungen dürfen angewendet werden, aber bei Brandeinwirkung darf nicht davon ausgegangen werden, dass die Entlüftungseinrichtung ausreichend bemessen ist.

<sup>f</sup> Die folgenden Bedingungen müssen eingehalten werden.

- Ein Gefälle von mindestens 1 % vom Tank weg muss über einen Radius von mindestens 15 m (50 ft) hin zum Staubereich vorgesehen werden.;
- Der Auffangraum muss ein Fassungsvermögen haben, das mindestens dem Fassungsvermögen des größten Tanks entspricht, dessen Inhalt in diesen Auffangraum hinein abgelassen werden kann.
- Die Trassen des Entwässerungssystems von anderen Tanks zu deren Auffangräumen dürfen den Tank nicht ernstlich beanspruchen.
- Der Auffangraum für den Tank sowie die Auffangräume für die anderen Tanks (unabhängig davon, ob sie weiter entfernt sind oder Dämme um die anderen Tanks bilden) müssen so angeordnet werden, dass ihr Füllstand mehr als 15 m (50 ft) vom Tank entfernt ist, wenn der Auffangraum bis zu seinem vollen Fassungsvermögen gefüllt ist.

**4.3.3.3.4** Die gesamte nach Tabelle 7 oder Tabelle 8 bestimmte Entlüftungsleistung darf mit einem geeigneten Umweltfaktor  $F$  multipliziert werden, der aus Tabelle 9 ausgewählt wird, wobei aber nur ein Umweltfaktor angewendet werden darf.

**4.3.3.3.5** Die für die normale Entlüftung vorgesehene Entlüftungsleistung darf mit einbezogen werden, da die normale thermische Entlüftung während eines Feuers vernachlässigt werden kann. Es kann außerdem davon ausgegangen werden, dass der Tank im Brandfall nicht befüllt wird.

**4.3.3.3.6** Sind die normalen Entlüftungseinrichtungen nicht ausreichend, müssen zusätzliche Notentlüftungseinrichtungen in der in 4.4.2 beschriebenen Ausführung vorgesehen werden, so dass die gesamte Entlüftungsleistung mindestens der Leistung entspricht, die nach Tabelle 5 oder Tabelle 6 bzw. nach den Gleichungen (11) oder (12) erforderlich wird.

**4.3.3.3.7** Die gesamte Entlüftungsleistung beruht auf dem in 4.6.2 angegebenen Druck.

## **4.4 Be- und Entlüftungseinrichtungen**

### **4.4.1 Normale Be- und Entlüftung**

#### **4.4.1.1 Allgemeines**

Die normale Be- und Entlüftung bei Über- und Unterdruck muss durch ein Über- und Unterdruckventil oder durch eine offene Lüfterhaube jeweils mit oder ohne Flammendurchschlagsicherung erfolgen.

Lagertanks mit atmosphärischem Druck müssen gegen Flammendurchschlag von außerhalb des Tanks geschützt sein, sofern

- die gelagerte Flüssigkeit einen niedrigen Flammpunkt hat, d. h. weniger als 60 °C (140°F) oder einen gemäß geltender Bestimmungen, wobei der höhere Wert anzuwenden ist oder
- die Lagertemperatur den Flammpunkt überschreiten kann oder
- der Tank aus anderen Gründen entzündbare Dämpfe enthalten kann.

4.5 enthält Betrachtungen zur Auslegung von Tanks mit potenziell explosionsfähiger Atmosphäre. Eine Erörterung der Typen und Betriebseigenschaften von Be- und Entlüftungseinrichtungen ist in Anhang C enthalten.

Druckausgleichseinrichtungen mit Gewicht und Hebel sowie nicht wieder schließende Druckausgleichseinrichtungen sind für die normale Be- und Entlüftung nicht zu empfehlen.

#### **4.4.1.2 Über- und Unterdruckventile**

Über- und Unterdruckventile sind für den Einsatz an Lagertanks mit atmosphärischem Druck zu empfehlen, um Produktverluste zu verhindern.

#### **4.4.1.3 Offene Lüfterhauben**

Werden offene Lüfterhauben ausgewählt, um die Be- und Entlüftung von Tanks sicherzustellen, die entzündbare Dämpfe nach 4.4.1.1 enthalten, sollte eine Flammendurchschlagsicherung verwendet werden. Offene Lüfterhauben ohne Flammendurchschlagsicherungen dürfen bei Tanks angewendet werden, die keine entzündbaren Dämpfe enthalten.