

DIN EN ISO 4414

**DIN**

ICS 23.100.01

Ersatz für  
DIN EN 983:2009-06  
Siehe Anwendungsbeginn

**Fluidtechnik –  
Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an  
Pneumatikanlagen und deren Bauteile (ISO 4414:2010);  
Deutsche Fassung EN ISO 4414:2010**

Pneumatic fluid power –  
General rules and safety requirements for systems and their components  
(ISO 4414:2010);  
German version EN ISO 4414:2010

Transmissions pneumatiques –  
Règles générales et exigences de sécurité pour les systèmes et leurs composants  
(ISO 4414:2010);  
Version allemande EN ISO 4414:2010

Gesamtumfang 45 Seiten

Normenausschuss Maschinenbau (NAM) im DIN



## **Anwendungsbeginn**

Anwendungsbeginn dieser Norm ist 2011-04-01.

Daneben darf DIN EN 983:2009-06 noch bis November 2011 angewendet werden.

## **Nationales Vorwort**

Diese Norm enthält sicherheitstechnische Festlegungen.

Sie beinhaltet die Deutsche Fassung der vom Technischen Komitees ISO/TC 131 „Fluid power systems“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 114 „Sicherheit von Maschinen“ (Sekretariat: DIN, Deutschland) im Europäischen Komitee für Normung (CEN) ausgearbeiteten EN ISO 4414:2010.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung wurden vom Ausschuss NA 060-36-21-05 AK „Ausführungsrichtlinie Pneumatik — ISO 4414/EN 983“ im Fachbereich „Fluidtechnik“ des Normenausschusses Maschinenbau (NAM) im DIN wahrgenommen. Vertreter der Hersteller und Anwender von Pneumatikanlagen und deren Bauteilen sowie der Berufsgenossenschaften waren an der Erarbeitung beteiligt.

Diese Norm 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.

Ab dem Zeitpunkt ihrer Bezeichnung als Harmonisierte Norm im Amtsblatt der Europäischen Union kann der Hersteller bei ihrer Anwendung davon ausgehen, dass er die von der Norm behandelten Anforderungen der Maschinenrichtlinie eingehalten hat (so genannte Vermutungswirkung).

Die im Abschnitt 2 und den Literaturhinweisen zitierten Internationalen Normen sind, sofern diese gleichzeitig als Europäische Normen übernommen worden sind, als DIN-EN-ISO-Normen mit gleicher Zählnummer veröffentlicht.

Für die zitierten Internationalen Normen und Dokumente, sofern sie nicht als DIN-ISO-Normen mit gleicher Zählnummer veröffentlicht sind, gibt es keine nationalen Entsprechungen.

## **Änderungen**

Gegenüber DIN EN 983:2009-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Norm wurde grundlegend überarbeitet. Hierbei wurden unter anderem die in ISO 4414:1998 enthaltenen funktionalen Anforderungen aktualisiert und übernommen.

## **Frühere Ausgaben**

DIN EN 983: 1996-09, 2009-06

Deutsche Fassung

Fluidtechnik —  
Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an  
Pneumatikanlagen und deren Bauteile  
(ISO 4414:2010)

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

Transmissions pneumatiques —  
Règles générales et exigences de sécurité pour les  
systèmes et leurs composants  
(ISO 4414:2010)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 6. November 2010 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-CENELEC 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, Kroatien, 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: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

# Inhalt

	Seite
Vorwort .....	4
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich .....	6
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Begriffe .....	7
4 Liste der signifikanten Gefährdungen.....	7
5 Allgemeine Regeln und Sicherheitsanforderungen .....	7
5.1 Allgemeines.....	7
5.2 Grundlegende Anforderungen an die Konstruktion und Auslegung von Pneumatikanlagen .....	8
5.2.1 Auswahl der Bauteile .....	8
5.2.2 Unbeabsichtigte Drücke.....	8
5.2.3 Mechanische Bewegungen.....	9
5.2.4 Lärm .....	9
5.2.5 Leckage.....	9
5.2.6 Anforderungen an den Betrieb und die Funktion von Pneumatikanlagen .....	9
5.2.7 Steuerungs- oder Energieversorgung.....	10
5.2.8 Sichere Trennung von den Energiequellen .....	10
5.2.9 Anordnung der Bauteile und Steuerungen .....	10
5.2.10 Unerwarteter Anlauf.....	10
5.2.11 Unkontrollierte Bewegungen von Antrieben .....	10
5.2.12 Gefährliche Stoffe in der Luft .....	10
5.3 Zusätzliche Anforderungen .....	11
5.3.1 Bedingungen am Aufstellort und Arbeitsumgebung .....	11
5.3.2 Einbau, Betrieb und Instandhaltung der Bauteile, Leitungen und Baugruppen.....	11
5.3.3 Reinigung und Lackierung .....	12
5.3.4 Vorbereitung für den Transport .....	12
5.4 Spezielle Anforderungen an Bauteile und Steuerungen .....	12
5.4.1 Druckluftmotoren und Schwenkantriebe .....	12
5.4.2 Zylinder .....	13
5.4.3 Ventile .....	14
5.4.4 Druckluftaufbereitungsbauteile.....	16
5.4.5 Leitungssystem.....	17
5.4.6 Steuerungen .....	20
5.4.7 Zustandsüberwachung .....	22
5.4.8 Schalldämpfer .....	22
5.4.9 Dichtungen .....	22
5.4.10 Druckluftbehälter und Hilfsluftbehälter .....	22
6 Feststellung der Übereinstimmung mit den Sicherheitsanforderungen und Abnahmeprüfung .....	23
7 Benutzerinformationen .....	23
7.1 Allgemeine Anforderungen.....	23
7.2 Endgültige Angaben.....	23
7.3 Angaben zur Instandhaltung und zum Betrieb.....	24
7.4 Kennzeichnung und Identifizierung.....	24
7.4.1 Bauteile .....	24
7.4.2 Bauteile in einer Anlage .....	26
7.4.3 Anschlussöffnungen und Leitungsteile .....	27
7.4.4 Ventilbetätigungen.....	27
7.4.5 Eingebaute Funktionsteile .....	28
7.4.6 Funktionsschild .....	28
8 Übereinstimmungsvermerk (Referenz zu dieser Internationalen Norm).....	28

<b>Anhang A</b> (informativ) <b>Liste signifikanter Gefährdungen</b> .....	<b>29</b>
<b>Anhang B</b> (informativ) <b>Datenblatt für Pneumatikanlagen und deren Bauteile zur Sicherstellung der Übereinstimmung mit ISO 4414</b> .....	<b>31</b>
<b>B.1</b> <b>Allgemeine Anforderungen</b> .....	<b>31</b>
<b>B.1.1</b> <b>Beschreib. der Anlage</b> .....	<b>31</b>
<b>B.1.2</b> <b>Abnahme</b> .....	<b>31</b>
<b>B.1.3</b> <b>Namen und Kontaktinformationen der betroffenen Parteien</b> .....	<b>31</b>
<b>B.1.4</b> <b>Lieferanschrift</b> .....	<b>32</b>
<b>B.1.5</b> <b>Pneumatikanlage</b> .....	<b>32</b>
<b>B.1.6</b> <b>Kenngößen des Druckmediums (Druckluft); siehe 5.2.6</b> .....	<b>32</b>
<b>B.1.7</b> <b>Bedingungen am Aufstellort und Arbeitsumgebung; siehe 5.3.1</b> .....	<b>33</b>
<b>B.1.8</b> <b>Endgültige Angaben; siehe 7.2</b> .....	<b>34</b>
<b>B.1.9</b> <b>Anforderungen an die Anlage; siehe 5.2.6</b> .....	<b>35</b>
<b>B.2</b> <b>Bauteilanforderungen</b> .....	<b>35</b>
<b>B.2.1</b> <b>Druckluftmotoren und Schwenkantriebe; siehe 5.4.1</b> .....	<b>35</b>
<b>B.2.2</b> <b>Zylinder; siehe 5.4.2</b> .....	<b>36</b>
<b>B.2.3</b> <b>Wegeventile; siehe 5.4.3</b> .....	<b>37</b>
<b>B.2.4</b> <b>Schnellentlüftungsventile; siehe 5.4.3</b> .....	<b>37</b>
<b>B.2.5</b> <b>Verschiedene Ventile; siehe 5.4.3</b> .....	<b>38</b>
<b>B.2.6</b> <b>Druckluftaufbereitungsbauteile; siehe 5.4.4</b> .....	<b>39</b>
<b>B.2.7</b> <b>Leitungssystem; siehe 5.4.5</b> .....	<b>40</b>
<b>B.2.8</b> <b>Hilfskompressoren</b> .....	<b>40</b>
<b>B.2.9</b> <b>Zubehör</b> .....	<b>41</b>
<b>B.2.10</b> <b>Andere Bauteile</b> .....	<b>41</b>
<b>B.2.11</b> <b>Bauteilzuverlässigkeit</b> .....	<b>41</b>
<b>Anhang ZA</b> (informativ) <b>Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2006/42/EG</b> .....	<b>42</b>
<b>Literaturhinweise</b> .....	<b>43</b>

## Bilder

<b>Bild 1</b> — <b>Beispiel eines Ventilblocks mit Höhenverkettung</b> .....	<b>26</b>
--	-----------

## Tabellen

<b>Tabelle 1</b> — <b>Empfohlener maximaler Abstand zwischen den Rohrhalterungen</b> .....	<b>18</b>
<b>Tabelle 2</b> — <b>Zusätzliche Informationen, die am Bauteil und/oder in der Verkaufsliteratur angegeben werden können</b> .....	<b>25</b>
<b>Tabelle A.1</b> — <b>Liste von signifikanten Gefährdungen, die mit der Anwendung pneumatischer Energie in einer Maschine verbunden sind</b> .....	<b>29</b>

## **Vorwort**

Dieses Dokument (EN ISO 4414:2010) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 131 „Fluid power systems“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 114 „Sicherheit von Maschinen“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Mai 2011, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis November 2011 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.

Dieses Dokument ersetzt EN 983:1996+A1:2008.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

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, Kroatien, 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 4414:2010 wurde vom CEN als EN ISO 4414:2010 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

## Einleitung

Diese Internationale Norm ist eine Typ-B Norm nach ISO 12100. Die Vereinbarungen dieser Internationalen Norm können durch eine Typ-C Norm ergänzt oder verändert werden. Für Maschinen, die im Anwendungsbereich einer Typ-C Norm enthalten sind und die nach den Bestimmungen jener Norm ausgelegt und gebaut sind, haben die Bestimmungen der Typ-C Norm Vorrang vor den Bestimmungen dieser Typ-B Norm.

In Pneumatikanlagen wird Energie durch Druckluft oder ein unter Druck stehendes neutrals Gas innerhalb eines Kreislaufes übertragen und der Energiefluss gesteuert oder geregelt.

Die Anwendung von Pneumatikanlagen erfordert technisches Verständnis und eindeutige Absprachen zwischen Auftragnehmer und Auftraggeber. Diese Internationale Norm wurde erarbeitet, um das Verständnis und die Kommunikation zu unterstützen und die vielen in der Praxis gemachten guten Erfahrungen mit Pneumatikanlagen zu vermitteln.

Die Anwendung dieser Internationalen Norm hilft bei:

- a) der Festlegung und Spezifizierung der Anforderungen an Pneumatikanlagen und Bauteile;
- b) der Festlegung der jeweiligen Verantwortungsbereiche;
- c) der Ausführung der Anlagen und ihrer Bauteile hinsichtlich der Übereinstimmung mit spezifischen Anforderungen;
- d) dem Verständnis der sicherheitstechnischen Anforderungen an Pneumatikanlagen.

Vergleichbare Anforderungen für Hydraulikanlagen sind in ISO 4413 festgelegt.

## **1 Anwendungsbereich**

Diese Internationale Norm legt allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen für Pneumatikanlagen und deren Bauteile in Maschinen nach ISO 12100:2010, 3.1, fest. Sie benennt signifikante Gefährdungen in Verbindung mit Pneumatikanlagen und legt Prinzipien fest, die anzuwenden sind, um jene Gefährdungen bei der bestimmungsgemäßen Verwendung der Anlage zu vermeiden.

ANMERKUNG 1 Siehe Abschnitt 4 und Anhang A.

Die signifikante Gefährdung Lärm wird in dieser Internationalen Norm nicht vollständig behandelt.

ANMERKUNG 2 Die Lärmabstrahlung hängt insbesondere vom Einbau der Pneumatikbauteile oder der –anlage in die Maschine ab.

Diese Internationale Norm gilt für die Konstruktion, den Bau und die Anpassung von Anlagen und deren Bauteilen unter weiterer Berücksichtigung folgender Aspekte:

- a) Montage;
- b) Einbau;
- c) Einrichtung;
- d) störungsfreier Betrieb der Anlage;
- e) einfache und wirtschaftliche Instandhaltung und Reinigung;
- f) zuverlässiger Betrieb bei allen vorgesehenen Anwendungen;
- g) Energieeffizienz und
- h) Umwelt

Diese Internationale Norm gilt nicht für Kompressoren und Anlagen zur Druckluftverteilung, wie sie üblicherweise in Werkstätten vorhanden sind, einschließlich Gasflaschen und Behältern, die mit dem Kompressor in direktem Zusammenhang stehen.

## **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 1219-1, *Fluid power systems and components — Graphic symbols and circuit diagrams — Part 1: Graphic symbols for conventional use and data-processing applications*

ISO 1219-2, *Fluid power systems and components — Graphic symbols and circuit diagrams — Part 2: Circuit diagrams*

ISO 5598, *Fluid power systems and components — Vocabulary*

ISO 11727, *Pneumatic fluid power — Identification of ports and control mechanisms of control valves and other components*

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

ISO 13850, *Safety of machinery — Emergency stop — Principles for design*

ISO 13851, *Safety of machinery — Two-hand control devices — Functional aspects and design principles*

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

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP code)*

### 3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 5598 und ISO 12100 sowie die folgenden Begriffe.

#### 3.1

##### **Abnahme**

Verfahren, durch das eine Anlage formell durch den Auftraggeber abgenommen wird

#### 3.2

##### **Notbefehlseinrichtung**

Steuerungseinrichtung, die eine Anlage in einen sicheren Zustand bringt

#### 3.3

##### **Funktionsschild**

Informationsträger, der entweder die Funktion einer Betätigungseinrichtung (z. B. an/aus, vorwärts/rückwärts, links/ rechts, aufwärts/abwärts) oder die Funktion in der Anlage (z. B. Klemmen, Heben, Vorschub) beschreibt

#### 3.4

##### **neutrales Gas**

Nicht brennbares Gas, das ähnliche Eigenschaften aufweist wie Luft und das auf Druck- und/oder Temperatureinwirkungen nicht anders reagiert als Luft

#### 3.5

##### **Auftraggeber**

Vertragspartner, der die Anforderungen an eine Maschine, Ausrüstung, Anlage oder ein Bauteil festlegt und beurteilt, ob das Erzeugnis diesen Anforderungen entspricht

#### 3.6

##### **Auftragnehmer**

Vertragspartner, der sich verpflichtet, das Erzeugnis/die Erzeugnisse entsprechend den Anforderungen des Auftraggebers zu liefern

### 4 Liste der signifikanten Gefährdungen

Tabelle A.1 enthält mit der Anwendung von pneumatischer Energie in einer Maschine verbundene signifikante Gefährdungen.

### 5 Allgemeine Regeln und Sicherheitsanforderungen

#### 5.1 Allgemeines

**5.1.1** Beim Entwurf von Pneumatikanlagen für Maschinen müssen alle beabsichtigten Betriebszustände und Anwendungen der Anlagen berücksichtigt werden. Eine Risikobewertung, z. B. nach ISO 14121-1, muss durchgeführt werden, um die vorhersehbaren Risiken, die mit der beim Entwurf der Anlage vorgesehenen Anwendung verbunden sind, zu ermitteln. Eine vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung darf nicht zu Gefährdungen führen. Die festgestellten Risiken müssen beim Entwurf beseitigt werden. Ist dies nicht möglich,

müssen entsprechend der in ISO 12100 festgelegten Hierarchie Schutzeinrichtungen (erste Wahl) oder Warnungen (zweite Wahl) gegen solche Risiken vorgesehen werden.

**ANMERKUNG** Diese Internationale Norm enthält Anforderungen an Bauteile fluidtechnischer Anlagen, von denen einige von den Gefährdungen, die mit der Maschine verbunden sind, in die diese eingebaut werden, abhängig sind. Aus diesem Grund kann es notwendig sein, dass die endgültige Spezifikation und Auslegung der Pneumatikanlage auf einer Risikobewertung und einer Vereinbarung zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer basiert.

**5.1.2** Steuerungen müssen entsprechend der Risikobewertung ausgeführt sein. Diese Anforderung ist erfüllt, wenn ISO 13849-1 angewandt wurde.

**5.1.3** Die Vermeidung von Schäden an der Maschine, den Anlagen und der Umwelt muss berücksichtigt werden.

**5.1.4** Abweichungen von dieser Internationalen Norm, müssen schriftlich zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer vereinbart werden. Durch den Auftraggeber und/oder den Auftragnehmer sollten anwendbare nationale und lokale Richtlinien oder Gesetze beachtet werden.

## **5.2 Grundlegende Anforderungen an die Konstruktion und Auslegung von Pneumatikanlagen**

### **5.2.1 Auswahl der Bauteile**

**5.2.1.1** Alle Bauteile und Leitungen einer Anlage müssen so ausgewählt oder ausgelegt werden, dass sie für Sicherheit während des Betriebs sorgen, und sie müssen innerhalb der bei ihrem Entwurf festgelegten Grenzen arbeiten, wenn die Anlage bestimmungsgemäß betrieben wird. Bauteile und Leitungen müssen so ausgewählt oder ausgelegt werden, dass sie in allen Betriebszuständen der Anlage zuverlässig arbeiten können. Besondere Aufmerksamkeit muss der Zuverlässigkeit der Bauteile und Leitungen gelten, die bei einem Ausfall oder bei einer Fehlfunktion eine Gefährdung hervorrufen können.

**5.2.1.2** Bauteile und Leitungen müssen entsprechend den Herstellerempfehlungen ausgewählt, angewendet und eingebaut werden.

**5.2.1.3** Es wird empfohlen, wo immer möglich, Bauteile und Leitungen zu verwenden, die in Übereinstimmung mit anerkannten Internationalen Normen hergestellt sind.

### **5.2.2 Unbeabsichtigte Drücke**

**5.2.2.1** Alle betreffenden Teile der Anlage müssen gegen vorhersehbare Drücke, die den maximalen Betriebsdruck der Anlage oder den Bemessungsdruck eines Teiles der Anlage überschreiten, ausgelegt oder in anderer Weise geschützt sein, wenn der überhöhte Druck eine Gefährdung verursachen kann.

**5.2.2.2** Die bevorzugten Schutzeinrichtungen gegen überhöhten Druck sind ein oder mehrere Druckbegrenzungsventile, die so angeordnet sind, dass sie den Druck in allen betreffenden Teilen der Anlage begrenzen. Alternative Einrichtungen, beispielsweise Druckregler, dürfen verwendet sein, soweit sie die Anforderung der Anwendung erfüllen.

**5.2.2.3** Anlagen müssen so entworfen, gebaut und eingestellt sein, dass sie Druckstöße und Druckschwankungen minimieren. Druckstöße und Druckschwankungen dürfen keine Gefährdungen verursachen.

**5.2.2.4** Druckverlust oder kritisches Absinken des Druckes darf keine Gefährdung für Personen hervorrufen und sollte die Maschine nicht schädigen.

**5.2.2.5** Alle Pneumatikbauteile müssen in einen ungefährlichen Bereich, der mit der Umgebungsluft verbunden ist, entlüftet werden.

**5.2.2.6** Maßnahmen müssen getroffen werden, um unzulässigen Druckaufbau zu verhindern, wenn große äußere Lasten auf die Antriebe einwirken.

### 5.2.3 Mechanische Bewegungen

Mechanische Bewegungen, beabsichtigt oder unbeabsichtigt (z. B. Einflüsse durch Beschleunigen, Bremsen oder Heben/Halten von Massen), dürfen nicht zu einer Personen gefährdenden Situation führen.

### 5.2.4 Lärm

Bei der Konstruktion von Pneumatikanlagen sind die zu erwartenden Schallemissionen zu berücksichtigen. Abhängig vom Einsatzfall sind Maßnahmen zu ergreifen, die das Risiko durch Schallemissionen minimieren. Dabei sind Luft- und Körperschall zu beachten.

ANMERKUNG Für die Konstruktion geräuscharmer Maschinen und Anlagen siehe ISO/TR 11688-1.

### 5.2.5 Leckage

Leckage (interne oder externe) darf keine Gefährdungen verursachen.

### 5.2.6 Anforderungen an den Betrieb und die Funktion von Pneumatikanlagen

Für den Betrieb und die Funktion müssen die folgenden Angaben festgelegt werden:

- a) Betriebsdruckbereich;
- b) Betriebstemperaturbereich;
- c) Art des zu verwendenden Gases (z. B. Luft, Stickstoff oder ein anderes neutrales Gas);
- d) Taktzeiten;
- e) Arbeitszyklen;
- f) Verwendungsdauer der Bauteile;
- g) Schrittfolge;
- h) Filtrierung und Schmierung, einschließlich der Angabe der Bauteile, die nicht zu schmieren sind;
- i) Möglichkeiten zum Anheben;
- j) Notfall- und Sicherheitsanforderungen und Anforderungen zur Energietrennung;
- k) Anstrich oder Schutzbeschichtung;
- l) Schmierstoffverträglichkeit der Bauteile.

Der Anhang B enthält Vorlagen und Checklisten, um das Sammeln und Aufzeichnen dieser Informationen zu erleichtern. Diese Vorlagen und Checklisten können auch für die Aufzeichnen von Spezifikationen von Pneumatikanlagen in mobilen Maschinen hilfreich sein. Die einzelnen Vorlagen des Anhangs B sind auch in einem bearbeitbaren elektronischen Format verfügbar.

### **5.2.7 Steuerungs- oder Energieversorgung**

Unabhängig von der Art der Steuerungs- oder Energieversorgung (z. B. elektrisch, pneumatisch), dürfen die folgenden Aktionen oder Ereignisse (weder unerwartet noch beabsichtigt) keine Gefährdung hervorrufen:

- a) Ein- oder Ausschalten der Energieversorgung;
- b) Reduzierung der Energieversorgung;
- c) Abtrennen/Ausfall der Energieversorgung;
- d) Wiederkehr der Energieversorgung (unerwartet oder beabsichtigt).

### **5.2.8 Sichere Trennung von den Energiequellen**

Die Anlage muss so ausgelegt sein, dass eine sichere Trennung von den Energiequellen (siehe ISO 12100:2010, 6.3.5.4) ermöglicht wird. In Pneumatikanlagen kann dies z. B. erfolgen durch:

- Trennung der Versorgung durch ein geeignetes Absperrventil, das abschließbar sein sollte und zugänglich sein muss, ohne eine Gefährdung hervorzurufen, oder Trennung und Druckentlastung der Anlage mittels eines geeigneten Absperrventils mit Druckentlastungseinrichtung, das gegebenenfalls abschließbar sein muss;
- Ablassen oder Unterstützung/Halten mechanischer Lasten wenn die Anlage druckentlastet ist;
- Trennung der elektrischen Versorgung (siehe IEC 60204-1:2009, 5.3).

Die Anlage muss eine Druckentlastung ermöglichen.

Vorkehrungen sollten getroffen werden, wenn nach Trennung oder Druckentlastung die Versorgung wiederkehrt.

### **5.2.9 Anordnung der Bauteile und Steuerungen**

Die Anlage muss so konstruiert und gebaut sein, dass Bauteile und Steuerungen so angeordnet sind, dass sie für den Betrieb, die Einstellung und Instandhaltung leicht zugänglich sind, ohne eine Gefährdung zu verursachen.

### **5.2.10 Unerwarteter Anlauf**

Um unerwarteten Anlauf zu verhindern sind Vorkehrungen nach ISO 14118 zu treffen.

### **5.2.11 Unkontrollierte Bewegungen von Antrieben**

Wenn eine plötzliche Öffnung des Absperrventils eine unkontrollierte Bewegung von Antrieben hervorrufen kann, muss ein Befüllventil eingebaut sein.

### **5.2.12 Gefährliche Stoffe in der Luft**

Anlagen müssen so konstruiert, gebaut und/oder ausgestattet sein, dass in der Luft enthaltene gefährliche Stoffe minimiert sind.

## 5.3 Zusätzliche Anforderungen

### 5.3.1 Bedingungen am Aufstellort und Arbeitsumgebung

Bedingungen am Aufstellort und die Arbeitsumgebung müssen festgelegt sein. Anhang B stellt Vorlagen und Checklisten, die das Sammeln und Aufzeichnen dieser Informationen erleichtern, bereit. Diese können enthalten:

- a) Umgebungstemperaturbereich der Gesamtanlage;
- b) Luftfeuchtigkeitsbereich der Gesamtanlage;
- c) atmosphärischer Druck;
- d) Beschreibung der verfügbaren pneumatischen Versorgung, wie Druck, möglicher Volumenstrom, Taupunkttemperatur, Nennfiltrationsrate und Öleintrag;
- e) verfügbare Infrastruktur, z. B. Elektrizität, Wasser, Entsorgung;
- f) Details über das elektrische Stromnetz, z. B. Spannung und ihre Toleranz, Frequenz, verfügbare Leistung (wenn begrenzt);
- g) Schutzmaßnahmen für elektrische Einrichtungen;
- h) Verschmutzungsquellen;
- i) Schwingungsquellen;
- j) möglicher Schweregrad von Brand-, Explosions- oder anderen Gefährdungen und Verfügbarkeit entsprechender Notfallmittel;
- k) ungewöhnliche Umwelt- oder geographische Bedingungen, z. B. Höhe, ultraviolette Strahlung;
- l) Schutzerfordernisse;
- m) Raum für Zugang, Betrieb und Instandhaltung sowie die Anordnung und die Aufstellung der Bauteile und Anlagen, um ihre Standfestigkeit und Sicherheit im Betrieb sicherzustellen;
- n) gesetzliche und andere umweltrelevante Grenzwerte (z. B. Geräuschemissionsgrenzwert);
- o) andere Sicherheits- und spezielle Anforderungen.

### 5.3.2 Einbau, Betrieb und Instandhaltung der Bauteile, Leitungen und Baugruppen

#### 5.3.2.1 Austausch

Bauteile, Leitungen und Baugruppen sollten so eingebaut sein, dass sie leicht ausgetauscht werden können, ohne andere Teile der Maschine entfernen zu müssen.

#### 5.3.2.2 Möglichkeiten zum Anheben

Alle Bauteile, Baugruppen und Leitungen, die eine Masse größer als 15 kg haben, sollten Möglichkeiten zum Anheben mit Hebemitteln haben (siehe ISO 12100:2010, 6.3.5.5).

### **5.3.3 Reinigung und Lackierung**

**5.3.3.1** Während der äußeren Reinigung und Lackierung der Maschine müssen empfindliche Werkstoffe gegen unverträgliche Flüssigkeiten geschützt sein.

**5.3.3.2** Während der Lackierung müssen Bereiche, die nicht lackiert werden sollen (z. B. Kolbenstangen, Anzeigelampen), abgedeckt sein. Die Abdeckungen müssen danach entfernt werden. Nach der Lackierung müssen alle Warnhinweise und sicherheitsrelevante Kennzeichnungen sichtbar und lesbar sein.

### **5.3.4 Vorbereitung für den Transport**

#### **5.3.4.1 Kennzeichnung der Leitungen**

Wenn es erforderlich ist, Pneumatikanlagen für den Transport zu demontieren, müssen Leitungen und Leitungsverbindungen deutlich gekennzeichnet sein. Die Kennzeichnung muss mit den Angaben auf allen entsprechenden Zeichnungen übereinstimmen.

#### **5.3.4.2 Verpackung**

Alle Teile von Pneumatikanlagen müssen für den Transport so verpackt sein, dass ihre Kennzeichnung erhalten bleibt und dass sie gegen Beschädigung, Verformung, Verschmutzung und Korrosion geschützt sind.

#### **5.3.4.3 Schutz von Öffnungen**

Ungeschützte Öffnungen in Pneumatikanlagen und Bauteilen, insbesondere bei Rohren und Schläuchen, müssen beim Transport entweder verschlossen sein oder die Teile in einem geeigneten sauberen und geschlossenen Behältnis verpackt sein. Außengewinde müssen während des Transports geschützt sein. Es dürfen nur solche Schutzeinrichtungen verwendet werden, die vor dem Wiederausammenbau der Teile entfernt werden müssen.

## **5.4 Spezielle Anforderungen an Bauteile und Steuerungen**

### **5.4.1 Druckluftmotoren und Schwenkantriebe**

#### **5.4.1.1 Schutz**

Druckluftmotoren und Schwenkantriebe müssen entweder so eingebaut sein, dass sie vor vorhersehbarer Beschädigung geschützt sind, oder sie müssen mit einer geeigneten Schutzeinrichtung versehen sein. Drehende Wellen und Kupplungen müssen mit einem Schutz versehen sein, um eine Gefährdung von Personen zu vermeiden.

#### **5.4.1.2 Montage**

Die Montage der Druckluftmotoren und Schwenkantriebe an oder in Bezug zu ihren anzutreibenden Einheiten muss ausreichend steif sein, um eine entsprechende Ausrichtung dauerhaft beizubehalten und das auftretende Drehmoment übertragen zu können. Schutz vor unbeabsichtigten End- oder Seitenkräften sollte berücksichtigt werden.

#### **5.4.1.3 Einflüsse von Last und Geschwindigkeit**

Die Anlauf- und Bremsmomente, die Auswirkungen von Belastungsänderungen und die kinetische Energie der bewegten Last müssen bei der Verwendung von Pneumatikmotoren und Schwenkantrieben berücksichtigt werden.

## 5.4.2 Zylinder

ANMERKUNG Viele Zylinderkonstruktionen sind für bestimmte Industriezweige oder Anwendungen vorgesehen. Diese beinhalten Drehzylinder, kolbenstangenlose Zylinder, Bandzylinder, geschweißte Zylinder, Gießereizylinder, Balgzylinder, usw.

### 5.4.2.1 Knicksicherheit

Hublänge, Belastung und Zylinderbefestigung müssen beachtet werden, um in jeder Hubstellung, Biegung und Knickung der Kolbenstange zu vermeiden.

### 5.4.2.2 Belastung und Auflaufen

Bei Anwendungen, bei denen der Kolben an der Zylinderkopf- oder Zylinderbodenseite anschlagen kann oder andere externe Belastungen auftreten können, müssen entsprechende mechanische Festigkeit und/oder Druckfestigkeit vorgesehen sein. Wenn der Zylinder als Endanschlag benutzt wird, ist Endlagendämpfung zur Vermeidung von Schlägen empfohlen.

### 5.4.2.3 Auslegung der Zylinderbefestigung

Die Bauteile zur Zylinderbefestigung müssen entsprechend den Belastungsanforderungen ausgewählt werden. Befestigungsteile und ihre Halterungen müssen für die größte erwartete Belastung für jede Position innerhalb des Hubes ausgelegt sein.

### 5.4.2.4 Widerstandsvermögen gegen Stöße und Schwingungen

Alle an einem Zylinder angebauten oder mit ihm verbundenen Bauteile müssen so befestigt sein, dass sie einem Lösen durch Stöße, Schwingungen, usw. im Betrieb widerstehen.

### 5.4.2.5 Befestigungsschrauben

Befestigungsschrauben für Zylinder und Anbauteile müssen so ausgelegt und montiert sein, dass sie alle vorhersehbaren Kräfte aufnehmen. Die Befestigungsschrauben müssen geeignet sein, die Kippmomente aufzunehmen.

### 5.4.2.6 Ausrichtung

Befestigungsflächen müssen so gestaltet sein, dass eine Verwindung des Zylinders im eingebauten Zustand vermieden wird. Zylinder müssen so eingebaut sein, dass unbeabsichtigte seitliche Belastungen während des Betriebes vermieden werden.

### 5.4.2.7 Einstellbare Hubendbegrenzungen

Werden einstellbare externe Hubendanschläge verwendet, müssen diese durch geeignete Mittel gegen Verstellung gesichert sein.

### 5.4.2.8 Kolbenstangenmaterial, -oberfläche und -schutz

Kolbenstangenmaterial und die Oberflächenbehandlung von Kolbenstangen sollten so gewählt werden, dass Verschleiß, Korrosion und vorhersehbare Beschädigungen durch Schlag minimiert werden. Kolbenstangen sollten gegen vorhersehbare Beschädigungen wie Kerben, Kratzer, Korrosion, usw. geschützt werden. Schutzhüllen können auch verwendet werden.

### 5.4.2.9 Entlüftung

Einfachwirkende Zylinder müssen Luftauslassöffnungen haben, die so konstruiert und/oder gerichtet sind, dass die verdrängte Luft ausgestoßen werden kann, ohne Personen zu gefährden.

### **5.4.3 Ventile**

#### **5.4.3.1 Auswahl**

Ventiltyp und Befestigungsart müssen so ausgewählt werden, dass bestimmungsgemäße Funktion, angemessene Dichtheit und Widerstandsvermögen gegen vorhersehbare mechanische und Umwelteinflüsse sichergestellt wird.

#### **5.4.3.2 Einbau**

Beim Einbau von Ventilen muss Folgendes berücksichtigt sein:

- a) unabhängige Befestigung von den mit dem Ventil verbundenen Leitungen und Verbindungsteilen und Möglichkeit, das Ventil mit minimaler Beeinträchtigung der Leitungen auszubauen;
- b) Vorkehrungen zur Vermeidung falscher Montage auf der Grundplatte, z. B. durch Sicherungsstift, Anschlusskennzeichnung oder andere Kennzeichnung;
- c) Einflüsse von Schwerkraft, Stoß oder Schwingungen auf das Schaltelement des Ventils, um die Wahrscheinlichkeit eines unbeabsichtigten Schaltstellungswechsels oder der Zerstörung von Ventiltteilen zu minimieren;
- d) Vermeidung des Einflusses von Gegendruck, der die Funktion und den sicheren Betrieb bei höhen- oder längsverketteten Ventilen oder bei der Verwendung gemeinsamer Abluftleitungen beeinträchtigen könnte;
- e) ausreichender Raum für das Anziehen und das Lösen von Schrauben bei Austausch, Reparatur oder Einstellung des Ventils und der entsprechenden elektrischen Anschlüsse.

#### **5.4.3.3 Anschlussplatten**

##### **5.4.3.3.1 Oberflächengüte**

Die Ebenheit und Rauheit der Anbaufläche der Anschlussplatten muss den Empfehlungen des Ventilherstellers entsprechen.

##### **5.4.3.3.2 Verformung**

Anschlussplatten dürfen bei den vorgesehenen Betriebsdrücken und -temperaturen keine Fehlfunktionen durch Verformung verursachen.

##### **5.4.3.3.3 Befestigung**

Anschlussplatten sind sicher zu befestigen.

##### **5.4.3.3.4 Strömungskanäle**

Strömungskanäle in Anschlussplatten, einschließlich gegossener und gebohrter Löcher, müssen frei von schädlichen Fremdkörpern wie Zunder, Grate, Späne usw. sein, die den Volumenstrom behindern und Fehlfunktionen und/oder Beschädigungen von Bauteilen, einschließlich von Dichtungen, hervorrufen können.

#### **5.4.3.4 Ventilbetätigungseinrichtungen und entsprechende Stellteile**

##### **5.4.3.4.1 Mechanisch und manuell betätigte Ventile**

Mechanisch und manuell betätigte Ventile müssen so eingebaut sein, dass sie durch vorhersehbare Betriebskräfte nicht beschädigt werden können.

#### **5.4.3.4.2 Elektrisch betätigte Ventile**

##### **5.4.3.4.2.1 Elektrische Anschlüsse**

Elektrische Anschlüsse müssen mit den einschlägigen Normen übereinstimmen, z. B. IEC 60204-1. Bei gefahrbringenden Betriebsbedingungen muss die entsprechende Schutzart (z. B. explosionsgeschützt, wassergeschützt) angewendet werden.

##### **5.4.3.4.2.2 Klemmenkästen**

Werden Ventile mit Klemmenkästen vorgeschrieben, müssen diese in folgender Weise ausgeführt sein:

- a) geeignete Schutzart nach IEC 60529;
- b) genügend Platz für die Klemmen und für das Anschlusskabel, einschließlich einer zusätzlichen Kabellänge;
- c) unverlierbare Befestigungsmittel für die Abdeckung, z. B. Schrauben mit Sicherungsscheiben;
- d) geeignete Sicherungsvorkehrungen gegen das Verlieren der Abdeckung, z. B. eine Kette;
- e) Kabelanschluss mit Zugentlastung.

##### **5.4.3.4.2.3 Magnete**

Magnete müssen so ausgewählt sein (z. B. Einschaltdauer, Temperaturbereich), dass sie die Ventile bei minimaler und maximaler Spannung zuverlässig betätigen können. Sie müssen die geeignete Schutzart nach IEC 60529 aufweisen.

Der Temperaturanstieg an der Magnetoberfläche muss berücksichtigt werden. Maßnahmen müssen getroffen werden, durch Anordnung der Bauteile oder deren Abschirmung, um Personen vor heißen Oberflächen, falls diese Grenztemperaturen überschreiten, zu schützen. Falls das nicht möglich ist, sind Warnhinweise anzubringen, siehe ISO 13732-1.

##### **5.4.3.4.2.4 Hand-Hilfsbetätigung**

Muss aus Sicherheits- oder anderen Gründen ein elektrisch betätigtes Ventil auch während eines Ausfalles der elektrischen Energieversorgung betätigt werden können, ist es mit einer Hand-Hilfsbetätigung zu versehen. Diese muss so beschaffen sein, dass sie nicht unbeabsichtigt betätigt werden kann, und, wenn nicht anders vereinbart, darf sie nicht rastend ausgeführt werden.

##### **5.4.3.5 Druckbegrenzungsventile**

Sofern Drücke entstehen könnten, die die Bemessungsdrücke der Bauteile oder Leitungen übersteigen, müssen Druckbegrenzungsventile in der Nähe des Bauteiles oder der Leitung angeordnet werden.

##### **5.4.3.6 Schnellentlüftungsventile**

Schnellentlüftungsventile müssen so eingebaut werden, dass die ausströmende Luft keine Gefährdung des Personals hervorruft.

##### **5.4.3.7 Stromregelventile**

Stromregelventile sollten an den oder in der Nähe der Zylinderanschlüsse eingebaut werden.

### **5.4.3.8 Dreistellungsventile**

Bei Anlagen, in denen Dreistellungsventile verwendet werden, besonders solche mit geschlossener Mittelstellung, sollte untersucht werden, ob Leckage der Anlage und/oder eines Ventils unerwünschte Effekte, wie unerwartete Zylinderbewegung, hervorrufen könnte.

## **5.4.4 Druckluftaufbereitungsbauteile**

### **5.4.4.1 Allgemeines**

Um die erforderliche Qualität der Druckluft sicher zu stellen, muss eine Druckluft-Wartungseinheit am Eingang der Pneumatikanlage eingebaut sein. Abhängig von der Notwendigkeit können zusätzliche Druckluft-Wartungseinheiten in Teilanlagen eingebaut werden.

Druckluft-Wartungseinheiten sollten so nahe wie möglich an dem zu schützenden Gerät angeordnet und müssen für die Instandhaltung leicht zugänglich sein.

ANMERKUNG Die Auswahl der Druckluftwartungseinheiten ist abhängig von den Anforderungen an Volumenstrom und Druck an der Stelle der Anwendung.

### **5.4.4.2 Filtrierung**

#### **5.4.4.2.1 Allgemeines**

Es muss sichergestellt sein, dass schädliche feste, flüssige und gasförmige Stoffe nicht in die Anlage gelangen können.

#### **5.4.4.2.2 Nennfiltrationsrate**

Der Grad der Filtrierung muss mit den Anforderungen für die Bauteile und den Umweltbedingungen übereinstimmen.

#### **5.4.4.2.3 Abfall der Filterleistung**

Wenn eine Verschlechterung der Filterleistung, die manchmal durch einen erhöhten Druckabfall im Filter zum Ausdruck kommt, zu einer gefährdenden Situation führen kann, muss eine deutliche Anzeige dieser Verschlechterung erfolgen.

#### **5.4.4.2.4 Vorkehrungen für die Instandhaltung**

Filter und Abscheider müssen gereinigt und entwässert oder ersetzt werden können, ohne die Leitungen zu beeinträchtigen. Wenn möglich, müssen Filter mit Austausch- oder Wegwerfelementen eingesetzt werden. Die Filterfeinheit des Elements muss identifizierbar sein, wenn mehr als eine Filterfeinheit verfügbar ist.

#### **5.4.4.2.5 Wasserabscheider**

Wasserabscheider, vorzugsweise automatische, sollten verwendet werden, um Luftleitungsfilter und Abscheider zu entwässern. Wenn erforderlich, müssen die Wasserabscheider vor Frostschäden geschützt werden. Umwelt- und Sicherheitsaspekte müssen bei der Sammlung und Entsorgung der Rückstände berücksichtigt werden.

### **5.4.4.3 Schmierung**

#### **5.4.4.3.1 Anwendung**

Schmierstoffe dürfen nicht in Bauteile gelangen, die keiner zusätzlichen Schmierung bedürfen.

#### **5.4.4.3.2 Verträglichkeit der Schmierstoffe**

Wenn erforderlich, müssen geeignete Schmierstoffe für den Einsatz in den Anlagen festgelegt werden. Diese Schmierstoffe müssen mit allen Bauteilen, Elastomeren, Kunststoffrohren und Schläuchen in der Anlage verträglich sein.

#### **5.4.4.3.3 Druckluftöler**

Wenn geölte Druckluft erforderlich ist, sollte ein/sollten Druckluftöler so nahe wie möglich und über dem Gerät, das zu schmieren ist, angeordnet sein. Wenn die Anordnung des Druckluftölers über dem zu schmierenden Gerät nicht möglich ist, sollten Druckluftöler der Umlauf- oder Einspritzbauart verwendet werden. Druckluftöler müssen so angeordnet sein, dass sie leicht nachgefüllt werden können.

Wenn notwendig, müssen Druckluftöler mit Abscheider ausgestattet sein, um das im Bodenbereich des Druckluftölers gesammelte Wasser ablassen zu können.

#### **5.4.4.4 Drucklufttrocknung**

**5.4.4.4.1** Wenn es erforderlich ist, den Feuchtigkeitsgehalt der Druckluft zu reduzieren, muss ein Drucklufttrockner angewandt werden. Der anzuwendende Trocknertyp ist abhängig von der Umgebung und den Anlagenanforderungen.

**5.4.4.4.2** Der gewählte Trockner muss groß genug bemessen sein, um den erforderlichen Volumenstrom bei festgelegter Taupunkttemperatur zu sichern.

#### **5.4.4.5 Berstschutz für Druckluftaufbereitungsbauteile**

**5.4.4.5.1** Um Personal vor der Gefährdung durch Schäden nichtmetallischer Gefäße an Filtern, Abscheidern, Filter-Reglern und Ölern, deren Produkt aus Bemessungsdruck und Volumen des leeren Gefäßes größer als 100 kPa·l (1 bar·l) ist, zu schützen, sollte das Gefäß für die Verwendung eines Berstschatzes vorgesehen sein.

**5.4.4.5.2** Um mögliche Schäden an Kunststoffgefäßen bei bestimmten Umgebungsbedingungen zu vermeiden, oder wenn das Anbringen eines Berstschatzes nicht möglich ist, müssen Metallgefäße verwendet werden.

#### **5.4.5 Leitungssystem**

##### **5.4.5.1 Allgemeine Anforderungen**

**5.4.5.1.1** Die Konstruktion und Auswahl des Leitungsmaterials muss die Bedingungen am Aufstellort berücksichtigen.

**5.4.5.1.2** Der Volumenstrom durch das Leitungssystem sollte keine Gefährdungen durch Temperaturveränderung oder Druckabfall hervorrufen.

**5.4.5.1.3** Schwankungen des Volumenstroms sollten durch Vermeidung plötzlicher Änderungen der Innendurchmesser der Leitungen minimiert werden.

**5.4.5.1.4** Um die Ansprechzeit zu optimieren, sollte die Länge der Leitungen zwischen Antrieben und ihren Wegeventilen auf ein Minimum beschränkt sein.

**5.4.5.1.5** Um Energieverluste zu minimieren, sollte die Anzahl der Leitungsverbindungen so klein wie möglich gehalten werden.

### 5.4.5.2 Gestaltung des Leitungssystems

5.4.5.2.1 Das Leitungssystem sollte so gestaltet sein, dass seine Benutzung als Tritt oder Leiter erschwert ist. Äußere Kräfte sollten nicht auf das Leitungssystem übertragen werden können.

5.4.5.2.2 Leitungen dürfen nicht zur Befestigung von Bauteilen benutzt werden, wenn dadurch unzulässige Belastungen hervorgerufen werden können. Unzulässige Belastungen können durch die Masse des Bauteils, Stoß, Vibration und Druckstöße entstehen.

### 5.4.5.3 Kennzeichnung, Anordnung und Anbringung der Leitungen

5.4.5.3.1 Leitungen sollten spannungsfrei angebracht sein, sollten gegen vorhersehbare Beschädigung geschützt angeordnet sein und sollten die Zugänglichkeit bei Einstellarbeiten, Reparaturen oder Austausch von Bauteilen nicht beeinträchtigen.

5.4.5.3.2 Leitungen sollten so gekennzeichnet und angeordnet sein, dass es nicht möglich ist, eine falsche Verbindung herzustellen, die zu einer Gefährdung oder Fehlfunktion führen könnte.

### 5.4.5.4 Fremdkörper

Leitungen, Leitungsverbindungen und Strömungskanäle, einschließlich Kernlöcher und Bohrungen, müssen frei sein von schädlichen Fremdkörpern wie Zunder, Grate, Späne, usw., die den Durchfluss einschränken könnten oder im Leitungssystem wandern und Fehlfunktionen von und/oder Beschädigungen an irgendeinem Bauteil, einschließlich Dichtungen und Packungen, verursachen können.

### 5.4.5.5 Halterung von Rohren

5.4.5.5.1 Rohre müssen sicher befestigt sein.

5.4.5.5.2 Die Halterungen dürfen die Rohre nicht beschädigen oder den Durchfluss verringern.

5.4.5.5.3 Tabelle 1 gibt eine Empfehlung für den maximalen Abstand zwischen den Rohrhalterungen.

**Tabelle 1 — Empfohlener maximaler Abstand zwischen den Rohrhalterungen**

<b>Nenn-Rohraußendurchmesser</b> mm	<b>Empfohlener maximaler Abstand zwischen den Rohrhalterungen</b> m
≤ 10	1
> 10 und ≤ 25	1,5
> 25 und ≤ 50	2
> 50	3

### 5.4.5.6 Leitungen zwischen Baugruppen

Wo die Maschine aus einzelnen Baugruppen besteht, sollten Endstücke nach Art einer Schottdurchführung oder eines Mehrfachverteilers verwendet werden, um die Leitungen zu befestigen und die Leitungsverbindungen von den einzelnen Baugruppen aufzunehmen.

### 5.4.5.7 Leitungsführung über Verkehrswege

Leitungsführungen, die Verkehrswege kreuzen, dürfen den Verkehrsfluss nicht behindern. Sie sollten entweder unter oder ausreichend über dem Wegeniveau angeordnet werden und den Bedingungen am Aufstellort entsprechen. Diese Leitungen müssen leicht zugänglich, ausreichend befestigt und, wenn erforderlich, gegen äußere Beschädigungen geschützt sein.

#### 5.4.5.8 Schnelltrennkupplungen

Schnelltrennkupplungen müssen so ausgewählt und eingebaut sein, dass sie, wenn sie gekuppelt oder entkuppelt werden,

- a) nicht in gefahrbringender Weise kuppeln oder entkuppeln;
- b) Druckluft oder Partikel nicht in gefahrbringender Weise ausstoßen;
- c) mit Druckentlastung versehen sind, wenn die Möglichkeit einer Gefährdung besteht.

#### 5.4.5.9 Schlauchleitungen

##### 5.4.5.9.1 Allgemeine Anforderungen

Schlauchleitungen müssen:

- a) aus Schläuchen hergestellt sein, die nicht bereits als Teil einer anderen Schlauchleitung in Betrieb waren;
- b) eine Empfehlung des Schlauchherstellers zur maximalen Lagerdauer und den Lagerbedingungen haben;
- c) innerhalb der vom Schlauchhersteller angegebenen Bemessungsdrücke verwendet werden;
- d) nach ihrer elektrischen Leitfähigkeit oder Nicht-Leitfähigkeit ausgewählt sein für Anwendungen bei denen diese Eigenschaft zu einer Gefährdung führen könnte.

##### 5.4.5.9.2 Einbau

Der Einbau von Schlauchleitungen muss so erfolgen, dass:

- a) die Mindestlänge zur Vermeidung von Knickung und Zugbeanspruchung des Schlauches während des Betriebs vorhanden ist. Schläuche sollten nicht mit einem Radius kleiner als der empfohlene kleinste Biegeradius gebogen werden;
- b) das Verdrehen des Schlauches beim Einbau und während des Betriebes, z. B. aufgrund einer blockierenden Drehverbindung, auf ein Minimum reduziert wird;
- c) sie so angeordnet oder geschützt sind, dass der Abrieb der Außenschicht des Schlauches minimiert wird;
- d) sie unterstützt sind, wenn das Gewicht der Schlauchleitung zu unzulässiger Beanspruchung führen könnte.

##### 5.4.5.10 Ausbau von Leitungen

Leitungen sollten ohne Verwendung von Spezialwerkzeugen und ohne Beeinträchtigung der Bauteile, die unabhängig vom Leitungssystem befestigt sind, ausgebaut werden können.

##### 5.4.5.11 Schäden an Schlauch- und Kunststoffleitungen

**5.4.5.11.1** Wenn der Ausfall einer Schlauchleitung oder eines Kunststoffrohres eine Gefährdung durch Peitschen hervorrufen kann, muss sie/es durch geeignete Mittel zurückgehalten oder abgeschirmt werden. Zusätzlich sollte ein Leitungsbruchventil für Druckluft eingebaut sein.

**5.4.5.11.2** Wenn der Ausfall einer Schlauchleitung oder eines Kunststoffrohres eine Gefährdung durch Herausströmen des Druckmediums hervorrufft, muss sie/es abgeschirmt werden.

## **5.4.6 Steuerungen**

### **5.4.6.1 Unbeabsichtigte Bewegung**

Steuerungen müssen so ausgelegt sein, dass für alle Phasen des Betriebsablaufes unbeabsichtigte gefährdende Bewegungen und eine unzulässige Funktionsfolge der Antriebe, insbesondere bei senkrechter und schräger Bewegungsrichtung, verhindert werden.

### **5.4.6.2 Druckregelung**

**5.4.6.2.1** Eine Überwachungseinrichtung muss den Anlagendruck innerhalb sicherer Grenzwerte halten. Wenn z. B. Druckregelventile in pneumatischen Schaltkreisen für Sicherheitsfunktionen verwendet werden, sollten diese Sekundärentlüftung haben (siehe 5.2.2.2 und 5.2.2.4).

**5.4.6.2.2** Ein 3-Wege-Druckminderventil, das nicht als Sicherheitsbauteil ausgelegt ist, darf nicht das einzige Mittel sein, um dort überhöhten Druck zu vermeiden, wo sein Entlüftungsvermögen unzureichend ist.

**5.4.6.2.3** Die erforderliche Genauigkeit der Druckregelung und der Volumenstromcharakteristik für die Anwendung bestimmt den Typ des anzuwendenden Reglers (siehe ISO 6953-1).

### **5.4.6.3 Einstellbare Betätigungseinrichtungen**

**5.4.6.3.1** Druck- und Stromventile müssen so ausgelegt sein, dass sie Einstellungen innerhalb ihrer Bemessungswerte erlauben. Einstellungen außerhalb dieser Bemessungswerte können möglich sein; die Bemessungswerte sind nicht die maximal einstellbaren Grenzwerte.

**5.4.6.3.2** Einstellbare Betätigungseinrichtungen müssen ihre eingestellten Werte innerhalb festgelegter Grenzen bis zu einer Neueinstellung beibehalten.

**5.4.6.3.3** Die erforderliche Genauigkeit der Druckregelung und der Volumenstromcharakteristik für die Anwendung bestimmt den Typ des anzuwendenden Reglers (siehe ISO 6953-1).

### **5.4.6.4 Stabilität**

Druck- und Stromventile müssen so ausgewählt sein, dass Änderungen des Betriebsdruckes, der Betriebstemperatur und der Belastung zu keiner Fehlfunktion oder Gefährdung führen.

### **5.4.6.5 Absicherung gegen unzulässige Verstellung**

Druck- und Stromventile oder deren Abdeckungen müssen mit Schutzeinrichtungen (z. B. Schloss an einem Druckregler) versehen sein, wenn unerlaubte Druck- oder Volumenstromänderungen zu einer Gefährdung oder Fehlfunktion führen können.

### **5.4.6.6 Handhebel**

Die Bewegungsrichtung von Handhebeln darf nicht zu Verwechslungen führen. Eine Hebelbewegung nach oben sollte z. B. keine Bewegung der gesteuerten Einrichtung nach unten auslösen; siehe IEC 61310-3.

### **5.4.6.7 Vorrangige Handsteuerung**

Wenn für den Einrichtbetrieb eine Handsteuerung vorgesehen ist, muss diese sicher ausgeführt sein und im Einrichtbetrieb Vorrang vor der automatischen Steuerung haben

### **5.4.6.8 Zweihandsteuerungen**

Werden Zweihandsteuerungen verwendet, müssen diese ISO 13851 entsprechen.

#### **5.4.6.9 Sichere Stellung**

Jeder Antrieb, der bei Ausfall der Steuerung seine Stellung beizubehalten oder eine bestimmte Sicherheitsstellung einzunehmen hat, muss durch ein Ventil gesteuert werden, das eine definierte sichere Schaltstellung beibehält oder einnimmt (z. B. durch Federvorspannung oder ein vergleichbares physikalisches Prinzip).

ANMERKUNG Um die sichere Schaltstellung zu verlassen, ist Druck oder Kraft erforderlich; siehe ISO 13849-2:2003, Tabelle B.2.

#### **5.4.6.10 Steuerungen mit Stetigventilen**

##### **5.4.6.10.1 Vorrangige Steuerungen**

Wenn bei servo- oder proportionalventilgesteuerten Antrieben durch eine Fehlfunktion der Steuerung eine Gefährdung entstehen könnte, müssen Maßnahmen vorgesehen sein, um die Kontrolle über diese Antriebe beizubehalten oder wiederherzustellen oder die Bewegung der Antriebe zu stoppen.

##### **5.4.6.10.2 Zusätzliche Einrichtungen**

Wenn bei geschwindigkeits- oder drehzahlgesteuerten Antrieben mit Servo- oder Proportionalventilen durch unbeabsichtigte Bewegungen eine Gefährdung hervorgerufen werden könnte, müssen diese mit Einrichtungen versehen sein, die die Antriebe in eine sichere Lage bringen oder darin halten.

##### **5.4.6.11 Überwachung der Anlagenparameter**

Wenn Veränderungen der Betriebsparameter der Anlage eine Gefährdung verursachen könnten, muss eine eindeutige Anzeige der Betriebsparameter, z. B. Temperatur, Druck, vorgesehen sein.

##### **5.4.6.12 Steuerung verketteter Einrichtungen**

Bei mehreren automatisch oder von Hand betätigten verketteten Einrichtungen an einer Maschine, bei der das Versagen einer dieser Einrichtungen eine Gefährdung hervorrufen kann, müssen Verriegelungen oder andere Sicherheitsmaßnahmen vorgesehen sein. Falls durchführbar, sollten diese Verriegelungen alle Arbeitsschritte unterbrechen, vorausgesetzt, dass eine solche Unterbrechung nicht selbst eine Gefährdung nach sich zieht.

##### **5.4.6.13 Ablaufsteuerungen**

Vorzugsweise sind wegabhängige Ablaufsteuerungen zu verwenden. Sie müssen immer dann angewendet werden, wenn eine Fehlfunktion der Schrittfolge einer Druck- oder Zeitsteuerung selbst zu einer Gefährdung führen kann.

##### **5.4.6.14 Anordnung von Steuerungen**

###### **5.4.6.14.1 Handsteuerungen**

Die Anordnung und Befestigung von Handsteuerungen

- a) muss die Steuerung in Reichweite der Bedienperson bei üblicher Arbeitsposition positionieren;
- b) darf nicht erfordern, dass die Bedienperson an sich bewegenden Teilen vorbeigreifen muss um die Steuerung zu betätigen;
- c) darf nicht die erforderlichen Arbeitsbewegungen der Bedienperson behindern;
- d) muss so entwickelt, ausgewählt und angeordnet sein, dass die Bedienperson keinen Gefährdungen ausgesetzt wird.

#### **5.4.6.14.2 Schaltschränke und Steuerungsgehäuse**

Die Größe der Schaltschränke, Steuerungsgehäuse, Türen und Deckel und die Anordnung der enthaltenen Steuerungseinrichtungen muss ausreichend Platz für Instandhaltung und Lüftung bieten.

#### **5.4.6.15 Notbetätigung**

Die Anlage muss mit einer Not-Halt-Einrichtung nach ISO 13850 oder einer Notbetätigung ausgerüstet sein.

#### **5.4.7 Zustandsüberwachung**

##### **5.4.7.1 Druckmessung**

**5.4.7.1.1** Druckmessgeräte sollten mit einem solchen Messbereich gewählt werden, dass der maximale Betriebsdruck der Anlage bei Drücken im Beharrungszustand 75 % und bei Druckschwankungen 65 % des maximalen Skalenwertes nicht übersteigt.

**5.4.7.1.2** Wenn Druckmessgeräte in der Anlage fest installiert sind, müssen sie gegen schnell wechselnde Drücke geschützt sein.

##### **5.4.7.2 Anzeige der Versorgung mit elektrischer Energie**

Elektrische Geräte sollten verwendet werden, um den Zustand der elektrischen Signale bezüglich der einzelnen Bauteile anzuzeigen.

#### **5.4.8 Schalldämpfer**

Schalldämpfer müssen verwendet werden, wenn der Schalldruckpegel, der durch die ausströmende Luft erzeugt wird, über dem in anzuwendenden Regeln und Normen zugelassenen Niveau liegt. Die Verwendung von Schalldämpfern an Abluftöffnungen darf selbst keine Gefährdung hervorrufen. Schalldämpfer sollten keinen nachteiligen Gegendruck aufbauen.

#### **5.4.9 Dichtungen**

Dichtungen

- a) dürfen nicht durch Luft, Feuchtigkeit, Temperatur, Druckmedien oder die verwendeten Schmiermittel beeinträchtigt werden;
- b) müssen mit den Werkstoffen der angrenzenden Bauteile verträglich sein;
- c) müssen in Übereinstimmung mit den Empfehlungen des Auftragnehmers gelagert werden;
- d) dürfen die Lagerfristen nicht überschreiten;
- e) sollten vor der Spezifizierung für ihre Anwendung unter Bedingungen geprüft werden, die den tatsächlichen Betriebsbedingungen der Anwendung so nahe wie möglich kommen.

#### **5.4.10 Druckluftbehälter und Hilfsluftbehälter**

Wenn Druckluftbehälter und andere Hilfsluftbehälter Bestandteil einer Pneumatikanlage sind (zusätzlich zum Druckluftversorgungssystem der Gesamtanlage), müssen folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- a) ausreichendes Fassungsvermögen, um die erforderliche Druckstabilität abzusichern;
- b) Auslegung, Fertigung und Kennzeichnung nach den anzuwendenden Regeln;

- c) Möglichkeit für korrekte Druckmessung, wenn erforderlich;
- d) Möglichkeit zur Entwässerung und Schutz vor Einfrieren, wenn die Einbausituation ein Sammeln von Kondensat zulässt;
- e) Entlüften oder pneumatisches Absperren, wenn die Luftversorgung abgestellt ist.

Ist der Behälter pneumatisch abgesperrt, muss ein manuell zu betätigendes verriegelbares Absperrventil vorhanden sein um im Hilfsluftbehälter Druck aufrechtzuerhalten. Wenn Entlüftung des Druckluftbehälters oder Hilfsluftbehälters erforderlich ist, muss ein manuell zu betätigendes Entlüftungsventil vorhanden sein, und ein geeignetes Service-Warnschild muss ständig am Behälter angebracht sein.

## 6 Feststellung der Übereinstimmung mit den Sicherheitsanforderungen und Abnahmeprüfung

Die Pneumatikanlage muss einer Kombination aus Inspektion und Prüfung unterzogen werden, um festzustellen, dass

- a) die Pneumatikanlage und deren Bauteile mit der Anlagenbeschreibung übereinstimmt;
- b) die Verbindungen der Bauteile in der Pneumatikanlage mit dem Schaltplan übereinstimmen;
- c) die Anlage, einschließlich aller Sicherheitsbauteile, bestimmungsgemäß funktioniert;
- d) keine hörbare Leckage, außer dem funktionsbedingten Luftverbrauch, nachdem die Anlage mit dem unter allen vorgesehenen Betriebsbedingungen maximalen Druck beaufschlagt wurde; Leckage in einer Pneumatikanlage sollte durch die Beachtung geeigneter Montageverfahren vermieden werden.

ANMERKUNG Da eine Pneumatikanlage eine unvollständige Maschine sein kann, können viele Prüfungen nicht durchgeführt werden bevor die Pneumatikanlage in eine Maschine eingebaut ist.

Die Ergebnisse des Nachweises durch Inspektion und Prüfung müssen dokumentiert werden.

## 7 Benutzerinformationen

### 7.1 Allgemeine Anforderungen

Die Benutzerinformationen müssen, sofern zutreffend, mit ISO 12100:2010, 6.4, übereinstimmen.

### 7.2 Endgültige Angaben

Die folgenden Unterlagen, die mit der endgültig akzeptierten Anlage übereinstimmen, müssen zur Verfügung gestellt werden:

- a) endgültiger Schaltplan nach ISO 1219-2;

ANMERKUNG ISO 1219-2 gibt ein Verfahren zur Festlegung eines eindeutigen Kennzeichnungsschlüssels an, siehe 7.4.2.1.

- b) Stückliste;
- c) Zusammenstellungszeichnung;
- d) Instandhaltungs- und Betriebsanleitungen, siehe 7.3;
- e) wenn erforderlich, Zertifikate;

- f) Montageanleitung;
- g) Sicherheitsdatenblatt für Schmieröl oder Fett, wenn diese Stoffe mit der Anlage zur Verfügung gestellt werden.

### **7.3 Angaben zur Instandhaltung und zum Betrieb**

**7.3.1** Eine Betriebsanleitung, die den Betrieb und die Instandhaltung der Anlage beschreibt und die die erforderlichen Instandhaltungs- und Betriebsdaten nach ISO 12100:2010, 6.4, für alle Pneumatikbauteile einschließlich des Leitungssystems enthält, muss zur Verfügung gestellt werden.

**ANMERKUNG** Es wird allgemein erwartet, dass diese Anforderungen durch den Auftragnehmer der Anlage erfüllt werden.

Diese Daten müssen eindeutig

- a) die Anfahr- und Abschaltvorgänge beschreiben;
- b) alle erforderlichen Anleitungen beinhalten, um die Anlage drucklos zu machen und diejenigen Teile der Anlage identifizieren, die durch die normale Druckentlastungseinrichtung nicht drucklos werden;
- c) die Einstellvorgänge beschreiben;
- d) äußere Schmierstellen, den Typ des erforderlichen Schmierstoffes und die Inspektionsintervalle angeben und informieren, ob Druckluftöler unter Druck nachgefüllt werden können;
- e) die Lage von Ablassstellen, Filtern, Prüfstellen usw. angeben, die regelmäßig instandgehalten werden müssen;
- f) Instandhaltungsverfahren für besondere Baugruppen beschreiben;
- g) empfohlene Ersatzteile auflisten;
- h) Empfehlungen zur Schlauchleitungsinstandhaltung geben.

**7.3.2** Für die Wartung oder den Ersatz von Bauteilen in sicherheitsbezogenen Teilen von Steuerungen müssen Informationen über die Lebensdauer und Gebrauchsdauer angegeben werden.

**ANMERKUNG** Wenn ISO 13849-1 angewendet wird, können diese Informationen erforderlich sein, um den festgelegten Performance Level beizubehalten.

### **7.4 Kennzeichnung und Identifizierung**

#### **7.4.1 Bauteile**

**7.4.1.1** Die folgenden Angaben müssen, soweit möglich, in dauerhafter und gut leserlicher Form an allen Bauteilen angebracht und sichtbar sein:

- a) Name und/oder Kurzzeichen des Herstellers oder Lieferanten;
- b) Produktidentifizierung des Herstellers oder Lieferanten;
- c) Bemessungsdruck;
- d) Symbole nach ISO 1219-1 mit allen Anschlüssen korrekt bezeichnet nach ISO 11727. Die Symbole sollten so angebracht werden, dass ihre Orientierung dem physischen Bauteil entspricht.

**ANMERKUNG** Es wird allgemein erwartet, dass die Anforderungen durch den Auftragnehmer der Anlage erfüllt werden.

**7.4.1.2** Wo aus Platzgründen die Buchstaben zu klein würden, um lesbar zu sein, dürfen diese Informationen auch anderweitig, beispielsweise auf Betriebsanleitungs-Wartungsblättern, Katalogblättern oder Anhängern bereitgestellt werden.

**7.4.1.3** Für Druckluftmotoren muss die Drehrichtung angegeben werden. Für Filter, Öler und Regler muss die Durchflussrichtung angegeben werden.

**7.4.1.4** Zusätzliche Informationen, die entweder am Bauteil oder in der Verkaufsliteratur angegeben werden können, sind in Tabelle 2 beschrieben.

**Tabelle 2 — Zusätzliche Informationen, die am Bauteil und/oder in der Verkaufsliteratur angegeben werden können**

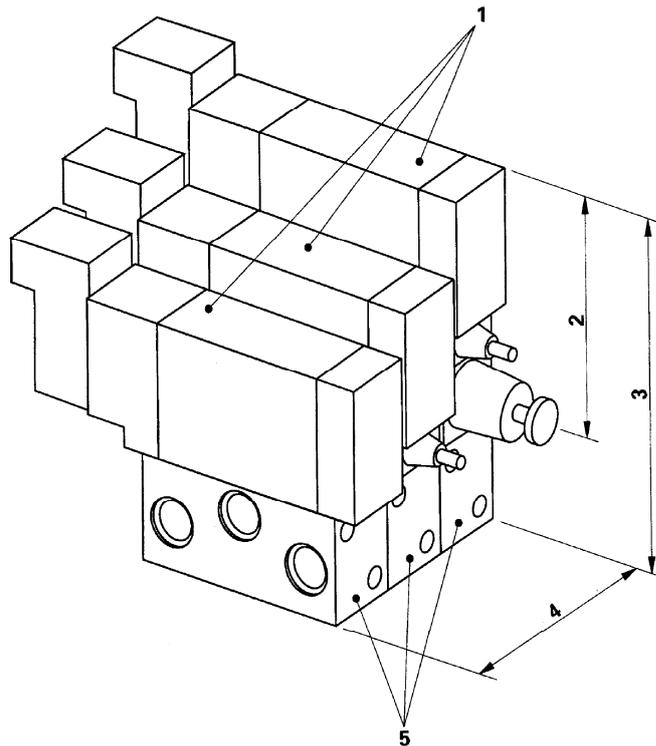
Bauteil	Erforderliche Informationen	Zusätzliche Informationen <sup>a</sup>	Anmerkungen
Druckluftmotoren	—	Verbrauch atmosphär. Luft	—
Drehantriebe	Drehwinkel	—	—
	Verdrängungsvolumen	—	—
Zylinder	Zylinderbohrung	—	—
	Zylinderhub	—	—
Ventilmagnete	Spannung	—	—
	Wechselspannung: Frequenz oder V·A Gleichspannung: Leistung	—	—
	—	Schutzart (IP-Code)	Nach IEC 60529
Wegeventile	Betriebsdruckbereich	—	Kann ersetzt werden durch Bemessungsdruck
	Anschlussgröße	—	—
Druckschalter	Betriebsdruckbereich	—	Kann ersetzt werden durch Bemessungsdruck
	Druckdifferenzbereich	—	—
	Spannung und zul. Stromstärke des Schalters	—	—
	—	Schutzart (IP-Code)	Nach IEC 60529
Filter	Nennfiltrationsrate	—	Siehe ISO 5782-1.
	Anschlussgröße	—	—
Druckregler	Anschlussgröße	—	Siehe ISO 6953-1.
	—	Druckeinstellbereich	—
Druckluftöler	Anschlussgröße	—	Siehe ISO 6301-1.
	—	Mindestvolumenstrom zum Betrieb	—
	—	Ölventil-Einstellrichtung	—

<sup>a</sup> Die Temperaturbemessung aller Bauteile ist optional.

## 7.4.2 Bauteile in einer Anlage

**7.4.2.1** Jedem Bauteil und jeder Schlauchleitung in der Pneumatikanlage muss ein eindeutiger Kennzeichnungsschlüssel zugeordnet werden; siehe 7.2 a). Dieser Kennzeichnungsschlüssel muss zur Identifizierung des Bauteils und der Schlauchleitung auf allen Stücklisten, Lageplänen und Schaltplänen verwendet werden. Die Angabe sollte deutlich und dauerhaft an der Anlage neben, aber nicht auf dem Bauteil oder der Schlauchleitung angebracht sein.

**7.4.2.2** Die Reihenfolge und Lage höhenverketteter Bauteile sollte eindeutig neben, aber nicht auf der Höhenverkettung gekennzeichnet werden; siehe Bild 1.



### Legende

- 1 einzelne Ventile für Anschlussplatten
- 2 Ventil-Höhenverkettung
- 3 Sektion
- 4 Ventilblock
- 5 einzelne Verkettungsplatten

**ANMERKUNG** Das Bild zeigt einen Ventilblock mit Höhenverkettung bestehend aus drei Sektionen. Zwei dieser Sektionen bestehen aus einer auf Verkettungsplatten aufgebauten Höhenverkettung, die dritte Sektion besteht aus einem auf einer Verkettungsplatte aufgebauten Ventil.

**Bild 1 — Beispiel eines Ventilblocks mit Höhenverkettung**

### 7.4.3 Anschlussöffnungen und Leitungsteile

**7.4.3.1** Alle Anschlüsse müssen deutlich und unverwechselbar gekennzeichnet werden. Die Kennzeichnung muss mit den Angaben im Schaltplan übereinstimmen.

**7.4.3.2** Wenn eine Verwechslung nicht durch andere Mittel verhindert werden kann, müssen alle Leitungsteile, welche die Pneumatikanlage mit anderen Systemen verbinden, deutlich und unverwechselbar gekennzeichnet werden und mit den Angaben in der betreffenden Dokumentation übereinstimmen.

Eine der folgenden Möglichkeiten zur Kennzeichnung von Leitungen, basierend auf den Angaben im Schaltplan kann angewendet werden:

- a) Kennzeichnung unter Verwendung einer Leitungsnummer;
- b) Kennzeichnung der Leitungsenden unter Verwendung der Bezeichnungen der Bauteile und Anschlüsse, entweder
  - Kennzeichnung an jedem Ende mit Bauteil- und Anschlussbezeichnung mit dem das jeweilige Ende zu verbinden ist, oder
  - Kennzeichnung an jedem Ende mit Bauteil- und Anschlussbezeichnung mit dem das jeweilige Ende zu verbinden ist und Bauteil- und Anschlussbezeichnung mit dem das entgegengesetzte Ende zu verbinden ist;
- c) Kennzeichnung aller Leitungen und ihrer Enden mit einer Kombination aus a) und b).

**7.4.3.3** Die folgenden Angaben müssen auf dem Schlauch in dauerhafter und gut leserlicher Form sichtbar sein:

- a) Name und/oder Kurzzeichen des Herstellers oder Lieferanten;
- b) Herstellungsdatum (Jahr/Quartal);
- c) Bemessungsdruck;
- d) Nenn-Innendurchmesser (optional).

ANMERKUNG Es wird allgemein erwartet, dass die Anforderungen durch den Schlauchhersteller erfüllt werden.

**7.4.3.4** Die folgenden Angaben müssen auf dem Kunststoffrohr in dauerhafter und gut leserlicher Form sichtbar sein:

- a) Name und/oder Kurzzeichen des Herstellers oder Lieferanten;
- b) Herstellungsdatum (Jahr/Quartal);
- c) Nenn-Außendurchmesser (optional).

ANMERKUNG Es wird allgemein erwartet, dass die Anforderungen durch den Kunststoffrohr-Hersteller erfüllt werden.

### 7.4.4 Ventilbetätigungen

**7.4.4.1** Ventilbetätigungen und ihre Funktionen müssen eindeutig und dauerhaft mit derselben Kennzeichnung, die im Schaltplan verwendet wird, gekennzeichnet sein.

**7.4.4.2** Wenn die gleiche elektrische Ventilbetätigung (z. B. Magnetspulen und ihre Anschlussstecker oder -kabel) im Pneumatikschaltplan und im entsprechenden elektrischen Schaltplan dargestellt ist, muss sie in beiden Schaltplänen mit derselben Kennzeichnung versehen sein.

#### **7.4.5 Eingebaute Funktionsteile**

Ventile und andere Funktionsteile (z. B. Blenden, Durchlässe, Wechselventile, Rückschlagventile usw.), die in einem Steuerblock, einer Anschlussplatte, einem Dämpfer oder einer Verschraubung liegen, müssen neben der entsprechenden Einbauöffnung gekennzeichnet sein. Liegen Eintrittsöffnungen unter Bauteilen, muss die Kennzeichnung, soweit möglich, neben diesem Bauteil vorgesehen und mit dem Wort „**VERDECKT**“ markiert werden. Wo dies nicht möglich ist, muss eine Kennzeichnung durch andere Maßnahmen erfolgen.

#### **7.4.6 Funktionsschild**

Ein Funktionsschild sollte für jede Steuereinheit vorgesehen und leicht lesbar angebracht sein. Die darauf angegebene Information muss leicht verständlich sein und die jede gesteuerte Anlagenfunktion eindeutig kennzeichnen. Wo dies nicht möglich ist, muss eine Kennzeichnung durch andere Maßnahmen erfolgen.

### **8 Übereinstimmungsvermerk (Referenz zu dieser Internationalen Norm)**

Herstellern, die diese Internationale Norm anwenden, wird dringend empfohlen, in Prüfberichten, Katalogen und der Verkaufsliteratur den folgenden Hinweis zu verwenden:

„Pneumatikanlagen und deren Bauteile stimmen mit ISO 4414 überein.“

## Anhang A (informativ)

### Liste signifikanter Gefährdungen

**Tabelle A.1 — Liste von signifikanten Gefährdungen, die mit der Anwendung pneumatischer Energie in einer Maschine verbunden sind**

Nr.	Gefährdung	Relevanter Abschnitt in		Andere relevante Normen
	Art	ISO 12100:2010	dieser Internationalen Norm	
A.1	Mechanische Gefährdungen — Form; — relative Lage bewegter Teile; — Masse und Standfestigkeit (potenzielle Energie der Teile); — Masse und Geschwindigkeit (kinetische Energie der Teile); — unzulängliche mechanische Festigkeit; — Speicherung potenzieller Energie in: — elastischen Teilen (Federn), — Flüssigkeiten oder Gasen, — Vakuum; — Leckage.	Siehe Tabelle B.1, 1	5.2.1, 5.2.2, 5.2.3, 5.2.5, 5.2.8, 5.2.11, 5.3.1, 5.3.2, 5.3.4.1, 5.4.1.1, 5.4.2.1, 5.4.2.2, 5.4.2.3, 5.4.2.4, 5.4.3, 5.4.4.2.3, 5.4.4.5, 5.4.5.2, 5.4.5.3, 5.4.5.4, 5.4.5.7, 5.4.5.8, 5.4.5.9, 5.4.5.11, 5.4.6.3, 7.3, 7.4.1	—
A.2	Elektrische Gefährdungen	Siehe Tabelle B.1, 2	5.2.8, 5.3.1, 5.4.3.4.2.1	IEC 60204-1
A.3	Thermische Gefährdungen, resultierend in Verbrennungen und Verbrühungen, durch eventuelle Berührung, Flammen oder Explosion sowie durch Strahlung von Wärmequellen	Siehe Tabelle B.1, 3	5.3.1, 5.4.3.4.2.3	ISO 13732-1
A.4	Gefährdungen durch Lärm	Siehe Tabelle B.1, 4	5.2.4, 5.3.1, 5.4.3.6, 5.4.8, 6	ISO/TR 11688-1
A.5	Gefährdungen durch Schwingungen	Siehe Tabelle B.1, 5	5.3.1, 5.4.2.4, 5.4.3.1, 5.4.3.2 c)	—
A.6	Gefährdungen durch Strahlung — elektromagnetische Felder	Siehe Tabelle B.1, 6	5.3.1	IEC 61000-6-2 IEC 61000-6-4
A.7	Gefährdungen durch Materialien und Substanzen	Siehe Tabelle B.1, 7	5.2.12, 5.3.1, 5.4.2.9, 7.2	—
A.8	Gefährdungen durch Vernachlässigung ergonomischer Grundsätze bei der Konstruktion von Maschinen	Siehe Tabelle B.1, 8	5.2.9, 5.3.2, 5.4.6.7	—
A.9	Gefährdungen durch Ausrutschen, Stolpern und Stürzen	Siehe Tabelle B.1, 9	5.3.1, 5.4.5.7	—

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Nr.	Gefährdung	Relevanter Abschnitt in		Andere relevante Normen
	Art	ISO 12100:2010	dieser Internationalen Norm	
A.10	Brand- oder Explosionsgefährdungen	Siehe Tabelle B.1, 3	5.2.12, 5.3.1, 7.2	—
A.11	Gefährdungen durch Störung in der Energieversorgung, Ausfall von Maschinenteilen und andere Fehlfunktionen	5.4 b), 6.2.11	5.2.1, 5.2.2, 5.2.5, 5.2.7, 5.4.6.9, 5.4.6.10	—
A.11.1	Störungen in der Energieversorgung (der Energie und/oder des Steuerstromes): — Energieschwankung; — unerwarteter Anlauf; — Nichtbefolgen eines erfolgten Anhaltebefehls; — Herausfallen oder -schleudern von beweglichen Teilen oder Werkstücken, die von der Maschine gehalten werden; — verhindertes automatisches oder manuelles Anhalten; — nicht vollständig funktionsfähige Schutzeinrichtung.	5.4 b), 6.2.11	5.2.7, 5.2.8, 5.2.10, 5.3.1, 5.4.3.4.2.3, 5.4.3.4.2.4	—
A.11.2	Unerwartetes Herausschleudern von Maschinenteilen oder Austreten von Druckmedium	Siehe Tabelle B.1, 1; 6.2.10, 6.2.11.1, 6.2.11.5, 6.3.2.1	5.3.1, 5.4.5.8, 5.4.5.11	—
A.11.3	Störung, Fehlfunktion des Steuerungssystems (unerwarteter Start, unerwarteter Weiterlauf)	Siehe Tabelle B.1, 1; 6.2.11.1, 6.2.11.2, 6.2.11.4, 5.4	5.2.7, 5.2.8, 5.2.10, 5.4.6.2, 5.4.6.9, 5.4.6.10, 5.4.6.13	ISO 13849-1
A.11.4	Fehlerhafte Montage	6.4.5	5.3.1, 5.3.2, 5.3.4.1, 5.4.3.2 b), 5.4.5.3, 7.4.2	—
A.12	Gefährdung durch zeitweiliges Fehlen und/oder falsch angeordnete sicherheitsrelevante Schutzmaßnahmen/Schutzmitteln, zum Beispiel	6.3		—
A.12.1	Start- und Stoppeinrichtungen	6.2.11, 6.2.12	5.2.7	—
A.12.2	Sicherheitssymbole und -signale	6.2.8 g), 6.4.3	7.3	—
A.12.3	Alle Arten von Informations- oder Warneinrichtungen	6.4.3, 6.4.4	5.4.4.2.3, 5.4.6.5, 5.4.7, 7.4	—
A.12.4	Abschalteinrichtungen der Energieversorgungen	6.3.5.4	5.2.7, 5.2.8, 7.3	—
A.12.5	Notfalleinrichtungen	6.3.5, 6.2.11	—	ISO 13850
A.12.6	Wesentliche Ausrüstungen und Zubehör zum sicheren Einstellen und/oder Instandhalten	6.2.15, 6.3	5.2.9, 5.4.1.1, 5.4.2.7, 5.4.5.11, 5.4.4.5, 5.4.6.3, 5.4.6.4	—

## Anhang B (informativ)

### Datenblatt für Pneumatikanlagen und deren Bauteile zur Sicherstellung der Übereinstimmung mit ISO 4414

Original     Änderung    Nr. der Änderung: \_\_\_\_\_ Datum der Änder.: \_\_\_\_\_

Anfragenummer des Auftraggeb.: \_\_\_\_\_ Auftragsnummer des Auftraggebers: \_\_\_\_\_ Ausfertigungsdatum: \_\_\_\_\_

#### B.1 Allgemeine Anforderungen

##### B.1.1 Beschreib. der Anlage

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

##### B.1.2 Abnahme

Ort: \_\_\_\_\_

Termin: \_\_\_\_\_

##### B.1.3 Namen und Kontaktinformationen der betroffenen Parteien

###### Auftraggeber

Firma: \_\_\_\_\_

Ansprechpartner: \_\_\_\_\_

Adresse: \_\_\_\_\_

Telefon: \_\_\_\_\_

Telefax: \_\_\_\_\_

E-Mail: \_\_\_\_\_

###### Auftragnehmer

Firma: \_\_\_\_\_

Ansprechpartner: \_\_\_\_\_

Adresse: \_\_\_\_\_

Telefon: \_\_\_\_\_

Telefax: \_\_\_\_\_

E-Mail: \_\_\_\_\_

**B.1.4 Lieferanschrift**

Firma: \_\_\_\_\_

Abteilung (falls zutreffend): \_\_\_\_\_

Adresse: \_\_\_\_\_

**B.1.5 Pneumatikanlage**

- ISO 4414:2010, *Fluidtechnik — Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Pneumatikanlagen und deren Bauteile*
- Ergänzende Vereinbarungen beigefügt.
- Firmennorm Pneumatik: \_\_\_\_\_
- Werks- oder Abteilungszusatz: \_\_\_\_\_
- Andere Normen oder Regeln:

Dokumentnummer	Titel des Dokuments	Ausgabe	Herausgeber

**B.1.6 Kenngrößen des Druckmediums (Druckluft); siehe 5.2.6**

Maximaler Versorgungsdruck: \_\_\_\_\_ kPa ( \_\_\_\_\_ bar)

Minimaler Versorgungsdruck: \_\_\_\_\_ kPa ( \_\_\_\_\_ bar)

Maximaler Volumenstrom: \_\_\_\_\_ l (ANR)/s bei ... kPa (... bar)  Versorgung verfügbar  
 Versorgung erforderlich

Typ des Kompressorenschmierstoffes: \_\_\_\_\_

Nennfiltrationsrate: \_\_\_\_\_

Maximale Taupunkttemperatur: \_\_\_\_\_ °C

**B.1.7 Bedingungen am Aufstellort und Arbeitsumgebung; siehe 5.3.1**

Höhe \_\_\_\_\_ m

Nenn-Luftdruck \_\_\_\_\_ kPa ( \_\_\_\_\_ bar)

Feuchtigkeitsbereich der Anlage: \_\_\_\_\_ % rel. Luftfeuchtigk. (falls bekannt)

Minimale Umgebungstemperatur: \_\_\_\_\_ °C

Maximale Umgebungstemperatur: \_\_\_\_\_ °C

Luftverschmutzungsgrad: \_\_\_\_\_

Umgebungsschallpegel: \_\_\_\_\_ dB

Bodenoberfläche:  Holzpflaster  Stahlbeton  andere: \_\_\_\_\_

Stromversorgung: Spannung: \_\_\_\_\_ V ± \_\_\_\_\_ V

Frequenz: \_\_\_\_\_ Hz

verfügb. Leistung (falls begrenzt): \_\_\_\_\_ W

Phase: \_\_\_\_\_

AC  DC

Andere Hilfsmittel: \_\_\_\_\_

Abfallentsorgung: \_\_\_\_\_

Schwingungspegel: \_\_\_\_\_

Max. Schwingungsniveaus und Frequenzen (falls bekannt):

Niveau 1: \_\_\_\_\_

Frequenz 1: \_\_\_\_\_ Hz

Niveau 2: \_\_\_\_\_

Frequenz 2: \_\_\_\_\_ Hz

Niveau 3: \_\_\_\_\_

Frequenz 3: \_\_\_\_\_ Hz

Notfall-, Sicherheits- und Energietrennanforderungen: \_\_\_\_\_

Andere gesetzl. und/oder Sicherheitsanforderungen: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Anforderungen an den Schutz von Personen  
 und der Pneumatikanlage und deren Bauteile:

- Einzäunung der Maschine
- abschließbare Steuerschränke
- abschließbare Steuergeräte
- andere: \_\_\_\_\_

Schutzart der elektrischen Geräte: IP \_\_\_\_\_ (nach IEC 60529)

Gefährdung durch Brand oder Explosion: \_\_\_\_\_

Verfügbare Handhabungseinrichtungen (z. B.  
 Hebevorrichtungen, Verkehrswege, zul. Bodenbelastung): \_\_\_\_\_

Spezielle Zugangs- oder Montageanforderungen: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**B.1.8 Endgültige Angaben; siehe 7.2**

Vorläufige Unterlagen zur Genehmigung				Beschreibung	Endgültige Unterlagen erhalten bei Auslieferung der Anlage			
Kopien		Reproduzierbare Originale			Kopien		Reproduzierbare Originale	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		Pneumatik-Schaltplan	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		Elektrik-Schaltplan	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		Pneumatikteileliste	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		Schrittfolge	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		Funktionsplan	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		Leitungsplan	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		Fußbodenplan	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		Fundamentzeichnungen	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	

**Originalzeichnungen** sind nach Fertigstellung zu senden an: \_\_\_\_\_

Zeichnung(en) mit während der Montage vorgenommenen Änderungen.

Zeichnungen sind in folgendem Format zur Verfügung zu stellen:  elektronisch  Papier – gerollt  
 Papier – gefaltet

Zeichnungsnummer(n), vom Auftraggeber festgelegt: \_\_\_\_\_

Zeichnungsnummer(n) der zugehörigen Ausrüstung des  
 Auftraggebers: \_\_\_\_\_

### B.1.9 Anforderungen an die Anlage; siehe 5.2.6

Maximaler Betriebsdruck: \_\_\_\_\_ kPa ( \_\_\_\_\_ bar)

Maximale Betriebstemperatur des Druckmediums: \_\_\_\_\_ °C

Minimale Betriebstemperatur des Druckmediums: \_\_\_\_\_ °C

Extremer Temperaturbereich  
(für Anlauf oder Aussetzbetrieb): \_\_\_\_\_ bis \_\_\_\_\_ °C

Maximale Oberflächentemperatur, denen Personen  
ausgesetzt sein können: \_\_\_\_\_ °C

Arbeitszyklen: \_\_\_\_\_

Lebensdauer (z. B. Stunden, Zyklen, usw.): \_\_\_\_\_

Schmierungsanforderungen: \_\_\_\_\_

Möglichkeiten zum Anheben der Bauteile und/oder der  
Anlage: \_\_\_\_\_

Anforderungen an Lackierung oder  
Schutzbeschichtungen: \_\_\_\_\_

Kennzeichnung: \_\_\_\_\_

Vorgaben für maximale Geräuschemission: \_\_\_\_\_

Notfall-, Sicherheits- und Energietrennanforderungen: \_\_\_\_\_

## B.2 Bauteilanforderungen

### B.2.1 Druckluftmotoren und Schwenkantriebe; siehe 5.4.1

Bauteil- nummer	Typ	Drehzahl, min <sup>-1</sup>	Verdrängungs- volumen cm <sup>3</sup>	Bemessungsdruck kPa (bar)	Zutreffende Normen

**B.2.2 Zylinder; siehe 5.4.2**

Bauteilnummer	Typ	Bemessungsdruck, kPa (bar)	Bohrung mm	Kolbenstangendurchmesser mm	Hub mm	Zutreffende Normen	Lieferant
<b>Doppelt wirkend</b>							
<b>Einfach wirkend</b>							
<b>Andere</b>							





**B.2.6 Druckluftaufbereitungsbauteile; siehe 5.4.4**

<b>Filter (Partikelfilter, Koaleszenzfilter oder Dampfrückhaltefilter)</b> <input type="checkbox"/> mit manueller Entwässerung <input type="checkbox"/> mit automatischer oder halbautomatischer Entwässerung					
Bauteil- nummer	Typ	Bemessungs- druck kPa (bar)	Bemessungs- volumenstrom l · min <sup>-1</sup>	Zutreffende Normen	Lieferant

<b>Druckregler (mit Druckentlastung oder ohne Druckentlastung)</b> <input type="checkbox"/> mit Druckmessgerät <input type="checkbox"/> ohne Druckmessgerät						
Bauteil- nummer	Typ	Bemessungs- druck kPa (bar)	Druckregel- bereich kPa (bar)	Maximale Temperatur °C	Zutreffende Normen	Lieferant

<b>Druckluftöler</b>					
Bauteil- nummer	Typ	Bemessungs- druck kPa (bar)	Maximale Temperatur °C	Zutreffende Normen	Lieferant

<b>Filter-Regler und Druckluft-Wartungseinheiten (FRL-Einheiten)</b> <input type="checkbox"/> als Einheit, wenn möglich <input type="checkbox"/> Einzelbauteile	

**B.2.7 Leitungssystem; siehe 5.4.5**

**Kunststoffleitungen**     nicht zulässig  
 zulässig unter \_\_\_\_\_ kPa ( \_\_\_\_\_ bar)

Bauteilnummer	Werkstoff	Max. Bemessungsdruck kPa (bar)	Zutreffende Normen	Lieferant
<b>Kunststoffleitungen, einschließlich Rohre, Verbindungsteile und Halterungen</b>				
<b>Starre Leitungen, einschließlich Rohre (Stahl und Kupfer), Verbindungsteile, Halterungen, Drehverbindungen, Ventilanschlussplatten, Verteiler (für Betriebsdrücke von 0-70 MPa (0-70 bar))</b>				
<b>Flexible Leitungen, einschließlich Schläuche und Schlaucharmaturen</b>				

**B.2.8 Hilfskompressoren**

Bauteilnummer	Typ und Beschreibung	Druck, kPa (bar)	Zutreffende Normen	Lieferant

### B.2.9 Zubehör

Diese Kategorie kann enthalten: Druckluftbehälter, Schalldämpfer, Druckschalter, Druckmessgeräte, Schnelltrennkupplungen, usw.

Bauteilnummer	Typ und Beschreibung	Bemessungsdruck kPa (bar)	Zutreffende Normen	Lieferant

### B.2.10 Andere Bauteile

Bauteilnummer	Typ und Beschreibung	Zutreffende Normen	Lieferant

### B.2.11 Bauteilzuverlässigkeit

Wenn Bauteilzuverlässigkeit für sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen erforderlich ist, kann ISO 19973 hilfreich sein. Der Anlagelieferant kann die folgenden Informationen vom Bauteilhersteller anfordern.

Bauteilnummer	Bauteil	MTTF <sup>a</sup>	B10 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> MTTF ist die charakteristische Lebensdauer für eine Weibull-Verteilung.  
<sup>b</sup> B10 kann entweder für die mittlere Lebensdauer (median life) oder für eine statistische Sicherheit von 95% spezifiziert werden.

## Anhang ZA (informativ)

### Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2006/42/EG

Diese Europäische Norm wurde im Rahmen eines Mandates, das dem CEN von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone erteilt wurde, erarbeitet, um ein Mittel zur Erfüllung der grundlegenden Anforderungen der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG nach der neuen Konzeption bereitzustellen.

Sobald diese Norm im Amtsblatt der Europäischen Union im Rahmen der betreffenden Richtlinie in Bezug genommen und in mindestens einem der Mitgliedstaaten als nationale Norm umgesetzt worden ist, berechtigt die Übereinstimmung mit den normativen Abschnitten dieser Norm innerhalb der Grenzen des Anwendungsbereichs dieser Norm zu der Annahme, dass eine Übereinstimmung mit den entsprechenden grundlegenden Anforderungen, außer den grundlegenden Anforderungen 1.5.8 und 1.7.4.2 u), der Richtlinie und der zugehörigen EFTA-Vorschriften gegeben ist.

**WARNHINWEIS** — Für Produkte, die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, können weitere Anforderungen und weitere EU-Richtlinien anwendbar sein.

## Literaturhinweise

- [1] ISO 3740, *Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources — Guidelines for the use of basic standards*
- [2] ISO 3744, *Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure — Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane*
- [3] ISO 3746, *Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure — Survey method using an enveloping measurement surface over a reflecting plane*
- [4] ISO 5782-1, *Pneumatic fluid power — Compressed-air filters — Part 1: Main characteristics to be included in suppliers' literature and product marking requirements*
- [5] ISO 6301-1, *Pneumatic fluid power — Compressed-air lubricators — Part 1: Main characteristics to be included in supplier's literature and product-marking requirements*
- [6] ISO 6953-1, *Pneumatic fluid power — Compressed air pressure regulators and filter-regulators — Part 1: Main characteristics to be included in literature from suppliers and product-marking requirements*
- [7] ISO/TR 11688-1, *Acoustics — Recommended practice for the design of low-noise machinery and equipment — Part 1: Planning*
- [8] ISO 13732-1, *Ergonomics of the thermal environment — Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces — Part 1: Hot surfaces*
- [9] ISO 13849-1, *Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 1: General principles for design*
- [10] ISO 13849-2:2003, *Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 2: Validation*
- [11] ISO 14121-1, *Safety of machinery — Risk assessment — Part 1: Principles*
- [12] ISO 19973-1, *Pneumatic fluid power — Assessment of component reliability by testing — Part 1: General procedures*
- [13] ISO 19973-2, *Pneumatic fluid power — Assessment of component reliability by testing — Part 2: Directional control valves*
- [14] ISO 19973-3, *Pneumatic fluid power — Assessment of component reliability by testing — Part 3: Cylinders with piston rod*
- [15] ISO 19973-4, *Pneumatic fluid power — Assessment of component reliability by testing — Part 4: Pressure regulators*
- [16] IEC 60204-1:2009, *Safety of machinery — Electrical equipment of machines — Part 1: General requirements*
- [17] IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-2: Generic standards — Immunity for industrial environments*
- [18] IEC 61000-6-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-4: Generic standards — Emission standard for industrial environments*
- [19] IEC 61310-3, *Safety of machinery — Indication, marking and actuation — Part 3: Requirements for the location and operation of actuators*