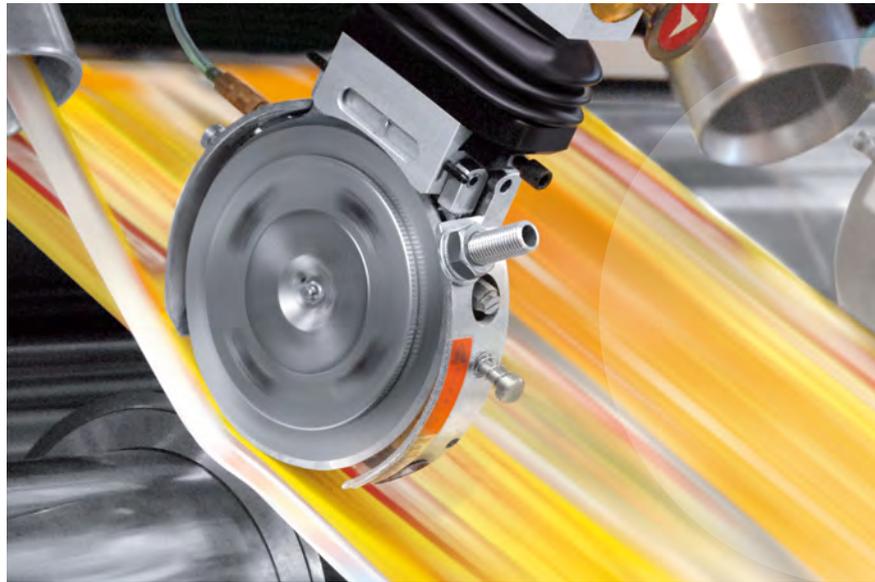


Grundlagen



Sicherheitsgerechtes Konstruieren von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen

Mechanik

Inhalt

Begriffe	2	2 Sicherheitsgerechtes Konstruieren: Spezielle Anforderungen und Lösungsmöglichkeiten	42
1 Sicherheitsgerechtes Konstruieren: Grundlagen	6	2.1 Sicherheitstechnische Anforderungen an Druck- und Papierverarbeitungs- maschinen	43
1.1 Gefährdungen	7	2.1.1 Vermeidung mechanischer Gefährdungen	43
1.1.1 Mechanische Gefährdungen	7	2.1.2 Sicherung mechanischer Gefährdungen	45
1.1.2 Weitere Gefährdungen	7	2.1.3 Hinweise auf Gefährdungen	52
1.2 Transport von Maschinen	7	2.1.4 Weitere sicherheitstechnische Anforderungen	53
1.3 Maßnahmen für Notfälle	8	2.1.5 Arbeitsbühnen, Laufstege, Aufstiege, Zugänge und Durchgänge	54
1.3.1 Not-Befehlseinrichtungen	8	2.1.6 Ergonomische Gestaltung	63
1.3.2 Maßnahmen zur Befreiung von Personen	9	2.1.7 Bremseinrichtungen und Kupplungen	63
1.4 Risikobeurteilung	9	2.1.8 Hydraulische und pneumatische Einrichtungen	63
1.5 Schutzziele	14	2.1.9 Explosionsschutz	66
1.6 Mindestabstände	15	2.1.10 Einrichtungen zum Schutz vor Emissionen	72
1.7 Sicherheitsabstände	16	1 Lösemitteldämpfe, Stäube, Gase, Nebel	72
1.8 Schutzeinrichtungen	20	2 UV-Technologie	76
1.8.1 Einteilung und Anwendungsbeispiele	20	3 Laser	82
1.8.2 Trennende Schutzeinrichtungen	21	4 Lärm	86
1.8.2.1 Allgemeine Anforderungen	21	5 PUR-Schmelzklebstoff-Auftragsysteme	91
1.8.2.2 Feste trennende und verriegelte trennende Schutzeinrichtungen	22	2.1.11 Druckbehälter und Druckgeräte	94
1.8.2.3 Besondere Anforderungen an die Sicherung von Gefahr- bereichen	22	2.2 Spezielle sicherheitstechnische Anforde- rungen an einzelne Baugruppen von Druck- und Papierverarbeitungs- maschinen	99
1.8.2.4 Positionsschalter mit Personen- schutzfunktion	23	2.2.1 Schneidende Maschinen- und Werkzeugteile	99
1.8.2.5 Gestaltung trennender Schutz- einrichtungen	26	2.2.2 Anleger, Ausleger (Stapelhub- und -absenkeinrichtungen)	100
1.8.3 Schutzeinrichtungen mit Annäherungsreaktion	30	2.2.3 Rollenab- und -aufwickeleinrichtun- gen an Maschinen	101
1.8.3.1 Lichtschranken und andere sichtbasierende Schutzgeräte	30	2.3 Trocknungstechnik von Druckmaterialien	102
1.8.3.2 Schalmatten	35	2.3.1 Verdunstungstrocknung	102
1.8.3.3 Schaltleisten	37	2.3.2 Ultraviolett-(UV-)Trocknung	103
1.8.4 Ortsbindende Schutzeinrichtungen	38	2.3.3 Infrarot-(IR-)Trocknung	103
1.8.4.1 Tippbetrieb mit Einhand-Tipptaster	38	2.3.4 Elektronenstrahl-(ES-)Trocknung	103
1.8.4.2 Tippbetrieb mit Zweihand-Tipptaster (Zweihandschaltungen)	38	2.4 Kollaborierende Robotersysteme	104
1.9 Anlaufwarneinrichtungen	39	2.4.1 Rechtliche Grundlagen	104
1.10 Kennzeichnungen an Maschinen	41	2.4.2 Normen und erläuternde Schriften	104
		2.4.3 Anforderungen & Maßnahmen	106
Bildnachweis:		Anhang	107
Titel: Dagmar Brunk/BG ETEM		Bildzeichen von Ventilen, Stell- und Steuergliedern	107
Innen: Dagmar Brunk/BG ETEM, BG ETEM		Richtlinien und Normen	110
Contiweb B. V.		Rechtsgrundlagen, Broschüren, DGUV Regeln und Informationen	112
KOLBUS GmbH & Co. KG			
Müller-Martini Druckverarbeitungs-Systeme AG			
manroland sheefed GmbH			
Screenshots: Software SISTEMA, Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung			
Seite 77: Guy Pracros/stock.adobe.com-2741033			

Vorbemerkung

Diese Broschüre beschreibt den aktuellen Stand der Sicherheitstechnik von Druck- und Papierverarbeitungs-
maschinen; sie bezieht sich hauptsächlich auf die Normen

- **EN 1010-1:** „Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsanforderungen an Konstruktion und Bau von Druck- und Papierverarbeitungs-
maschinen – Teil 1: Gemeinsame Anforderungen“,
- **EN 1010-2:** „Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsanforderungen an Konstruktion und Bau von Druck- und Papierverarbeitungs-
maschinen – Teil 2: Druck- und Lackiermaschinen einschließlich Maschinen der Druckvorstufe“,
- **EN 1010-3:** „Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsanforderungen an Konstruktion und Bau von Druck- und Papierverarbeitungs-
maschinen – Teil 3: Schneidemaschinen“,
- **EN 1010-4:** „Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsanforderungen an Konstruktion und Bau von Druck- und Papierverarbeitungs-
maschinen – Teil 4: Buchbinderei-, Papierverarbeitungs- und Papierveredelungs-
maschinen“ und
- **EN 1010-5:** „Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsanforderungen an Konstruktion und Bau von Druck- und Papierverarbeitungs-
maschinen – Teil 5: Wellpappen-
erzeugungs-, Wellpappenverarbeitungs- und Flachpappenverarbeitungs-
maschinen“.

Die Normen der Reihe EN 1010 sind so genannte Typ C-Normen, die für spezielle Maschinen, wie z. B. Druck- und Papierverarbeitungs-
maschinen, erarbeitet wurden. Für die Sicherheit von Maschinen können eine Reihe von weiteren, für alle Maschinen gültigen Normen, wie Typ A- oder Typ B-Normen, mit herangezogen werden.

Die Weiterentwicklung der EN 1010 Normenreihe findet ihre Umsetzung in den Entwürfen der EN ISO 12643 Teile 1 bis 5. Damit liegen zukünftig europäisch und international harmonisierte Normen zur Sicherheitstechnik von Druck- und Papierverarbeitungs-
maschinen vor.

Die Festlegungen in Typ C-Normen haben Vorrang gegenüber den übergeordneten Typ A- oder Typ B-Normen. Die im Anhang zu dieser Broschüre aufgeführten Normen können bezogen werden über:

Beuth Verlag GmbH
Burggrafenstraße 6
10787 Berlin
Telefon 030 2601-2260
Telefax 030 2601-1260
www.beuth.de

A-Z Begriffe¹⁾

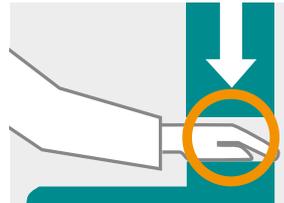
Gefahr²⁾ ist eine Sachlage oder Situation, die durch ein stoffliches oder energetisches Potenzial gekennzeichnet ist, bei dessen Freisetzung akute Schädigungen von Personen oder Sachen möglich sind.

Gefährdung ist das räumliche und zeitliche Zusammentreffen von Personen mit Gefahren, bei denen die Möglichkeit einer Verletzung oder Gesundheitsschädigung besteht. Gefährdungen sind potenzielle Schadensquellen und sind entweder bei der bestimmungsgemäßen Verwendung der Maschine dauerhaft vorhanden (z. B. Bewegung von gefährdenden beweglichen Teilen, Geräuschemission, hohe Temperatur) oder können unerwartet auftreten, z. B. Explosion, Gefährdung durch Quetschen als Folge eines unerwarteten Anlaufs.

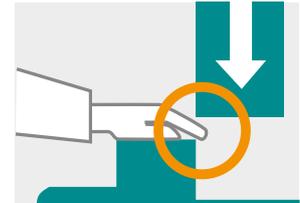
Gefahrbringende Bewegungen sind Bewegungen von Maschinen, Maschinenelementen, Antriebselementen, Werkzeugen, Arbeitsgegenständen usw., die Gefahrstellen oder Gefahrquellen bilden und Menschen gefährden.

Gefahrstellen sind Orte von bewegten Teilen an einer Maschine, von denen eine Gefahr ausgeht, die zu einem Schaden führen kann. In Abhängigkeit von Entstehungsmechanismus, Art der Bewegung und der Gegenmaßnahmen werden mechanische Gefahrstellen unterschieden in

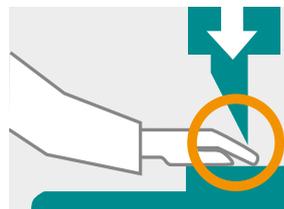
- Gefahrstellen durch **geführt** bewegte Arbeitsmittel, Anlagen und deren Teile



Quetschstelle



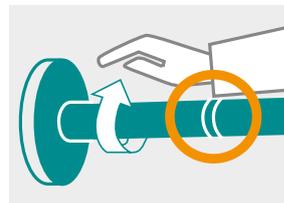
Scherstelle



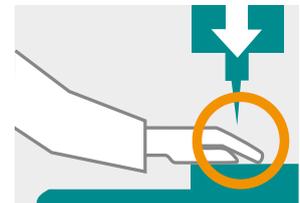
Schneidstelle



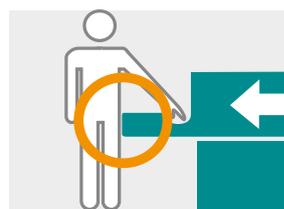
Einzugstelle



Fangstelle



Stichstelle



Stoßstelle



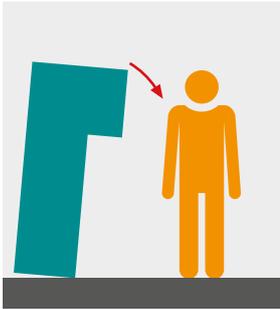
Einzugstelle

Mechanische Gefahrstellen durch geführt bewegte Teile

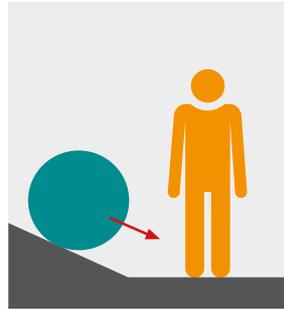
¹⁾ Eine umfassende Erläuterung sicherheitstechnischer Begriffe enthält EN ISO 12100

²⁾ Neudörfer, A.: Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

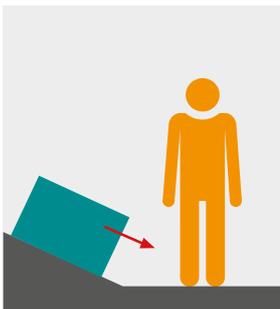
- Gefahrstellen durch **unkontrolliert** bewegte Arbeitsmittel, Anlagen und deren Teile



Kippen



Wegrollen



Weggleiten



Herabfallen

Mechanische Gefahrstellen durch unkontrolliert bewegte Teile

Gefahrbereich ist ein räumlicher Bereich innerhalb und/oder im Umkreis einer Maschine, der durch eine oder mehrere Gefahrstellen gebildet wird und in dem die Sicherheit der Person durch den Aufenthalt in diesem Bereich gefährdet wird.

Eine **Risikobeurteilung** befasst sich mit dem Erkennen und Beschreiben von Gefahren und Gefährdung für Menschen im Arbeitssystem. Aussagen sind stets nur für genau definierte Situationen bzw. Betriebszustände möglich. Eine Risikobeurteilung ist gemäß Maschinenrichtlinie zwingender Bestandteil des Konstruktionsprozesses und muss schriftlich dokumentiert sein.

Unter dem Begriff der **Maschine** wird die Gesamtheit der miteinander verbundenen Teile oder Baugruppen, von denen mindestens eine(s) beweglich ist, verstanden. Eingeschlossen sind die entsprechenden Antriebselemente, Steuer- und Energiekreise, die für eine bestimmte Anwendung zusammengefügt sind, insbesondere für die Bearbeitung, Behandlung, Bewegung oder Verpackung eines Materials. Der Begriff „Maschine“ gilt auch für Maschinenanlagen, die so angeordnet und gesteuert werden, dass sie als einheitliches Ganzes funktionieren, um das gleiche Ziel zu erreichen (siehe EN ISO 12100).

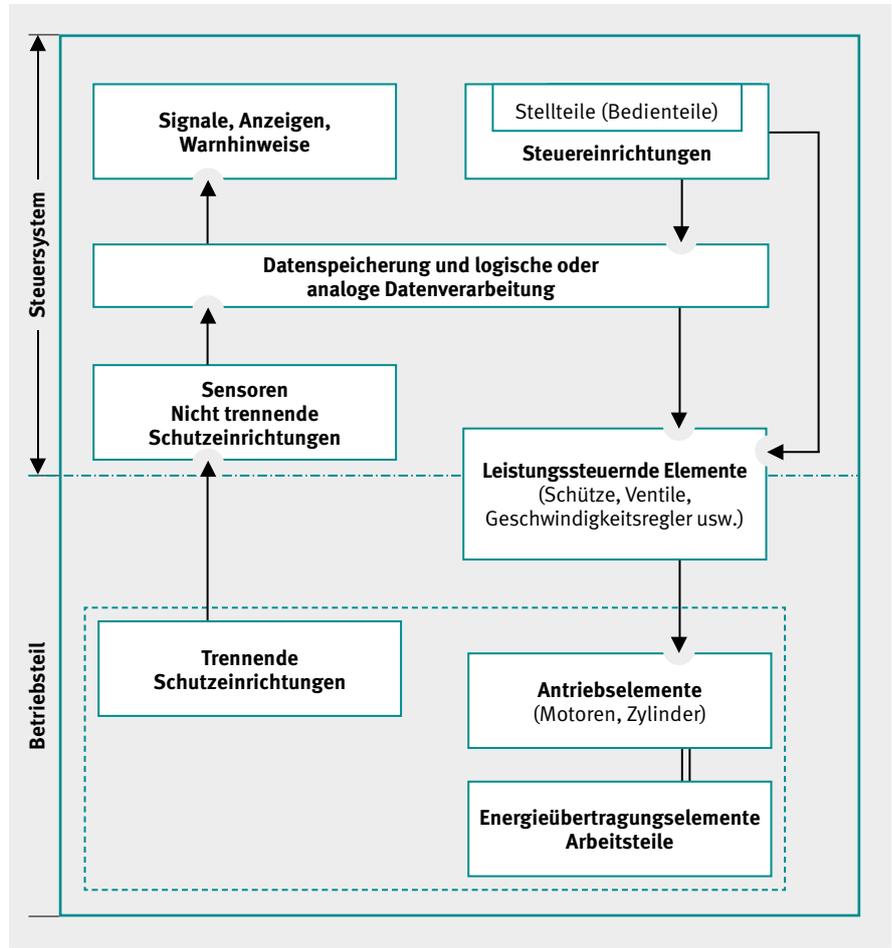
Risiko aus sicherheitstechnischer Sicht ist die zu erwartende Schadenshäufigkeit und das Schadensausmaß (gesundheitliche Beeinträchtigung). Im Rahmen der Gefahrenanalyse ist die Betrachtung des Risikos eine Wahrscheinlichkeitsaussage, die aus der Kombination der Häufigkeit und des Schweregrades möglicher Verletzungen oder Gesundheitsschädigungen während einer Gefährdung und anwendbarer Schutzmöglichkeiten hergeleitet ist.

Restrisiko ist das Risiko, das nach der Anwendung von Schutzmaßnahmen, z. B. durch Schutzeinrichtungen, verbleibt.

Risikobeurteilung ist die Gesamtheit des Verfahrens, das eine Risikoanalyse und Risikobewertung umfasst.

Risikoanalyse ist die Kombination aus Festlegung der Grenzen der Maschine, Identifizierung der Gefährdungen und Risikoeinschätzung.

Risikobewertung ist eine auf der Risikoanalyse beruhende Beurteilung, ob die Ziele zur Risikominderung erreicht wurden.



— Schnittstelle „Mensch–Maschine“
Schematische Darstellung einer Maschine nach EN ISO 12100

Trennende und nicht trennende **Schutzeinrichtungen** müssen verwendet werden, um Personen vor Gefährdungen zu schützen, die durch die Konstruktion nicht vermieden werden können.

Trennende Schutzeinrichtungen bewirken die räumliche Abtrennung der Gefahrstelle bzw. des Gefahrenbereichs gegenüber dem Arbeitsbereich, so dass Personen die Gefahrstellen nicht erreichen können. Trennende Schutzeinrichtungen können Verkleidungen, Verdeckungen, Umzäunungen, Schutzleisten und Ähnliches sein.

Nicht trennende Schutzeinrichtungen sind Einrichtungen ohne trennende Funktion, die die Gefährdungen eliminieren oder reduzieren, allein oder in Verbindung mit einer trennenden Schutzeinrichtung. Beispiele sind ortsbindende

Schutzeinrichtungen wie Zweihandschaltungen, Schaltmatten oder Schutzeinrichtungen mit Annäherungsreaktion, wie z. B. Lichtschranken und Lichtgitter.

Eine **inhärent sichere Konstruktion** umfasst Schutzmaßnahmen, die entweder Gefährdungen beseitigen oder die mit Gefährdungen verbundenen Risiken vermindern, indem **ohne** Anwendung von trennenden oder nicht trennenden Schutzeinrichtungen die Konstruktions- oder Betriebseigenschaften der Maschine verändert werden.

Verriegelungen von trennenden Schutzeinrichtungen sind elektrische, mechanische oder andere Einrichtungen, die die Bewegung von Maschinenteilen verhindern, solange die trennende Schutzeinrichtung nicht geschlossen ist.

Eine Verriegelung von trennenden Schutzeinrichtungen **mit Zuhaltung** bewirkt Folgendes:

- Die gefahrbringenden Bewegungen, die von einer Schutzeinrichtung gesichert werden, können nicht ausgeführt werden, solange die Schutzeinrichtung nicht geschlossen, verriegelt und zugehalten ist.
- Die trennende Schutzeinrichtung bleibt so lange geschlossen, verriegelt und zugehalten, bis die gefahrbringende Bewegung zum Stillstand gekommen ist. Erst danach ist ein Öffnen der Schutzeinrichtung möglich.
- Die gefahrbringenden Bewegungen, die durch die trennende Schutzeinrichtung gesichert sind, können ausgeführt werden, wenn die Schutzeinrichtung geschlossen, verriegelt und zugehalten ist. Das Schließen, Verriegeln und Zuhalten der verriegelten Schutzeinrichtung löst jedoch grundsätzlich die gefahrbringenden Bewegungen nicht aus.

Eine Verriegelung von trennenden Schutzeinrichtungen **ohne Zuhaltung** bewirkt Folgendes:

- Die gefahrbringenden Bewegungen, die von einer verriegelten Schutzeinrichtung gesichert werden, können nicht ausgeführt werden, solange die Schutzeinrichtung nicht geschlossen ist.
- Wenn die verriegelte Schutzeinrichtung während der gefahrbringenden Bewegung geöffnet wird, wird ein Halt-Befehl ausgelöst, der den Stopp der gefahrbringenden Bewegungen einleitet.
- Bei geschlossener verriegelter Schutzeinrichtung können die gefahrbringenden Bewegungen, die durch diese trennende Schutzeinrichtung gesichert sind, gestartet werden. Das Schließen der Schutzeinrichtung löst die gefahrbringende Bewegung grundsätzlich nicht aus.

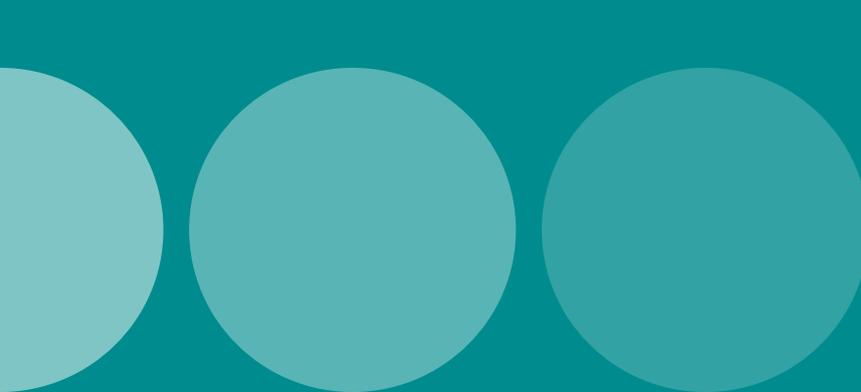
Tipptaster sind Steuereinrichtungen, die den Betrieb von Maschinenteilen in Gang setzen und nur solange aufrecht erhalten, wie das Stellteil betätigt bleibt. Der Betrieb von Maschinenteilen wird sofort stillgesetzt, wenn das Stellteil losgelassen wird.

Zustimmtaster sind zusätzliche handbetätigte Steuereinrichtungen, die bei ständiger Betätigung die Funktion einer Maschine aufrecht erhalten. Dies erfolgt üblicherweise beim Öffnen von verriegelten trennenden Schutzeinrichtungen.

Die **bestimmungsgemäße Verwendung** gibt an, wofür Maschinen nach Angaben des Herstellers geeignet sind oder was von Konstruktion, Bau und Funktion her als üblich angesehen wird. Zur bestimmungsgemäßen Verwendung gehört außerdem die Übereinstimmung mit den technischen Anleitungen, festgelegt in der Betriebsanleitung, wobei eine in vernünftiger Weise vorhersehbare Fehlanwendung in Betracht gezogen werden muss.

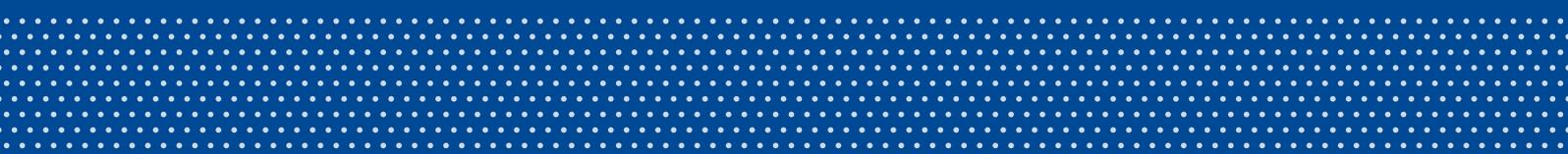
Bezüglich der **vorhersehbaren Fehlanwendungen** sollten folgende Verhaltensweisen besonders berücksichtigt werden:

- Das vorhersehbare Fehlverhalten in Folge normaler Unachtsamkeit, aber nicht in Folge absichtlichen Missbrauchs der Maschine.
- Das unbeabsichtigte Verhalten einer Person im Fall einer Fehlfunktion, eines Zwischenfalls, eines Ausfalls usw. während des Gebrauchs der Maschine.
- Das Verhalten, das darauf zurückzuführen ist, dass der „Weg des geringsten Widerstandes“ beim Ausführen einer Aufgabe gewählt wird.



1

Sicherheitsgerechtes Konstruieren – Grundlagen

- 1.1 Gefährdungen
 - 1.2 Transport von Maschinen
 - 1.3 Maßnahmen für Notfälle
 - 1.4 Risikobeurteilung
 - 1.5 Schutzziele
 - 1.6 Mindestabstände
 - 1.7 Sicherheitsabstände
 - 1.8 Schutzeinrichtungen
 - 1.9 Anlaufwarneinrichtungen
 - 1.10 Kennzeichnungen an Maschinen
- 

1 Sicherheitsgerechtes Konstruieren – Grundlagen

1.1 Gefährdungen

1.1.1 Mechanische Gefährdungen

Mechanische Gefährdungen können zu Verletzungen aufgrund der Bewegung von Maschinenteilen, Werkzeugen, Werkstücken oder herausgeschleuderten festen oder ausgetretenen flüssigen Stoffen führen. Ursache mechanischer Gefährdungen ist somit die mechanische Energie in allen ihren Arten.

Mechanische Gefährdungen sind z. B.:

- Quetschen
- Scheren oder Abschneiden
- Erfassen
- Einziehen oder Fangen
- Stoß
- Durchstich oder Einstich
- Reibung oder Abschürfung
- Herausspritzen von Flüssigkeiten unter hohem Druck

Mechanische Gefährdungen werden unter anderem von folgenden Faktoren bestimmt:

- Form (Schneidelemente, scharfe Kanten, spitze Teile)
- Masse und Standfestigkeit (potenzielle Energie von Teilen, die sich unter dem Einfluss der Schwerkraft bewegen können)
- Masse und Geschwindigkeit (potenzielle Energie von Teilen, bei kontrollierten und unkontrollierten Bewegungen)
- Unzulängliche mechanische Festigkeit

1.1.2 Weitere Gefährdungen

Neben mechanischen Gefährdungen, die nach wie vor einen Schwerpunkt bei den Maschinenunfällen bilden, können weitere Gefährdungen entstehen durch:

- Elektrische Energie
- Statische Elektrizität
- Hydraulische, pneumatische oder thermische Energie
- Brand oder Explosion
- Lärm oder Vibration
- Nichtionisierende oder ionisierende Strahlung
- Emissionen von Stäuben, Gasen, Dämpfen, Flüssigkeiten usw.
- Fehlerhafte Montage
- Hohe Temperaturen
- Vernachlässigung ergonomischer Prinzipien bei der Maschinengestaltung
- Vernachlässigung der Oberflächenbeschaffenheit (Gefährdungen durch Ausrutschen, Stolpern oder Stürzen)

Einige bei individuellem Auftreten als gering eingeschätzte Gefährdungen können bei gemeinsamem Auftreten zu einer signifikanten Gefährdung werden.

1.2 Transport von Maschinen

Maschinen und Maschinenteile, die nicht von Hand bewegt oder transportiert werden können, müssen für den Transport durch Kran- oder Hubfahrzeuge vorbereitet sein, z. B. durch

- genormte Transportvorrichtungen mit Schlingen, Haken und Transportösen, Vorrichtungen zum automatischen Greifen mit einem Kranhaken, wenn eine Befestigung vom Boden aus nicht möglich ist,

- Aufnahmemöglichkeiten für die Gabelzinken, falls die Maschine mit einem Gabelstapler transportiert werden soll, Angabe der Masse der Maschine und einiger demontierbarer Maschinenteile in Kilogramm (kg) auf der Maschine selbst, auf demontierbaren Maschinenteilen und in der Betriebsanleitung,
- in besonderen Fällen auch die Angabe des Schwerpunktes, falls der Schwerpunkt deutlich außermittig liegt.

1.3 Maßnahmen für Notfälle

1.3.1 Not-Befehlseinrichtungen

Eine Maschine muss grundsätzlich mit einer oder mehreren Not-Befehlseinrichtungen ausgerüstet sein, um unmittelbar drohende oder eintretende gefährliche Situationen abzuwenden. Eine Not-Befehlseinrichtung ist nicht erforderlich für

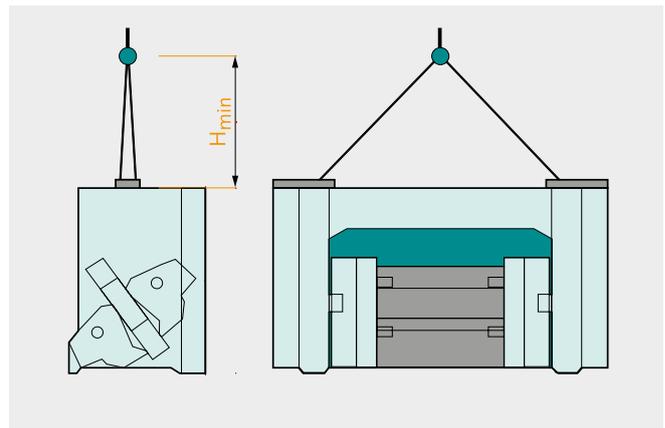
- Maschinen, bei denen ein Not-Halt das Risiko nicht vermindern würde, weil z. B. die Zeit bis zum Stopp der Maschine durch Betätigung der Not-Befehlseinrichtung nicht verkürzt würde,
- Maschinen, die nur im Tippbetrieb oder mit Zweihandschaltung in Gang gesetzt werden können,
- tragbare handgehaltene Maschinen und handgeführte Maschinen.

Eine Not-Befehlseinrichtung muss z. B.

- klar erkennbare, gut sichtbare und schnell zugängliche Stellteile haben,
- den gefährlichen Zustand so schnell wie möglich stoppen, ohne zusätzliche Gefährdungen auszulösen,
- wenn erforderlich, bestimmte Sicherungsbewegungen auslösen oder deren Auslösen ermöglichen, z. B. durch eine Reversierbewegung.

Not-Befehlseinrichtungen müssen folgenden Anforderungen genügen:

- Das Not-Halt-Stellteil muss nach dem Betätigen arretiert bleiben.
- Das Entriegeln des Stellteiles darf nicht die Ingangsetzung der Maschine bewirken, sondern nur die erneute Ingangsetzung ermöglichen (siehe EN ISO 13850).
- Der Not-Halt-Befehl muss Vorrang vor allen anderen Steuerungsbefehlen haben.

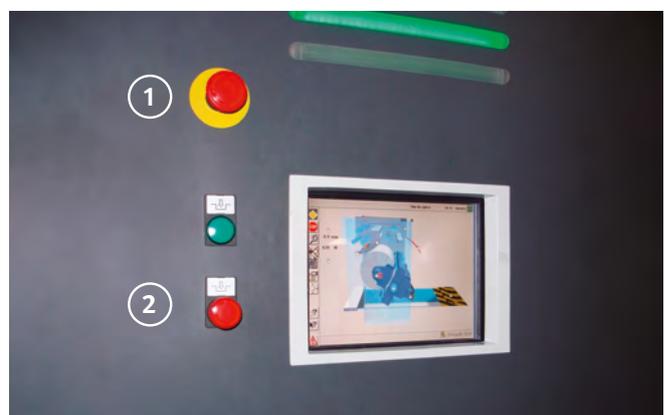


Die Betriebsanleitung muss Angaben zu geeigneten Transportvorrichtungen enthalten.

- Die Not-Halt-Funktion darf die Wirksamkeit von Schutz-einrichtungen oder Einrichtungen mit sicherheitsbezogenen Funktionen nicht beeinträchtigen.
- Die Not-Halt-Funktion darf Einrichtungen, die zum Befreien von Personen aus Gefahrensituationen vorgegeben sind, nicht beeinträchtigen.
- Die Stellteile der Not-Befehlseinrichtungen müssen so konstruiert sein, dass sie leicht betätigt werden können.

Folgende Arten von Stellteilen können z. B. eingesetzt werden:

- Pilztaster
- Drähte, Seile, Schienen
- Griffe
- Fußschalter ohne Schutzhaube



Not-Halt (1) und Halt/Sicher Stellteile (2)



Hauptschalter mit Not-Halt Funktion

Kombination aus Stell- und Anzeigeteilen
mit Not-Halt-Stellteil

1.3.2 Maßnahmen zur Befreiung von Personen

Maßnahmen zur Befreiung und Rettung eingeschlossener Personen sind dann erforderlich, wenn Personen nicht auf einfache Weise, z. B. aus einem gesicherten Gefahrenbereich, befreit werden können.

Derartige Maßnahmen sind beispielsweise:

- Vorkehrungen, um einige Elemente nach einem Not-Halt von Hand bewegen zu können (z. B. ein Handrad)
- Umkehrung der Bewegung einiger Elemente
- Möglichkeit zum Öffnen von Schutztüren aus dem gesicherten Bereich heraus

1.4 Risikobeurteilung

Rechtliche Grundlagen

Entsprechend der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG muss der Konstrukteur für seine Maschine eine Risikobeurteilung durchführen. Das heißt, für alle vorliegenden Gefährdungen einer Maschine muss das Risiko abgeschätzt werden. Dies muss anhand einer Dokumentation nachgewiesen werden. Unterstützend kann die Norm EN ISO 12100 mit herangezogen werden.

Ziel der Risikobeurteilung

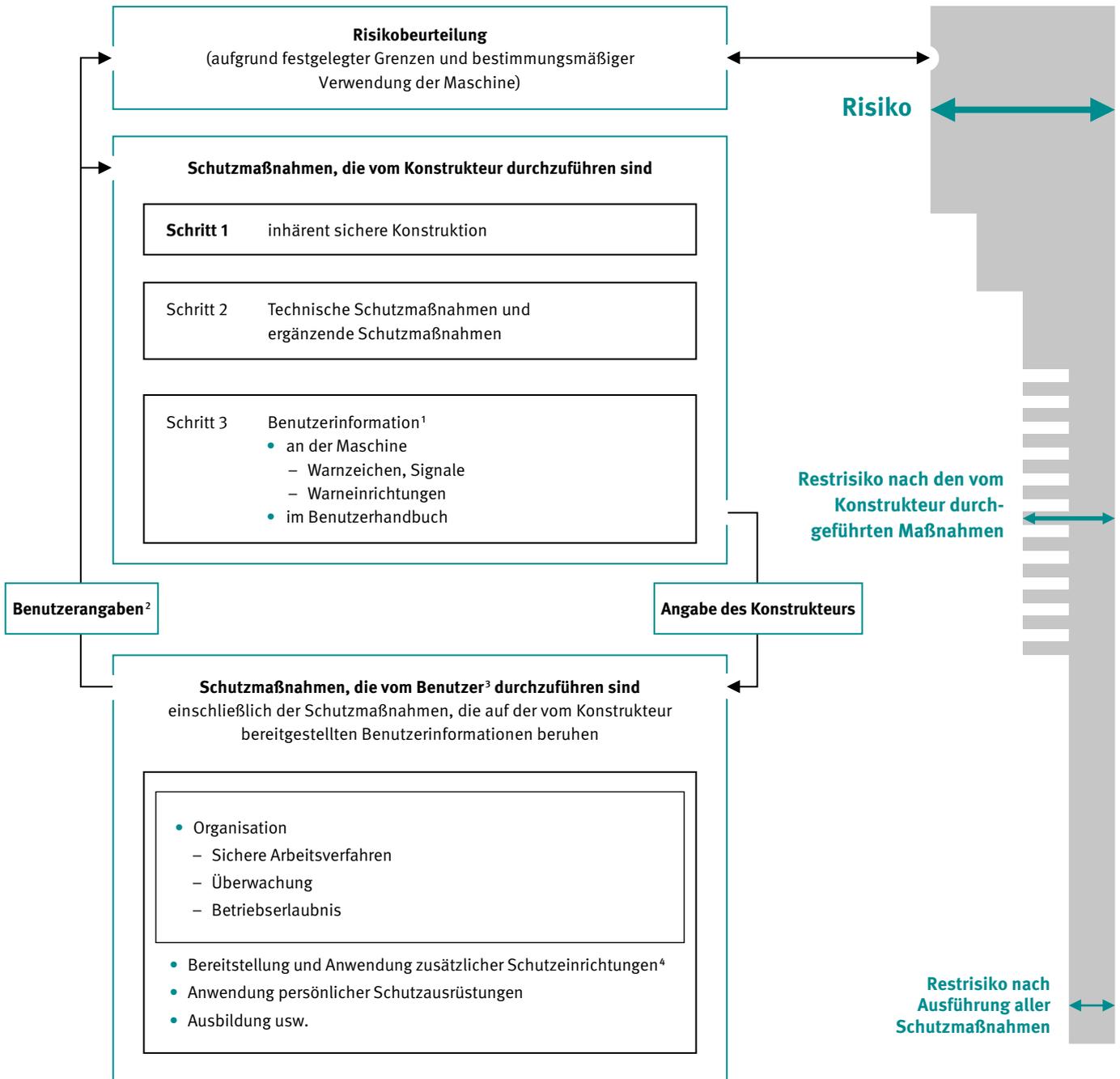
Eine hundertprozentige Sicherheit gibt es nicht. Ziel der Risikobeurteilung ist es daher, eine Maschine für den Benutzer so sicher wie möglich zu machen. Dieses Ziel muss in Übereinstimmung mit den zum Zeitpunkt der Herstellung herrschenden Gegebenheiten erreicht werden. Diese Gegebenheiten setzen sich zusammen aus:

- dem Stand der Technik (Normen, technische Regeln)
- technischen Anforderungen
- wirtschaftlichen Anforderungen

Eine Risikobeurteilung besteht aus einer Folge von logischen Schritten, die es dem Hersteller ermöglicht, Gefährdungen systematisch zu erkennen, zu prüfen und deren Risiken zu bewerten, so dass geeignete Schutzmaßnahmen ausgewählt werden können.

Sicherheitsgerechtes Konstruieren von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen

Prozess zur Risikominderung aus der Sicht des Konstrukteurs nach EN ISO 12100



¹ Die Bereitstellung einer angemessenen Benutzerinformation ist Teil des Beitrages des Konstrukteurs zur Risikominderung; die betreffenden Schutzmaßnahmen werden jedoch erst mit ihrer Umsetzung durch den Benutzer wirksam.

² Benutzerangaben sind Informationen, die dem Konstrukteur entweder von den Benutzern hinsichtlich der bestimmungsgemäßen Verwendung der Maschine im Allgemeinen oder von einem bestimmten Benutzer gegeben werden.

³ Bei den verschiedenen vom Benutzer durchzuführenden Schutzmaßnahmen besteht keine bestimmte Hierarchie. Diese Schutzmaßnahmen liegen außerhalb des Anwendungsbereiches dieser Norm.

⁴ Schutzmaßnahmen, die für besondere, im Rahmen der bestimmungsgemäßen Verwendung der Maschine nicht vorgesehene Prozesse oder für besondere, durch den Konstrukteur nicht beeinflussbare Installationsbedingungen erforderlich sind.

Vorgehensweise

1. Identifizierung

Maschine in ihrer Gesamtheit definieren

Lieferumfang festlegen

- Maschine selbst (Baujahr, Typ-Bezeichnung)
- Zubehör (Standard, Optionen)
- Betriebsanleitung
- ggf. Schulungsunterlagen, die beispielsweise festlegen, dass z. B. der Hersteller für den Lieferumfang verantwortlich ist und der Betreiber für das Umfeld (Anschlüsse).

Verwendung der Maschine definieren

a. Verwendungszweck:

- Definition der bestimmungsgemäßen Verwendung
- Definition der naheliegenden missbräuchlichen Verwendung
- technische Parameter (Platzbedarf, Elektroanschluss, Pneumatikanschluss)
- Spezifikation der verwendeten Materialien, Qualifikation des Personals
- Einsatzmöglichkeiten
- Schnittstellen zur Peripherie

b. Maschine spezifizieren

Neben den allgemeinen grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen gelten entsprechend der Maschinenrichtlinie z. B. zusätzliche Anforderungen bei

- bestimmten Maschinenausstattungen: Maschinen zur Bearbeitung von Holz und ähnlichen Stoffen
- Maschinen, von denen spezielle Gefahren ausgehen:
 - Gefahren durch Hebevorgänge (Anleger)
 - Gefahren aufgrund der Beweglichkeit der Maschine

Lebensphase identifizieren

Alle Phasen des Lebens einer Maschine müssen berücksichtigt werden:

- Bau (Montage beim Betreiber)
- Transport und Inbetriebnahme (Aufbau, Installation, Inbetriebnahme)
- Einsatz/Gebrauch (Einstellen, Umrüsten, Betrieb, Reinigung, Fehlersuche, Instandhaltung)
- Außerbetriebnahme, Abbau, Demontage (sofern die Sicherheit betroffen ist), Entsorgung

Gefahrstelle/-bereich identifizieren

Ort lokalisieren (evtl. durch eine Skizze) und genau beschreiben.

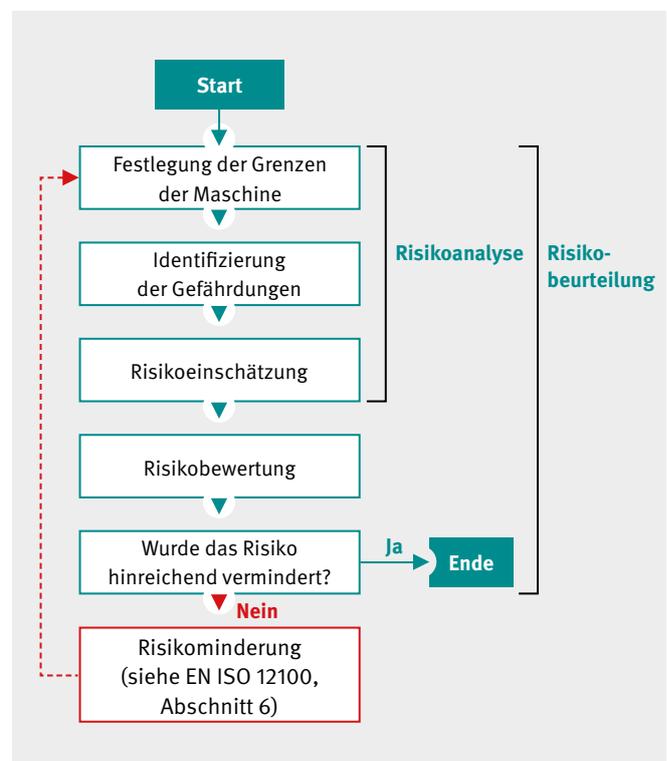
Gefährdungen identifizieren

Identifizierung aller Gefährdungen (EN ISO 12100, EN 1010-1)

- Mechanische Gefährdungen
- Gefährdung durch elektrischen Kontakt (Kurzschluss, elektrostatische Vorgänge)
- Pneumatische und hydraulische Gefährdungen
- Gefährdung durch Vernachlässigung von Sicherheitsgrundsätzen bei der Konstruktion (durch Störung in der Steuerung, Energieversorgung ...)
- Gefährdung durch Strahlung
- Thermische Gefährdung
- Gefährdung durch Lärm
- Gefährdung durch Arbeitsstoffe
- Gefährdung durch Vernachlässigung ergonomischer Prinzipien

Gefährdungen analysieren (beschreiben)

Art der Gefährdung genau beschreiben, wann und wie die Gefährdung auftritt (in welcher Lebensphase der Maschine) sowie den gefährdeten Personenkreis (Bediener, Montagepersonal, Spediteur, Reinigungspersonal) und die Auslöser der Gefährdung (Fehlbedienung, Fehlkonstruktion, Materialfehler, Umweltbedingung).



Iterativer Prozess zur Risikominderung nach EN ISO 12100

2. Risikobeurteilung

Das Risiko ist für jede einzelne, im ersten Schritt identifizierte Gefährdung zu bewerten. Grundlage für die Bewertung des Risikos können folgende Risikofaktoren sein:

- Wahrscheinlichkeit, mit der ein Ereignis auftreten kann, das Schaden verursacht (Aufretenswahrscheinlichkeit)
- Häufigkeit und Dauer, mit der Personen der Gefährdung ausgesetzt sind
- Schwere (Grad) des möglichen Schadens (Folgen)
- technische und menschliche Möglichkeiten, mit denen ein Schaden minimiert oder verhindert werden kann

Für die systematische Analyse der Risikofaktoren gibt es mehrere Verfahren, die alle auf zwei Grundtypen zurückzuführen sind: das „deduktive“ und das „induktive“ Verfahren.

Deduktives Verfahren

Es wird ein Schlussereignis angenommen. Anschließend werden jene Ereignisse gesucht, die dieses Schlussereignis verursachen könnten.

Induktives Verfahren

Es wird der Ausfall eines Maschinenelements angenommen. Anschließend werden jene Ereignisse identifiziert, die durch diesen Ausfall hervorgerufen werden könnten (Was passiert, wenn ... ausfällt?).

Durch die Bewertung der Risiken muss der Hersteller feststellen, ob für seine Maschine eine angemessene Sicherheit erreicht wurde.

Die Bewertung kann mittels

- ausgewählten Fragenkomplexes,
- Risikovergleich mit vergleichbarer Maschine,
- FMEA (Fehlermöglichkeiten- und Einflussanalyse: Risikoprioritätszahl)
- bzw. Anwendung der maschinenspezifischen Norm, z. B. EN 1010, erfolgen.

3. Schutzmaßnahmen festlegen unter Berücksichtigung der entsprechenden Normen

Festlegen von Schutzmaßnahmen für jede identifizierte Gefährdung:

- Schutzziel festlegen
- Schutzmaßnahmen festlegen

Bei der Wahl der sicherheitstechnischen Lösungen müssen folgende Grundsätze in der angegebenen Reihenfolge angewendet werden:

- 1 Beseitigung der Gefahr
- 2 Minimierung der Gefahr
- 3 Ergreifen von Schutzmaßnahmen gegen nicht zu beseitigende Gefahren (unter Berücksichtigung von Normen, bestimmungsgemäßer Verwendung und vernünftigerweise vorhersehbarer, missbräuchlicher Verwendung)
- 4 Hinweis auf Restgefahren, wenn getroffene Schutzmaßnahmen nicht vollständig wirksam wurden.

Zusätzlich festlegen, ob

- 5 zusätzliche Maßnahmen für Notsituationen erforderlich sind (z. B. Befreiung eingeschlossener Personen),
- 6 die Sicherheit verbessert werden kann (z. B. Erleichterung der Instandhaltung),
- 7 persönliche Schutzausrüstung erforderlich ist.

4. Restgefahren

Ziel der Maschinenrichtlinie und aller einschlägigen Normen ist es, die Maschine für den Benutzer so sicher wie möglich zu gestalten. Aufgabe der Risikobeurteilung ist es u. a., alle Restgefahren zu erkennen und zu dokumentieren. Kann einer Gefährdung auch durch Schutzmaßnahmen nicht ausreichend begegnet werden, muss der Benutzer über diese Restgefahren unterrichtet werden (Piktogramme an der Maschine, Warnhinweise in der Betriebsanleitung).

Diese Auflistung ist als iterativer (wiederholender) Prozess zu sehen, der je nach Ergebnis der Risikoabschätzung mehrmals durchlaufen werden muss.

ABC GmbH

Maschine:

Typ:

Zeichnungsnr.:

Bestimmungsgemäße Verwendung:

Unzulässige Verwendung:

BEREICH/AGGREGAT:

Gefährdung (Art)	Ort (Gefahr- stelle)	Lebens- phase	Beschreibung (der Gefährdung)	Risikoabschätzung durch			Schutz- maßnahme	Zusatz- maßnahme
				Normen	eigene Abschätzung			
					AW	VS		

AW = Auftretenswahrscheinlichkeit

(unter Berücksichtigung der Häufigkeit/Dauer im Gefahrenbereich)

VS = Verletzungsschwere

RPZ = Risikoprioritätszahl

RPZ = AW x VS; Akzeptierte RPZ = 8

AW:

- 1 = Ereignis unmöglich (kommt nicht vor)
- 2 = Ereignis unwahrscheinlich (kaum vorstellbar)
- 3 = Ereignis selten (vorstellbar, keine Fälle bekannt), 1 x im 1/2 Jahr
- 4 = Ereignis gelegentlich (kann vorkommen), 1 x in der Woche
- 5 = Ereignis häufig (kann öfter vorkommen), >1 x in der Woche

VS:

- 1 = kleinere Verletzungen (Quetschung, Abschürfung)
- 2 = keine bleibende (ausheilende) Verletzung
- 3 = schwere bleibende Verletzung/Invalidität
- 4 = tödliche Verletzung

Tabelle zur Risikoabschätzung

Vorgehen in der Praxis

Fehlermöglichkeiten- und Einflussanalyse:

AW: Auftretenswahrscheinlichkeit einer Verletzung oder einer Gesundheitsgefährdung

VS: Verletzungsschwere

RPZ: Risikoprioritätszahl

RPZ = AW x VS

Als Orientierung kann angenommen werden: Wenn eine RPZ von 8 überschritten wird, müssen Schutzmaßnahmen ausgewählt werden.

Wenn in der betreffenden Norm für die erkannte Gefährdung Anforderungen bestehen und diese konstruktiv umgesetzt wurden, muss zwingend keine zusätzliche Risikoabschätzung erfolgen.

1.5 Schutzziele

Um das notwendige Zusammenwirken von Mensch und Maschine so gefahrlos wie möglich zu gestalten, hat die Sicherheitstechnik bestimmte Schutzziele entwickelt.

Nach der „3-Stufen-Methode“ für das sicherheitsgerechte Konstruieren im Rahmen der Gesamtlösung einer Konstruktionsaufgabe ist eine Rangfolge der Schutzziele festgelegt.

Die **Stufe 1** der Schutzziele ist erreicht, wenn z. B. Mindestabstände zwischen bewegten Maschinenteilen aus EN ISO 13854 „Sicherheit von Maschinen, Geräten und Anlagen – Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens von Körperteilen“ eingehalten werden, oder wenn der Abstand zwischen bewegten Maschinenteilen so verkleinert wird, dass kein Körperteil in den Zwischenraum gelangen kann (max. 4 mm). Diese Art der Konstruktion wird auch als „eigensichere Konstruktion“ verstanden.

Wenn Gefahrstellen nicht vermieden werden können, muss die mittelbare Sicherheitstechnik angewendet werden, d. h. eine Sicherung der Gefahrstellen mit zusätzlichen Mitteln **Stufe 2**. Dies umfasst den Einsatz der verschiedenen Schutzeinrichtungen.

Stufe 3 kommt dann zum Einsatz, wenn die beiden ersten Stufen nicht verwirklicht werden können. Es wird auf Gefahren durch Warnhinweise an der Maschine und in der Betriebsanleitung hingewiesen. Der Hinweis auf Gefahrstellen ist nur dann möglich, wenn das Restrisiko ausreichend klein ist. Dies ist insbesondere dann gegeben, wenn schwere Verletzungen ausgeschlossen sind.

RANGFOLGE DER SCHUTZZIELE VON SICHERHEITSMASSNAHMEN

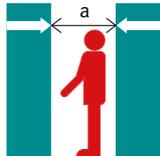
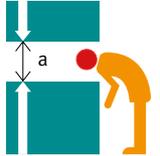
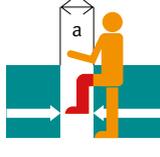
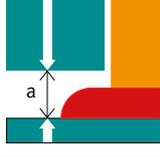
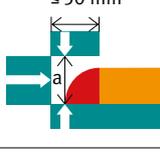
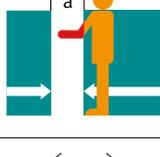
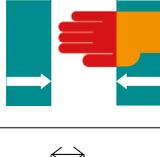
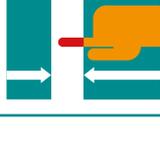
Stufe	Schutzziele	Maßnahmen	Wirkung
1	Gefahrstellen vermeiden (unmittelbare Sicherheitstechnik)	Durch sicherheitsgerechtes Gestalten sind bei bestimmungsgemäßem und bei der nach vernünftigem Ermessen zu erwartenden Benutzung der Maschine keine Gefahren für Leben und Gesundheit vorhanden.	keine Gefahrstellen, keine Gefährdung vorhanden (z. B. anstelle von Treibriemen angeflanschte Getriebemotoren)
2	Gefahrstellen sichern (mittelbare Sicherheitstechnik)	Schutzeinrichtungen sollen die Gefahrstellen so sichern, dass ausreichende Arbeitssicherheit, aber auch keine unzumutbare Beeinträchtigung der Benutzbarkeit erreicht werden.	Gefährdung ist nicht auszuschließen, wenn z. B. die Schutzeinrichtung beschädigt oder unwirksam ist.
3	Auf Gefahrstellen hinweisen (hinweisende Sicherheitstechnik)	Nur dann zulässig, wenn die beiden ersten Stufen nicht verwirklicht werden können. Es wird angegeben, unter welchen Bedingungen eine gefahrlose Verwendung des Arbeitsmittels möglich ist oder welche Restgefahren vorhanden sind.	Gefährdung bleibt, da die Sicherung verhaltensabhängig ist (z. B. Hinweis auf heiße Stellen an der Maschine).

1.6 Mindestabstände

Die folgende Tabelle zeigt einen Auszug aus der EN ISO 13854 „Sicherheit von Maschinen, Geräten und Anlagen:

Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens von Körperteilen“.

MINDESTABSTÄNDE ZUR VERMEIDUNG DES QUETSCHENS VON KÖRPERTEILEN

Körperteil	Mindestabstände a (mm)	Bild
Körper	500	
Kopf (ungünstigste Haltung)	300	
Bein	180	
Fuß	120	
Zehen	50	$\leq 50 \text{ mm}$ 
Arm	120	
Hand, Handgelenk, Faust	100	
Finger	25	

1.7 Sicherheitsabstände

Die wichtigsten Sicherheitsabstände können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden (Auszug aus EN ISO 13857).

HINÜBERREICHEN

Bodenabstand der Gefahrstelle a (mm)	Höhe der Kante der Schutzeinrichtung b ¹⁾ (mm)							
	2.400	2.200	2.000	1.800	1.600	1.400	1.200	1.000
Waagerechter Abstand c von der Gefahrstelle (mm)								
2.400	100	100	100	100	100	100	100	100
2.200	–	250	350	400	500	500	600	600
2.000	–	–	350	500	600	700	900	1.100
1.800	–	–	–	600	900	900	1.000	1.100
1.600	–	–	–	500	900	900	1.000	1.300
1.400	–	–	–	100	800	900	1.000	1.300
1.200	–	–	–	–	500	900	1.000	1.400
1.000	–	–	–	–	300	900	1.000	1.400
800	–	–	–	–	–	600	900	1.300
600	–	–	–	–	–	–	500	1.200
400	–	–	–	–	–	–	300	1.200
200	–	–	–	–	–	–	200	1.100
0	–	–	–	–	–	–	200	1.100

¹⁾ Werte für die Kantenhöhe unter 1.000 mm sind nicht aufgeführt, weil die Reichweite nicht mehr größer wird und außerdem die Gefahr des Hineinstürzens in den Gefahrenbereich besteht.

Sicherheitsabstände zu Gefahrstellen mit niedrigem Risiko (z. B. Reibung oder Abrieb) beim Hinüberreichen

Hinüberreichen über schützende Konstruktionen

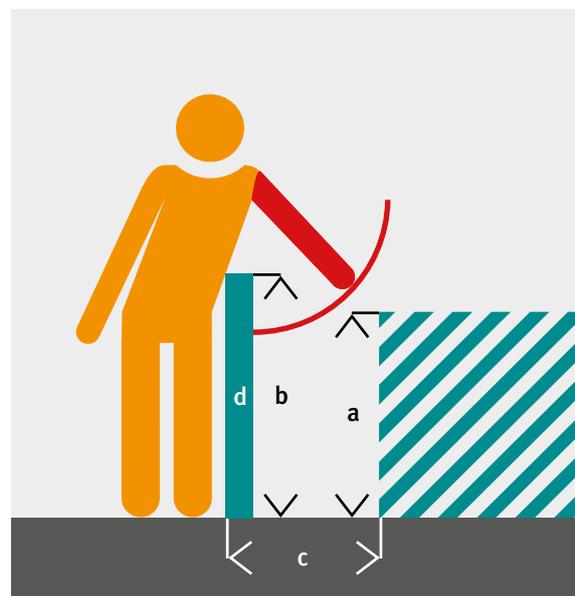
Beim Hinüberreichen über eine Kante, z. B. von Maschinengestellen oder Schutzeinrichtungen, ergibt sich der Sicherheitsabstand aus:

a = Abstand der Gefahrstelle vom Boden

b = Höhe der Kante der Schutzeinrichtung

c = waagerechter Abstand der Kante von der Gefahrstelle

d = schützende Konstruktion



HINÜBERREICHEN

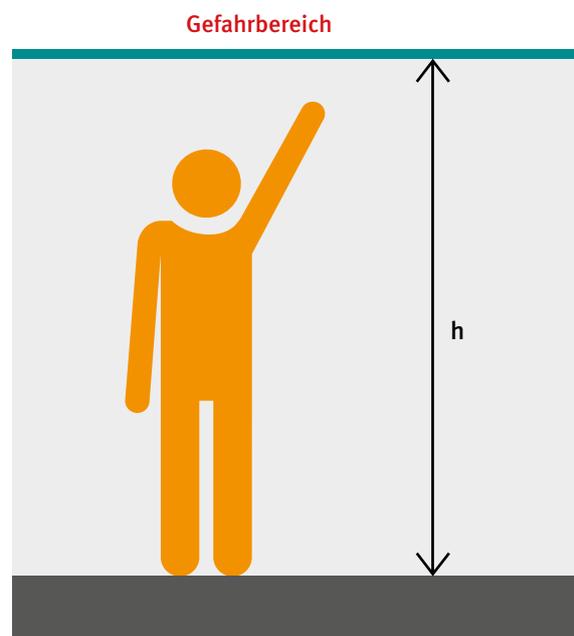
Bodenabstand der Gefahrstelle a (mm)	Höhe der Kante der Schutzeinrichtung b ¹⁾ (mm)								
	2.500	2.400	2.200	2.000	1.800	1.600	1.400	1.200 ²⁾	1.000 ²⁾
	Waagerechter Abstand c von der Gefahrstelle (mm)								
2.600	100	300	400	500	600	600	700	800	900
2.400	100	300	400	600	700	800	900	1.000	1.100
2.200	–	300	400	600	800	900	1.000	1.200	1.300
2.000	–	–	400	600	800	900	1.100	1.300	1.400
1.800	–	–	–	600	800	900	1.100	1.400	1.500
1.600	–	–	–	500	800	900	1.100	1.400	1.500
1.400	–	–	–	–	800	900	1.100	1.400	1.500
1.200	–	–	–	–	700	900	1.100	1.400	1.500
1.000	–	–	–	–	–	800	1.000	1.400	1.500
800	–	–	–	–	–	600	900	1.300	1.500
600	–	–	–	–	–	–	800	1.300	1.400
400	–	–	–	–	–	–	400	1.200	1.400
200	–	–	–	–	–	–	–	900	1.200
0	–	–	–	–	–	–	–	500	1.100

- ¹⁾ Werte für die Kantenhöhe unter 1.000 mm sind nicht aufgeführt, weil die Reichweite nicht mehr größer wird und außerdem die Gefahr des Hineinstürzens in den Gefahrenbereich besteht.
- ²⁾ Schützende Konstruktionen niedriger als 1.400 mm sollten nicht ohne zusätzliche sicherheitstechnische Maßnahmen benutzt werden.

Sicherheitsabstände zu Gefahrstellen mit hohem Risiko (z. B. Aufwickeln oder Einziehen) beim Hinüberreichen

Bei aufrecht stehendem gestrecktem Körper beträgt beim Hinaufreichen der Sicherheitsabstand nach oben:

- bei geringem Risiko (z. B. Reibung oder Abrieb) h = 2.500 mm
- bei hohem Risiko (z. B. Aufwickeln oder Einziehen) h = 2.700 mm



Körperteil	Bild	Öffnung (mm)	Sicherheitsabstand s_r (mm)		
			Schlitz	Quadrat	Kreis
Fingerspitze		$e \leq 4$	≥ 2	≥ 2	≥ 2
		$4 < e \leq 6$	≥ 10	≥ 5	≥ 5
Finger bis Fingerwurzel		$6 < e \leq 8$	≥ 20	≥ 15	≥ 5
		$8 < e \leq 10$	≥ 80	≥ 25	≥ 20
Hand		$10 < e \leq 12$	≥ 100	≥ 80	≥ 80
		$12 < e \leq 20$	≥ 120	≥ 120	≥ 120
		$20 < e \leq 30$	$\geq 850^{1)}$	≥ 120	≥ 120
Arm bis Schultergelenk		$30 < e \leq 40$	≥ 850	≥ 200	≥ 120
		$40 < e \leq 120$	≥ 850	≥ 850	≥ 850

¹⁾ Wenn die Länge einer schlitzförmigen Öffnung kleiner oder gleich 65 mm ist, wirkt der Daumen als Begrenzung und der Sicherheitsabstand kann auf 200 mm reduziert werden. Die roten Linien in der Tabelle zeigen das Körperteil, das durch die Größe der Öffnung eingeschränkt ist.

Sicherheitsabstände zu Gefahrstellen beim Hindurchreichen durch regelmäßige Öffnungen

Beim sicherheitsgerechten Konstruieren müssen insbesondere die menschlichen Körpermaße beachtet werden.

Erkenntnisse und Daten als Grundlage für eine Festlegung von Sicherheitsabständen liefert die Lehre von den Maßverhältnissen am menschlichen Körper und deren exakter Bestimmung (Anthropometrie).

Die Sicherheitsabstände setzen sich aus den Reichweiten oder den Körpermaßen zuzüglich eines Sicherheitszuschlages zusammen.

Die Abmessungen der Öffnungen e entsprechen der Seite einer quadratischen, dem Durchmesser einer kreisförmigen und der kleinsten Abmessung einer schlitzförmigen Öffnung.

Für Öffnungen > 120 mm müssen grundsätzlich die Sicherheitsabstände der Tabelle 3 aus EN ISO 13857 benutzt werden.

Begrenzung der Bewegung	Sicherheitsabstand s_r (mm)	Bild
Begrenzung der Bewegung nur an der Schulter und Achselhöhle	≥ 850	
Arm bis zum Ellenbogen unterstützt	≥ 550	
Arm bis zum Handgelenk unterstützt	≥ 230	
Arm und Hand bis zur Fingerwurzel unterstützt	≥ 130	

A = Bewegungsbereich der oberen Gliedmaßen

Sicherheitsabstände zu Gefahrstellen beim Herumreichen mit Begrenzung der Bewegung (Tabelle 3 aus EN ISO 13857)

¹⁾ Entweder der Durchmesser einer runden oder die Seite einer quadratischen oder die Weite einer schlitzförmigen Öffnung.

1.8 Schutzeinrichtungen

1.8.1 Einteilung und Anwendungsbeispiele

Schutzeinrichtungen zur Sicherung von Gefahrstellen



Schutzziel	Schutzeinrichtung	Anwendungsbeispiel
Erreichen einer Gefahrstelle von allen Seiten aus verhindern	Trennende Schutzeinrichtung: Verkleidung	Vollständig verkleideter Kettentrieb
Erreichen einer Gefahrstelle aus größerer Entfernung verhindern	Trennende Schutzeinrichtung: Umzäunung	Gefahrbereich an Palettenumreifungsmaschinen, Inlinemaschinen, Abrollungen mit automatischer Rollenbestückung
Während einer gefahrbringenden Bewegung Personen bzw. deren Körperteile außerhalb des Gefahrbereichs binden	Ortsbindende Schutzeinrichtung	Zweihandschaltung an Schneidemaschinen
Bei Annäherung von Personen oder deren Körperteilen abschalten, stillsetzen oder umsteuern der gefahrbringenden Bewegung	Schutzeinrichtung mit Annäherungsreaktion: berührungslos wirkend, bei Berührung wirkend	Lichtschranke an Schneidemaschinen, Schaltmatten an Stanzriegeln, Schaltleisten vor Walzeneinzugstellen

Einsatz von Schutzeinrichtungen entsprechend ihrer Wirkungsweise

1.8.2 Trennende Schutzeinrichtungen

Die Anforderungen an trennende Schutzeinrichtungen sind in den folgenden Normen aufgeführt:

- EN ISO 12100
- EN ISO 14120
- EN ISO 14119

1.8.2.1 Allgemeine Anforderungen

- Damit Schutzeinrichtungen den zu erwartenden betriebsmäßigen Beanspruchungen der Umgebung standhalten (Korrosionsbeständigkeit, Formstabilität, Temperaturbeständigkeit), müssen sie **ausreichend fest und haltbar** ausgelegt sein, d. h. aus einem geeigneten Werkstoff bestehen und ausreichend bemessen sein.
- Sie dürfen **keine zusätzlichen Gefahren** verursachen.
- Sie dürfen nicht auf einfache Weise umgangen oder **unwirksam gemacht** werden können.
- Sie müssen **ausreichend Abstand** zum Gefahrenbereich haben (EN ISO 13857).
- Sie dürfen die **Beobachtung des Arbeitsablaufs** nicht mehr als notwendig einschränken, sofern eine Beobachtung erforderlich ist.
- Sie müssen fest **an ihrem Platz gehalten** werden.
- Sie müssen entweder durch Systeme gehalten werden, die nur mit **Werkzeugen** geöffnet werden können, oder sie müssen mit der gefahrbringenden Bewegung verriegelt sein.
- Soweit möglich, dürfen sie nach dem Lösen der Befestigungsmittel nicht in Schutzstellung verbleiben.
- Die Befestigungsmittel müssen nach Lösen der Schutzeinrichtung mit dieser verbunden bleiben.

Gemäß dem Leitfaden für die Anwendung der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG Auflage 2.1 – Juli 2017 wird hierzu in § 218 ausgeführt:

„Nach dem zweiten Absatz in Nummer 1.4.2.1 müssen die Befestigungsmittel von feststehenden trennenden Schutzeinrichtungen an der trennenden Schutzeinrichtung oder an der Maschine befestigt bleiben wenn die trennenden Schutzeinrichtungen abgenommen werden. Durch diese Vorgabe soll das Risiko verringert werden, dass eines oder mehrere Befestigungsmittel beim Abnehmen der trennenden Schutzeinrichtungen verlorengehen, beispielsweise bei Wartungsarbeiten. Gehen Befestigungsmittel verloren, werden die trennenden Schutzeinrichtungen möglicherweise nicht wieder befestigt oder sie werden mit Ersatzbefestigungsmitteln befestigt, die keine ausreichende Festigkeit aufweisen, so dass die Schutzeinrichtung ihre Schutzfunktion nicht in angemessenem Maße erfüllen kann, wenn es zum Beispiel darauf ankommt, herausgeschleuderte Teile zurückzuhalten. Die Umsetzung dieser Anforderung ist davon abhängig, wie der Hersteller das betreffende Risiko beurteilt. Außerdem gilt diese

Anforderung für sämtliche feststehenden trennenden Schutzeinrichtungen, bei denen die Gefahr besteht, dass bei der Entfernung dieser Einrichtungen durch den Benutzer Befestigungsteile verlorengehen, beispielsweise bei feststehenden trennenden Schutzeinrichtungen, die bei routinemäßigen Reinigungs-, Einricht- oder Wartungsarbeiten am Aufstellungsort entfernt werden. Diese Vorgabe gilt jedoch nicht unbedingt für feststehende trennende Schutzeinrichtungen, die beispielsweise nur dann entfernt werden, wenn die Maschine vollständig überholt wird, wenn größere Reparaturen an der Maschine durchgeführt werden sollen oder wenn sie für den Transport an einen anderen Aufstellungsort zerlegt wird. Aus dem gleichen Grund muss diese Vorgabe möglicherweise nicht auf die Gehäuse von Maschinen zur Anwendung kommen, die für die Verwendung durch Endverbraucher bestimmt sind und bei denen in der Betriebsanleitung des Herstellers festgelegt ist, dass die Reparaturen, bei denen das Entfernen dieser Gehäuse vorgeschrieben ist, nur in einer Reparaturfachwerkstatt durchgeführt werden dürfen. In diesem Fall sind die Befestigungssysteme so zu wählen, dass sie sich nicht ohne Weiteres demontieren lassen.“

Beim Gestalten der Schutzeinrichtungen sind auch ergonomische Aspekte von Bedeutung. Nur dann, wenn Schutzeinrichtungen das Rüsten und Instandhalten sowie ähnliche Tätigkeiten nicht mehr als notwendig erschweren, werden sie von den Beschäftigten akzeptiert.

Folgende Gesichtspunkte spielen für eine zweckmäßige Handhabung der Schutzeinrichtungen eine Rolle:

- Leichtes Öffnen und Schließen, Heben oder Verschieben (dazu ist ein Gewicht bzw. ein durch Federn, Gasdruckfedern oder Gegengewichte unterstütztes Bewegungen eine wichtige Voraussetzung)
- Eigenhändiges Öffnen, Schließen, Heben und Verschieben der Schutzeinrichtung
- Funktionsgerechter Handgriff (in allen Stellungen der Schutzeinrichtung)
- Die geöffneten Schutzeinrichtungen sollen den erforderlichen Zugang oder Zugriff bequem ermöglichen.
- Die geöffneten Schutzeinrichtungen müssen gegen Zufallen gesichert sein, wenn Verletzungsgefahren durch Zufallen bestehen. Maßnahmen gegen das Zufallen können z. B. sein:
 - Schutzeinrichtungen mit Gegengewicht,
 - Gasdruck- oder Schraubenfedern,
 - Arretiereinrichtungen, die die Schutzeinrichtungen in der geöffneten Stellung selbsttätig formschlüssig halten.

1.8.2.2 Feste trennende und verriegelte trennende Schutzeinrichtungen

Schutzeinrichtungen, die **nicht häufig** oder nur für **Instandhaltungsarbeiten** abgenommen oder geöffnet werden, müssen, sofern sie nicht mit der gefahrbringenden Bewegung verriegelt sind, grundsätzlich so mit dem Maschinen-gestell verbunden sein, dass sie nur mit Werkzeug gelöst werden können. Ihr Entfernen muss einen Montagevorgang bedeuten, für den Werkzeuge notwendig sind.

Schutzeinrichtungen, die **häufig** oder für **Rüstarbeiten** geöffnet werden, müssen mit der gefahrbringenden Bewegung verriegelt sein und zwar so, dass nach dem Öffnen oder Entfernen der Schutzeinrichtung gefahrbringende Bewegungen rechtzeitig zum Stillstand kommen.

Schutzeinrichtungen werden z. B. „häufig“ geöffnet, wenn sie Beschäftigte innerhalb einer Arbeitsschicht mindestens einmal öffnen.

Zuhaltungen sind dann erforderlich, wenn beim Öffnen von Schutzeinrichtungen mit Gefährdungen zu rechnen ist (z. B. sehr langer Nachlauf von Kreismessern an Rotations- oder Querschneidern).

In Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen werden Schutzhauben und Schutztüren (trennende Schutzeinrichtungen) häufig zur Risikominimierung verwendet. Werden diese verriegelten Schutzeinrichtungen geöffnet, so werden die gefahrbringenden Maschinenbewegungen durch die Öffnungsbewegung gestoppt. Auch bei diesen Schutzeinrichtungen muss der Stillstand der Maschinenbewegungen erreicht sein, bevor der Gefährdungsbereich erreicht werden kann.

Der Mindestabstand S errechnet sich nach folgender Gleichung:

$$S = K \times (T - t_3) + C$$

$$K = 1600 \text{ mm/s}$$

S Mindestabstand in mm, gemessen von der am nächsten zum Gefährdungsbereich liegenden Kante der Öffnung der Schutzhaube/-tür bis zum Gefährdungsbereich

T Nachlauf des gesamten Systems in s

t_3 Zeit in s, die erforderlich ist, um die trennende Schutzeinrichtung so weit zu öffnen, dass das Maß der Öffnung den Zugriff ermöglicht.

C Sicherheitszuschlag aus Tabelle 4 von EN ISO 13857

Der Wert des Sicherheitszuschlages C ergibt sich aus der konstruktiven Gestaltung der Verriegelungseinrichtung. Der Stoppbefehl wird durch das Öffnen der Schutzeinrichtung gegeben. Nun kann es möglich sein, dass der Stoppbefehl erst erfolgt, wenn die Schutzhaube/-tür schon einen Spaltbreit geöffnet wurde. Eine Ursache dafür können z. B. Fertigungstoleranzen bei der Montage der Positionsschalter für Sicherheitsfunktionen sein. Die Breite des bei diesem Öffnungsvorgang entstandenen Schlitzes ist entscheidend für den Wert des Sicherheitszuschlages C . Ist der Schlitz z. B. kleiner als 4 mm, dann ist $C = 2$ mm.

SICHERHEITZUSCHLAG C NACH EN ISO 13857, TABELLE 4

Breite des Öffnungsschlitzes	Sicherheitszuschlag C nach EN ISO 13857
≤ 4 mm	2 mm
4 mm bis ≤ 6 mm	5 mm
6 mm bis ≤ 8 mm	20 mm
8 mm bis ≤ 10 mm	80 mm
10 mm bis ≤ 12 mm	100 mm
12 mm bis ≤ 20 mm	120 mm
> 20 mm	850 mm

In der EN 1010-2 werden verriegelte Schutzeinrichtungen mit Zuhaltung für Rotationsdruck- und -lackiermaschinen gefordert, wenn die Nachlaufzeit mehr als 10 s beträgt.

1.8.2.3 Besondere Anforderungen an die Sicherung von Gefahrbereichen

- Der Gefahrbereich muss durch eine Umzäunung und/oder mit Lichtstrahlen in 400 und 900 mm Höhe gesichert sein (EN 1010-1 „Sicherheitstechnische Anforderungen an Konstruktion und Bau von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen; Teil 1: Gemeinsame Anforderungen“).
- Der Zutritt zum Gefahrbereich muss gesichert sein, z. B.:
 - durch eine Eingangstür, die mit den gefahrbringenden Bewegungen verriegelt ist,
 - durch eine berührungslos wirkende Schutzeinrichtung (z. B. Lichtstrahlen in 400 und 900 mm Höhe),
 - durch eine Schaltmatte.
- Ist der Gefahrbereich vom Standort, von dem aus die gefahrbringenden Bewegungen wieder eingeleitet werden können, nicht einsehbar, müssen zusätzliche Maßnahmen getroffen sein, z. B.: Der mechanische Verschluss der verriegelten Tür muss so gestaltet sein, dass die Tür nicht aus dem Innern des Gefahrbereichs geschlossen werden kann, oder es muss ein zusätzliches Befehlsgerät (Quittiertaster) so angebracht sein, dass es nicht vom Innern des Gefahrbereichs aus betätigt werden kann. Der Quittiertaster muss so angebracht sein, dass bei seinem Betätigen der Gefahrbereich eingesehen werden kann. Erst nach

Betätigen des Quittiertasters darf die Maschine gestartet werden können.

1.8.2.4 Positionsschalter mit Personenschutzfunktion

Positionsschalter dienen der Stellungsüberwachung von verriegelten trennenden Schutzeinrichtungen. Für die Verriegelung einer Schutzeinrichtung müssen die Positionsschalter mit Personenschutzfunktion (Sicherheitsgrenztaster) besondere Anforderungen erfüllen (EN 60 204-1 „Elektrische Ausrüstung von Maschinen, allgemeine Anforderungen“, EN ISO 14119 „Sicherheit von Maschinen; Verriegelungseinrichtungen in Verbindung mit trennenden Schutzeinrichtungen – Leitsätze für die Gestaltung und Auswahl“ und EN 60947-5-1 „Steuergeräte und Schaltelemente; Elektromechanische Steuergeräte“.

- Sie müssen durch Anordnung und Ausführung gegen unbeabsichtigtes Betätigen, gegen Lageänderungen und gegen Beschädigung gesichert sein: Eine Sicherung des Schalters und der Steuerkurve ist durch formschlüssige (nicht kraftschlüssige) Befestigung möglich, z. B. mit Rundlöchern, Passstiften oder Anschlägen.
- Sie müssen durch die Betätigungsart oder ihre Eingliederung in die Steuerung so gesichert sein, dass sie nicht auf einfache Weise umgangen werden können. Aus diesem Grund müssen die Positionsschalter als Öffner geschaltet sein.
- Sie müssen auf ihre einwandfreie Wirkungsweise überprüfbar und nach Möglichkeit zur Kontrolle leicht zugänglich sein.
- Sie dürfen nicht als mechanischer Anschlag verwendet werden.
- Die Positionsschalter müssen so angebracht sein, dass sie vor Schäden durch vorhersehbare äußere Einflüsse geschützt sind.
- Der Betätigungshub muss entsprechend dem Zwangsöffnungsweg nach Herstellerangabe eingestellt sein. Der vom Hersteller angegebene Mindeststößelweg muss eingehalten werden, damit die für die Zwangsöffnung erforderliche Schaltstrecke gewährleistet ist.
- Werden **Näherungsschalter** (Bauart 4) als Positionsschalter mit Personenschutzfunktion verwendet, müssen diese das gleiche Sicherheitsniveau aufweisen wie die mechanischen Positionsschalter; d. h. sie müssen fehlersicher sein (EN 61496-1 „Sicherheit von Maschinen – Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen, Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen“).

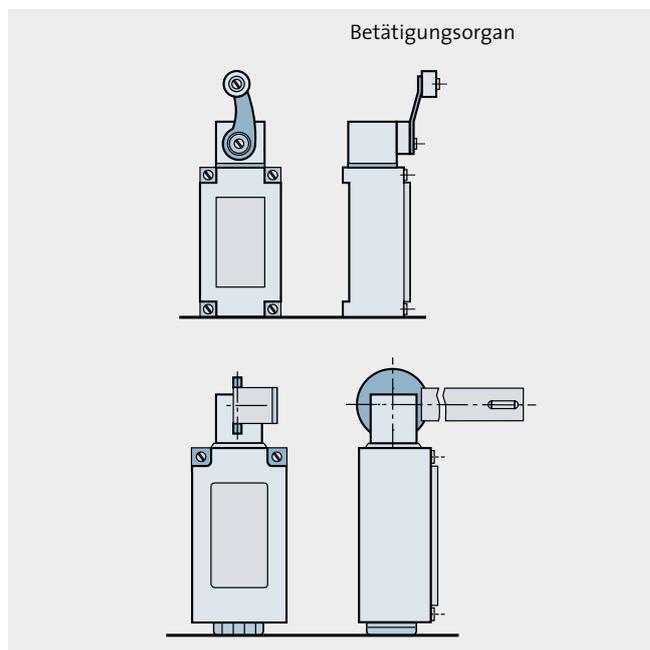
Es gibt zwei grundlegende Arten von mechanischen Positionsschaltern: ¹⁾

Positionsschalter Bauart 1 (B1):

Schalter, bei denen Schaltglied und Betätigungsorgan konstruktiv und funktionell eine Einheit bilden.

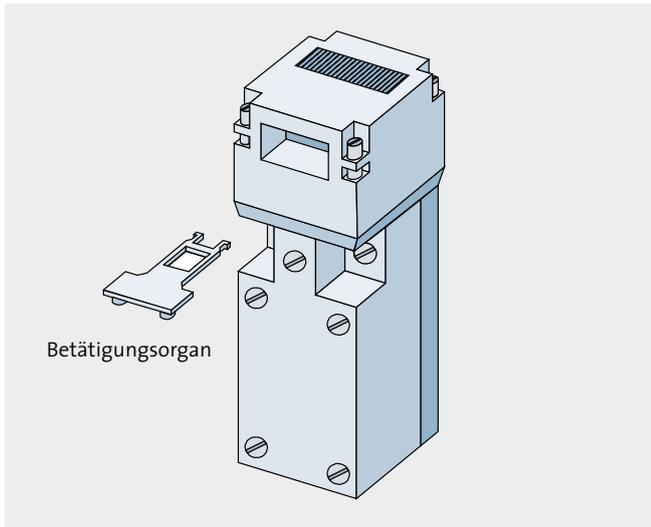
Positionsschalter Bauart 2 (B2):

Schalter, bei denen Schaltglied und Betätigungsorgan keine Einheit bilden, jedoch beim Betätigen funktionell zusammengeführt oder getrennt werden.

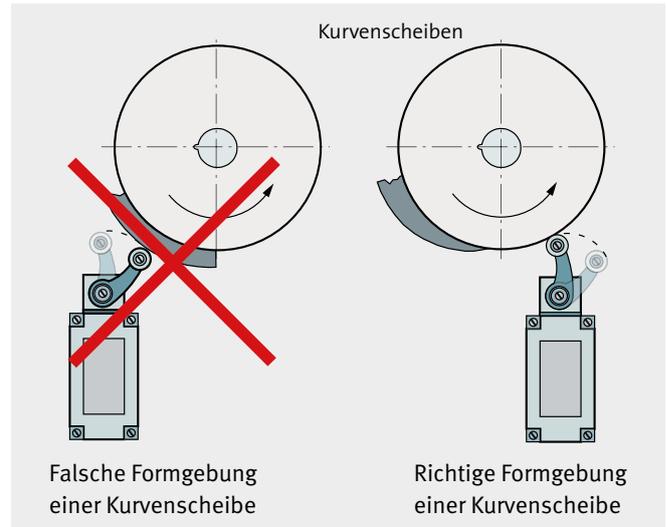


Positionsschalter Bauart 1 (B1)

¹⁾ Nähere Angaben siehe DGUV Information 203-003 „Auswahl und Anbringung von Verriegelungseinrichtungen“

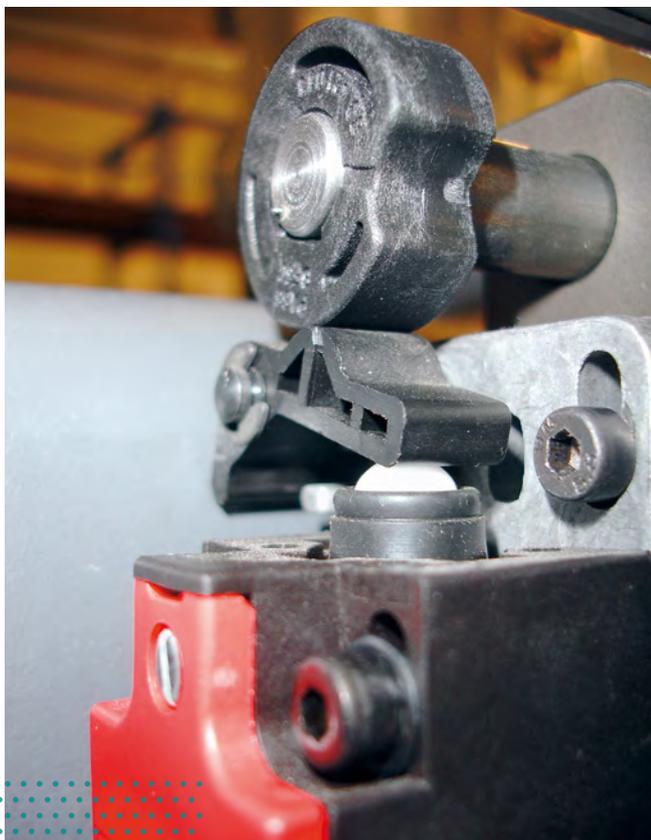


Positionsschalter Bauart 2 (B2)



Bei der Anordnung von Positionsschaltern muss ein besonderes Augenmerk auf Schaltschienen und Kurvenscheiben gelegt werden.

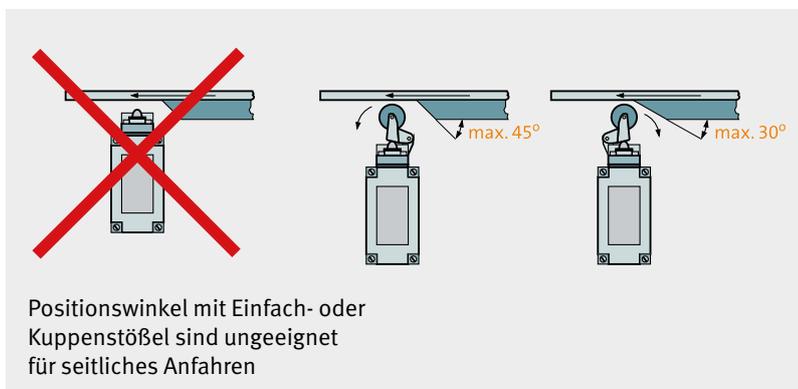
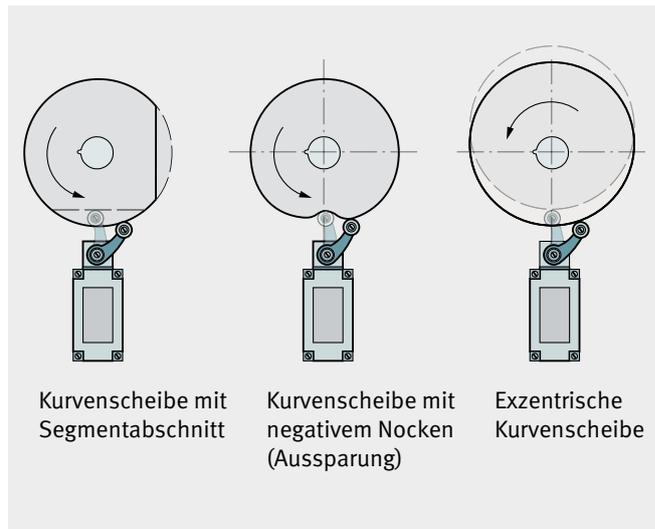
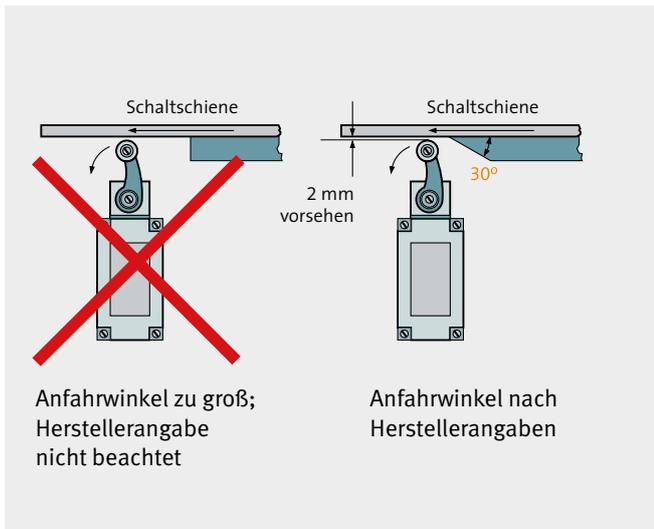
Um eine Zerstörung der Anfahrrollen zu vermeiden, müssen entsprechende Anfahrwinkel an Kurvenscheiben vorgesehen werden. Die Herstellerangaben müssen beachtet werden.



Beispiel für einen Positionsschalter Bauart 1 (B1) mit Kurvenscheibe

Es gibt verschiedene Arten von Kurvenscheiben:

Bei Schaltschienen darf der Anfahrwinkel nicht zu groß gewählt werden. Hierbei müssen die Herstellerangaben beachtet werden.



Ob der Positionsschalter den Anforderungen nach EN 60947-5-1 „Steuergeräte und Schaltelemente; Elektromechanische Steuergeräte“ entspricht, ist durch das Bildzeichen auf dem Schalter zu erkennen.

Für Maschinen im gewerblichen Bereich ist IP 54 erforderlich.



Bildzeichen: Positionsschalter mit Personenschutzfunktion nach EN 60947-5-1

1.8.2.5 Gestaltung trennender Schutzeinrichtungen

Zuverlässige Funktion

Schutzeinrichtungen schützen Personen vor Gefährdungen, die durch Erreichen von Gefahrstellen ausgehen. Außerdem schützen sie Personen vor Gefahren wie Lärm, Strahlung und wegfliegenden Teilen. Schutzeinrichtungen müssen zuverlässig wirken und dürfen keine neuen Gefahrstellen bilden.

Verriegelung mit und ohne Zuhaltung

Verriegelungen stellen zwischen der Wirkung beweglicher Schutzeinrichtungen und gefahrbringenden Bewegungen eine zwangsläufige Abhängigkeit her. Schutzeinrichtungen, die häufig oder für Rüstarbeiten abgenommen oder geöffnet werden, müssen mit der gefahrbringenden Bewegung verriegelt sein.

Die Verriegelung darf sich **nicht mit einfachen Mitteln manipulieren lassen**. Einfache Mittel sind beispielsweise: Schrauben, Nadeln, Blechstücke, Münzen oder gebogener Draht.

Sicherung gegen Durchgriff

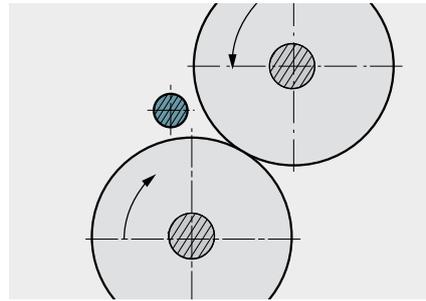
Bei der maßlichen Gestaltung der Schutzeinrichtungen sind die räumliche Ausdehnung der Gefahrstelle und die Körpermaße des Menschen zu berücksichtigen. Die zulässige Maschenweite von Drahtgittern hängt vom Abstand des Schutzgitters zur Gefahrstelle ab. Je größer die Spaltweite, desto weiter muss die Schutzeinrichtung von der Gefahrstelle entfernt sein.

Sicherheitsabstände einhalten

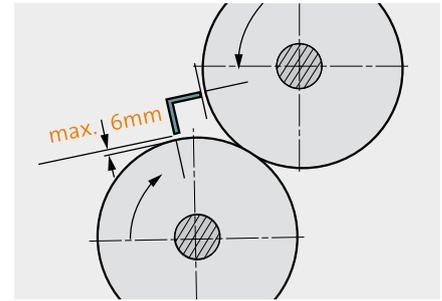
Beim Dimensionieren der Schutzeinrichtungen (Öffnung e und Sicherheitsabstand s_r) müssen die Sicherheitsabstände nach EN ISO 13857 eingehalten werden.

Schutzeinrichtungen müssen so ausgebildet und angeordnet werden, dass die Sicherheitsabstände nicht unterschritten werden können.

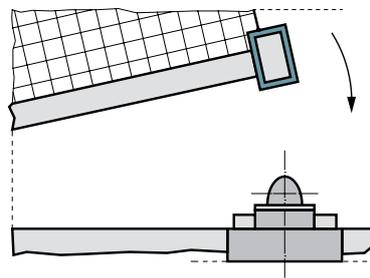
Gestaltungsbeispiele:



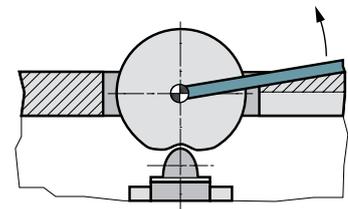
falsch



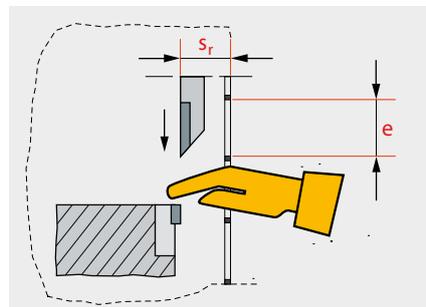
richtig



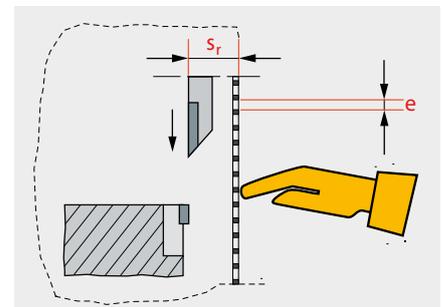
manipulierbar



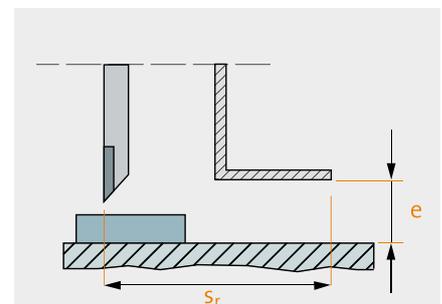
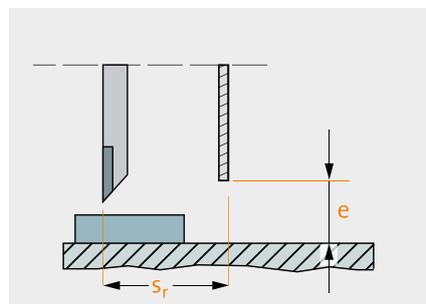
nicht manipulierbar



EN ISO 13857 nicht eingehalten



EN ISO 13857 eingehalten



Öffnungsweite und Sicherheitsabstand müssen EN ISO 13857 entsprechen

Sicherheitsabstände gelten auch für Öffnungen, z. B. in Schutzeinrichtungen sowie zwischen Schutzeinrichtungen und Maschinengestell,

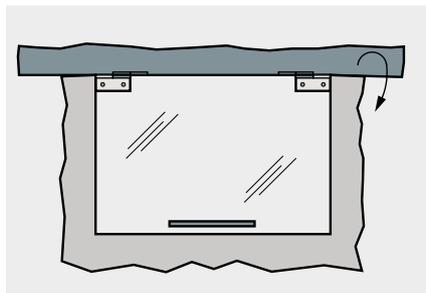
für die Beschickung, Entnahme oder Beobachtung von Produkten.

Ausreichende Festigkeit

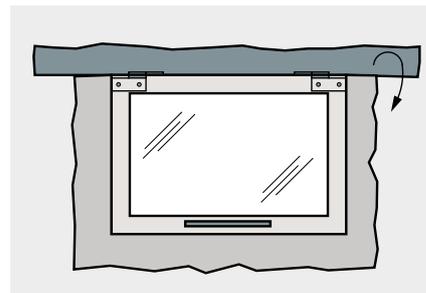
Schutzeinrichtungen müssen aus beständigen, widerstandsfähigen Werkstoffen bestehen und so dimensioniert sein, dass sie den zu erwartenden Beanspruchungen der Umgebung und des Betriebsgeschehens standhalten. Diese Eigenschaften müssen über die gesamte Nutzungsdauer der Maschine garantiert sein.

Ist dies nicht möglich, müssen Vorkehrungen für ein Ersetzen der Verschleißteile getroffen sein. Werkstoffe müssen hinsichtlich ihrer Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Formstabilität und Temperaturbeständigkeit für den Anwendungsfall geeignet sein.

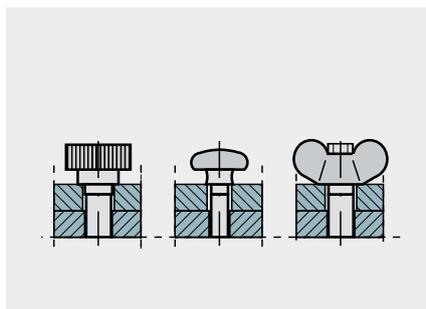
Eine Leistungsbeschreibung der verwendeten Werkstoffe muss mitgeliefert werden. Die Formbeständigkeit von Acrylglas und Drahtgitter lässt sich durch Einfassen in einen Metallrahmen verbessern.



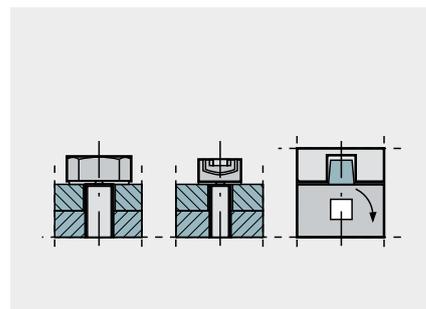
ungünstig (ohne Rahmen)



günstig (mit Rahmen)



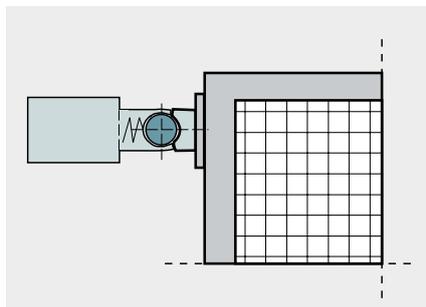
nicht zulässig



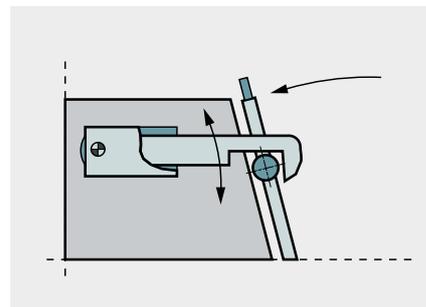
zulässig

Richtige Befestigung

Schutzeinrichtungen, die nur für Instandhaltungsarbeiten geöffnet werden, müssen so befestigt sein, dass sie nur mit Werkzeug (z. B. Schraubenschlüssel, Schraubendreher oder Bartschlüssel) gelöst werden können. Befestigungselemente müssen so angebracht sein, dass sie nicht verlorengehen können. Schnellverschlüsse, Schraubengriffe, Rändel- und Flügelschrauben sind nicht zulässig. Nach dem Lösen der Befestigungen soll die Schutzeinrichtung nicht in Schutzstellung verbleiben. Die Befestigungsmittel müssen nach dem Abnehmen der Schutzeinrichtungen mit der Schutzeinrichtung oder mit der Maschine verbunden bleiben.



möglich



besser

Arretierung in Endlage

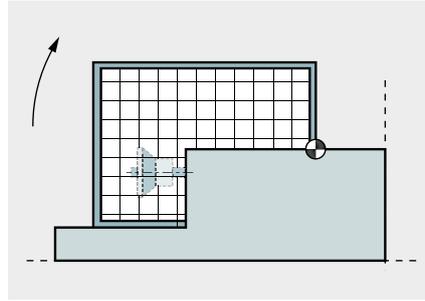
Soweit durchführbar, müssen bewegliche trennende Schutzeinrichtungen so mit der Maschine befestigt sein, dass sie durch Scharniere, Führungen usw. in geöffneter Stellung sicher gehalten werden. Formschlüssige Halterungen sollten bevorzugt werden. Reibschlüssige Halterungen (z. B. Kugelkalotten) sind wegen ihrer

nachlassenden Wirkung (Verschleiß) nicht zu empfehlen.

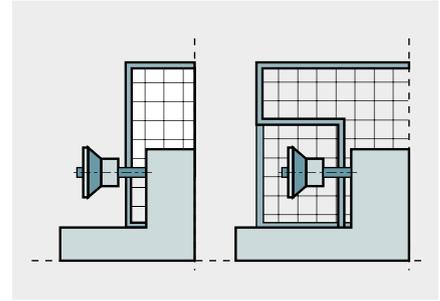
Zum Fixieren der Schutzeinrichtungen in einer stabilen Lage, aus der sie sich nicht selbstständig bewegen können, sind reibschlüssige Halterungen vertretbar.

Keine Behinderung von Stellteilen

Stellteile für Eingriffe in laufende Maschinen sollen nicht hinter Schutzeinrichtungen angeordnet sein, die zum Betätigen der Stellteile geöffnet werden müssen. Sie sollen außerhalb oder in Durchbrüchen der Schutzeinrichtung erreichbar sein. Die Öffnungen müssen für ein bequemes Betätigen groß genug sein, ein Hineingreifen in Gefahrstellen darf jedoch nicht möglich sein. Die Sicherheitsabstände aus EN ISO 13857 müssen eingehalten sein.



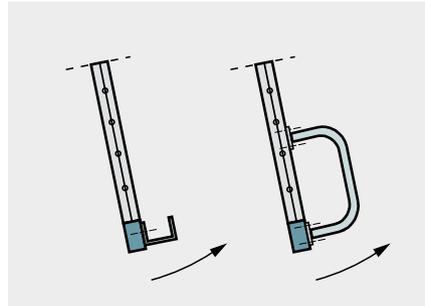
ungünstig



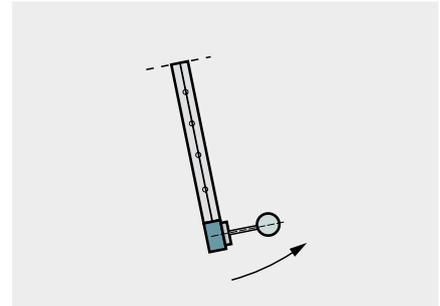
günstig

Griffgerechte Handgriffe

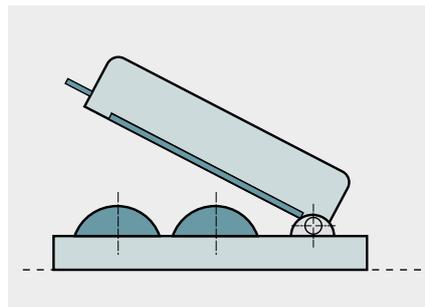
Zum Betätigen der Schutzeinrichtungen sind funktionsgerechte Handgriffe notwendig. Griffstangen oder Bügel, deren Längsachse parallel zur Schwenkachse verläuft, gewähren in allen Positionen eine leichte Handhabung. Winkelprofile eignen sich nicht als Griffleisten. Ebenso sind Maschinenteile keine Handgriffe. Handgriffe an verschraubten Schutzeinrichtungen erhöhen die Wahrscheinlichkeit, dass diese nach dem Entfernen wieder in ihre Schutzposition gebracht werden.



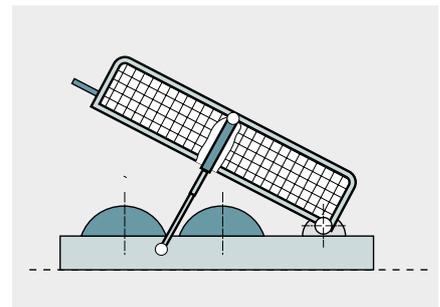
ungünstig



günstig



ungünstig



günstig

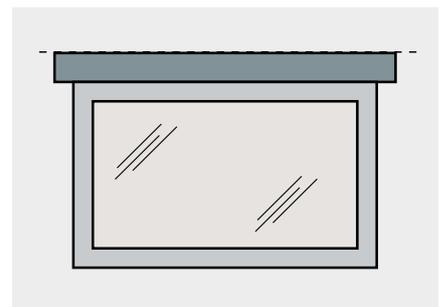
Leichte Handhabung

Schutzeinrichtungen sollen bedienungsfreundlich und leicht zu handhaben sein. Bewegliche Schutzeinrichtungen sollten sich einhändig mit geringem Kraftaufwand bewegen lassen. Sie müssen daher leicht gebaut werden; die statische und dynamische Festigkeit dürfen dabei nicht beeinträchtigt sein (sonst treten Verformungen auf). Die Schutzeinrichtungen sollten im günstigsten Fall so konstruiert werden, dass sie horizontal (durch Verschieben) geöffnet werden. Ist das nicht möglich und müssen sie nach oben aufgeschwenkt werden, sollte die obere Endlage über dem Kippunkt liegen. Das Öffnen soll durch Gewichtsausgleich mit Feder, Gasdruckfeder, Gegengewichten u. a. m. erleichtert werden.

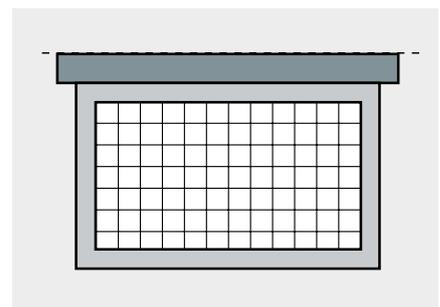
druckfedern in der Risikobeurteilung berücksichtigt werden. Für sehr große Schutzeinrichtungen sollten mindestens zwei Gasdruckfedern verwendet werden. Wichtig ist auch der Hinweis in der Betriebsanleitung, dass bei Nachlassen der Kraft die Gasdruckfedern ausgetauscht werden müssen.

Gute Sichtverhältnisse

Schutzeinrichtungen müssen eine ausreichende Sicht ermöglichen, wenn Vorgänge hinter ihnen beobachtet werden müssen. Spiegelungen und optische Verzerrungen beeinträchtigen den Blick in den Wirkbereich und führen zu Ermüdungen. Drahtgitter sollen anderem transparentem Material (z. B. Acrylglas) vorgezogen werden, da dieses mit der Zeit vergilbt, erblindet, leicht verkratzt oder gar bricht.



ungünstig



vorzuziehen

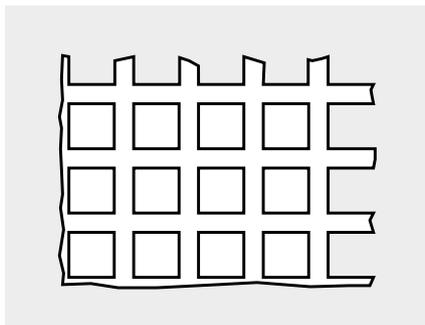
Gasdruckfedern sind hierfür ein bewährtes Konstruktionselement. Allerdings muss der Ausfall der Gas-

Richtige Kontrastwirkung

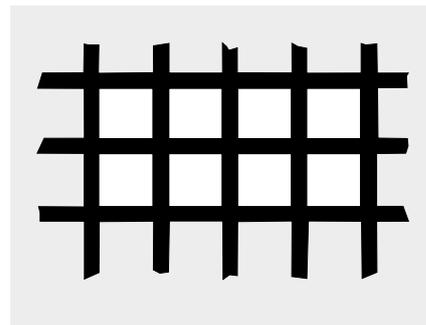
Lochblech mit hohem Lochanteil erleichtert die Durchsicht vor allem dann, wenn es dunkel, z. B. matt schwarz, gehalten und der Hintergrund hell ist. Dunkle Drahtgitter beeinträchtigen die Sichtbedingungen nur unwesentlich.

Vorhersehbare Fehlanwendungen

Trennende Schutzeinrichtungen müssen, soweit durchführbar, so gestaltet werden, dass sämtliche Verwendungsarten einschließlich vorhersehbarer Fehlanwendungen berücksichtigt sind. Eine geeignete Form- und Werkstoffwahl soll ein mögliches Überbrücken ausschließen.



ungünstig



günstig

GEEIGNETE WERKSTOFFE FÜR SCHUTZEINRICHTUNGEN

Werkstoff	Halbzeug	Berührungsschutz ¹⁾	Schutz gegen wegfliegende und/oder sich lösende		
			Flüssigkeiten, Stäube, Dämpfe, Nebel	Späne	Werkstücke Werkzeuge
Metall	Blech	X	X	X	X
	Stab, Rohr	X	-	-	/
	Draht, Gitter	X	-	-	/
	Formteil	X	X	X	X
	Platte	X	/	X	X
Holz, Holzwerkstoff	Stab	X	-	-	-
	Gitter	X	-	-	/
Kunststoff	Platte	X	X	X	X
	Stab, Rohr	X	-	-	/
	Gitter, Netz	X	-	-	/
	Formteil	X	X	X	X
Sicherheitsglas	Platte	X	X	X	X
	Formteil	X	X	X	X

X = zulässig / = bedingt zulässig - = unzulässig

¹⁾ Beim Hindurchreichen muss EN ISO 13857 beachtet werden.

VOR- UND NACHTEILE VON WERKSTOFFEN FÜR SCHUTZEINRICHTUNGEN

Werkstoff	Vorteile	Nachteile
Blech	– stabil – vollständiger Berührungsschutz (aus mechanischer Sicht)	– keine Durchsicht – Schallübertragung
Streckmetall	– durchsichtig – preisgünstig – leicht zu verarbeiten	– scharfkantig – nicht stabil – kein Schutz gegen Flüssigkeiten und Stäube
Lochblech	– stabil – leicht zu verarbeiten – kein Wärmestau	– begrenzte Durchsicht – kein Schutz gegen Flüssigkeiten, Stäube, Späne – bedingt durchgriffsicher
Welldrahtgitter	– stabil – durchsichtig – leicht zu verarbeiten – kein Wärmestau	– kein Schutz gegen Flüssigkeiten, Stäube, Späne – bedingt durchgriffsicher
Sicherheitsglas	– gute Durchsicht – splitterfrei – kratzfest – vollständiger Berührungsschutz	– verschmutzt leicht – hohes Gewicht – teuer
durchsichtiger Kunststoff	– schlagfest – gute Durchsicht – vollständiger Berührungsschutz	– verschmutzt leicht – nicht kratzfest – nicht stabil (ohne Metallrahmen)* – evtl. Bruchgefahr bei Kollision mit wegfliegenden Teilen
glasfaserverstärkter Kunststoff	– stabil – vollständiger Berührungsschutz – schallisierend	– keine Durchsicht – geringer Widerstand gegen wegfliegende Teile

* Durchsichtige Kunststoffplatten müssen eine ausreichende mechanische Festigkeit (z. B. durch Metallrahmen) aufweisen

1.8.3 Schutzeinrichtungen mit Annäherungsreaktion

1.8.3.1 Lichtschranken und andere sichtbasierende Schutzgeräte

Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen (BWS) für Sicherheitsfunktionen dienen dem Zugangsschutz oder der Anwesenheitserkennung. Sie bestehen mindestens aus einem Sensor (z. B. opto-elektronische Sende- und Empfangseinheit), einem Steuerungs- und Überwachungsteil und einem Ausschaltelement. Häufig werden BWS unter Verwendung von aktiven opto-elektronischen Schutzeinrichtungen aufgebaut (z. B. Lichtschranken, Lichtgitter oder Laser-Scanner). Bei der Auswahl einer opto-elektronischen Schutzeinrichtung sind folgende Kriterien zu berücksichtigen:

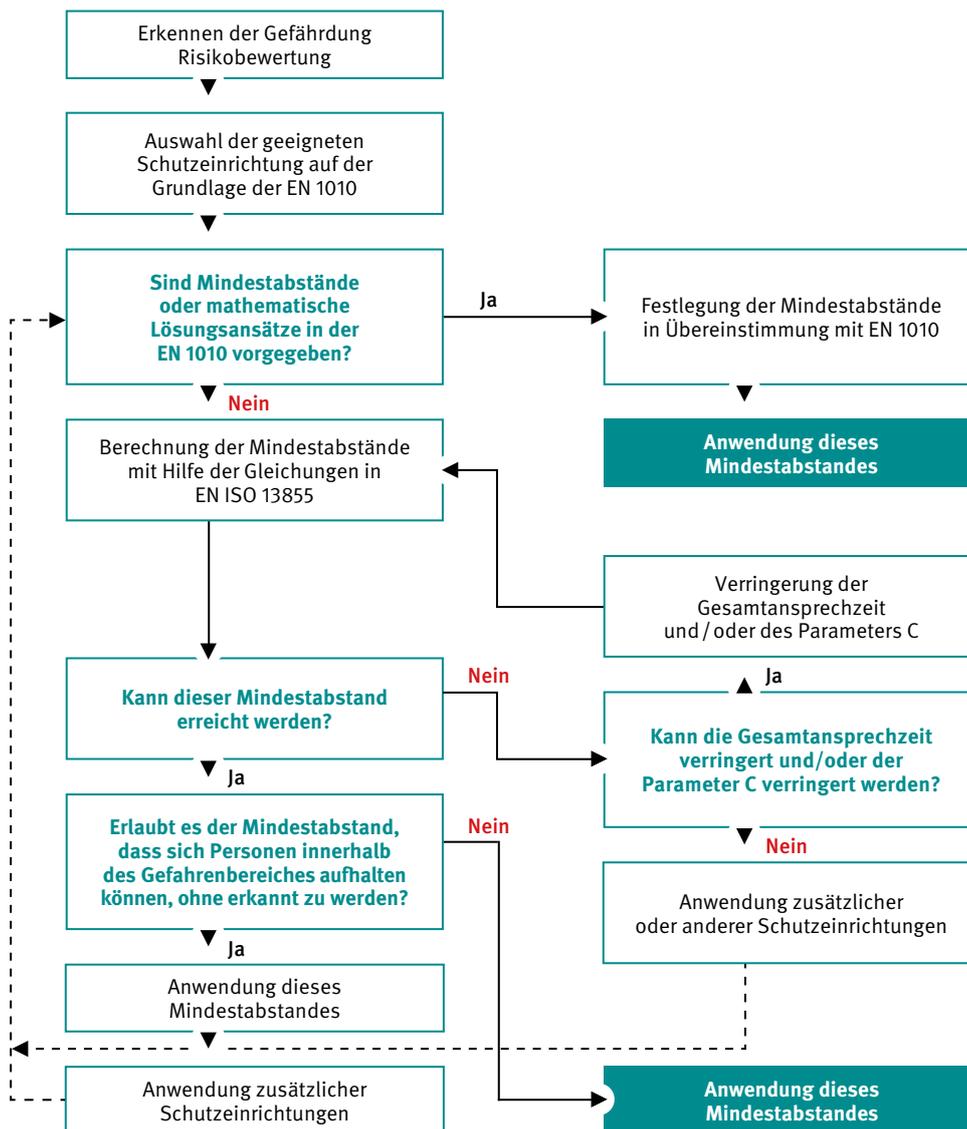
- die Festlegungen in Normen (z. B. EN ISO 13855, Abschnitt 6, oder Normenreihe EN 1010),
- der zur Verfügung stehende Platz vor den Gefahrstellen,
- ergonomische Einflüsse (z. B. betriebsmäßig regelmäßiger Zugriff zur Gefahrstelle).

Opto-elektronische Schutzeinrichtungen können nicht verwendet werden, wenn Verletzungsgefahr durch wegfliegendes Material besteht oder die Zugriffszeit zur Gefahrstelle kleiner ist als die Nachlaufzeit bis zum Stillstand der gefahrbringenden Bewegung. Die Wirksamkeit von opto-elektronischen Schutzeinrichtungen hängt wesentlich von der Anordnung des Sensors ab.

Mindestabstände

Der Mindestabstand S bei berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen (BWS) ist abhängig von

- der Nachlaufzeit der Maschine (z. B. durch das Abbremsen von beschleunigten Massen),
- der Ansprechzeit der Maschinensteuerung,
- der Ansprechzeit der BWS,
- den Sicherheitszuschlägen zum Sicherheitsabstand.



Diese Einflussfaktoren werden in der nachfolgenden allgemeinen Gleichung zur Berechnung der Mindestabstände berücksichtigt:

$$S = (K \times T) + C$$

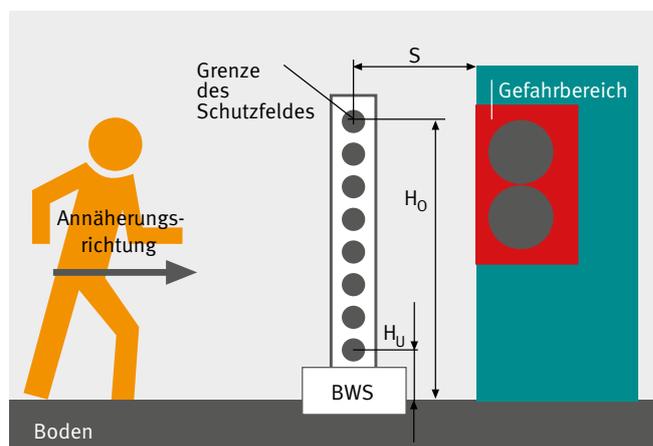
S ist der Mindestabstand in mm, gemessen vom Gefährdungsbereich bis zum Erkennungspunkt;

K ist ein Parameter in mm/s, abgeleitet von Daten über die Annäherungsgeschwindigkeit des Körpers oder von Körperteilen;

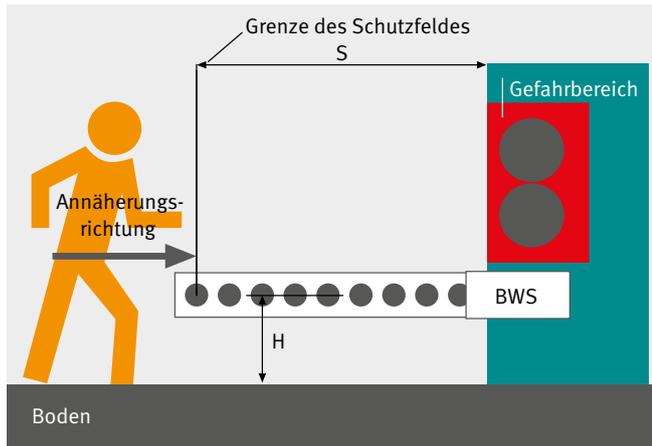
T ist der Nachlauf des gesamten Systems in Sekunden;

C ist ein Sicherheitszuschlag in mm, der das Eindringen in den Gefährdungsbereich vor Auslösen der Schutzeinrichtung berücksichtigt.

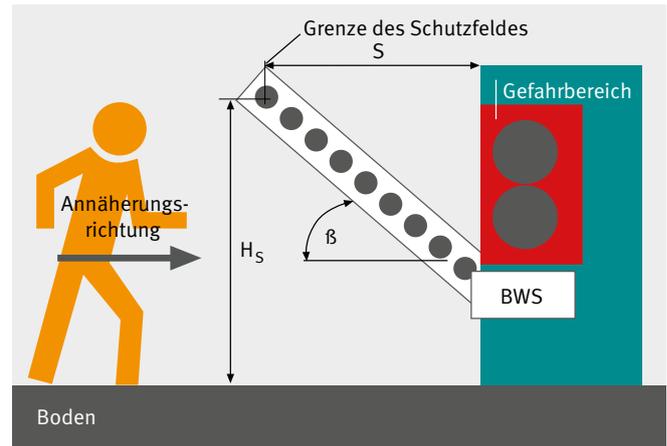
Für die Berechnung des Mindestabstandes S wird zwischen drei Annäherungsrichtungen zum Schutzfeld unterschieden:



1. Senkrechte Annäherung in die Schutzfeldebene



2. Parallele Annäherung in die Schutzfeldebene



3. Annäherung im Winkel zur Schutzfeldebene

BERECHNUNG DER NOTWENDIGEN MINDESTABSTÄNDE IN ABHÄNGIGKEIT VON DER ANNÄHERUNGSRICHTUNG (GEMÄSS EN ISO 13855)

Annäherungsrichtung	Gleichung	Erläuterungen bzw. Voraussetzungen
EN ISO 13857– Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefährdungsbereichen mit den oberen und unteren Gliedmaßen zusätzlich beachten		
1. Senkrechte Annäherung und		$\beta = 90^\circ (\pm 5^\circ)$ Zugang des gesamten Körpers $H_u \leq 300 \text{ mm}$ $H_o \geq 900 \text{ mm}$
$14 \text{ mm} \leq d \leq 40 \text{ mm}$	$S = 2.000 \times T + 8 \times (d - 14)$	$100 \text{ mm} \leq S \leq 500 \text{ mm}$ $(d - 14) > 0$
	$S = 1.600 \times T + 8 \times (d - 14)$	$S > 500 \text{ mm}$ $(d - 14) > 0$
$d \leq 30$	$S = 2.000 \times T + 8 \times (d - 14)$	$S > 150 \text{ mm}$
$d \leq 14$		$S > 100 \text{ mm}$
$40 \text{ mm} < d \leq 70 \text{ mm}$	$S = 1.600 \times T + 850$	$H_u \leq 300 \text{ mm}$ $H_o \geq 900 \text{ mm}$ Eindringen der Hände wird nicht erfasst
$d > 70 \text{ mm}$		Eindringen von Körperteilen wird nicht erfasst
		mehrere Einzelstrahlen
		Anzahl der Strahlen Höhen [mm]
		2 400 und 900
	$S = 1.600 \times T + 850$	3 300; 700; 1.100
		4 300; 600; 900; 1.200
		einstrahlige Einrichtungen (nur zulässig in Kombination mit anderen Schutzeinrichtungen)
	$S = 1.600 \times T + 1.200$	1 750

BERECHNUNG DER NOTWENDIGEN MINDESTABSTÄNDE IN ABHÄNGIGKEIT VON DER ANNÄHERUNGSRICHTUNG (GEMÄSS EN ISO 13855)

Annäherungsrichtung	Gleichung	Erläuterungen bzw. Voraussetzungen
senkrechte Annäherung (senkrechttes Schutzfeld) unter Berücksichtigung des Hinübergreifens	Werte für C_{RO} siehe Tabelle	$\beta = 90^\circ (\pm 5^\circ)$ $H_U \leq 300 \text{ mm}$ $H_O \geq 900 \text{ mm}$ H muss bereits bekannt sein
	$S = 2.000 \times T + C_{RO}$	$100 \text{ mm} \leq S \leq 500 \text{ mm}$
	$S = 1.600 \times T + C_{RO}$	$S > 500 \text{ mm}$
parallele Annäherung		$\beta = 0^\circ (\pm 5^\circ)$ $H_{max} = 1.000 \text{ mm}$ (nur zulässig in Kombination mit anderen Schutzeinrichtungen) $H \geq 300 \text{ mm}$ (Zugang unter dem Schutzfeld möglich)
$d \leq (H/15) + 50$	$S = 1.600 \times T + (1.200 - 0,4 \times H)$	$(1.200 - 0,4 \times H) \geq 850 \text{ mm}$, deshalb: $H \leq 875 \text{ mm}$ und $H_{min} = 15 \times (d - 50) \text{ mm}$
Annäherung im Winkel zur Schutzfeldebene	siehe „senkrechte Annäherung“ und/oder „parallele Annäherung“	$\beta > \pm 30^\circ (\pm 5^\circ)$ siehe „senkrechte Annäherung“ $\beta < \pm 30^\circ (\pm 5^\circ)$ siehe „parallele Annäherung“ mit $d \leq (H_s/15) + 50$ und $S = 1.600 \times T + (1.200 - 0,4 \times H_s)$ $H_s \leq 1.000 \text{ mm}$ (Teile des Schutzfeldes mit $H > 1.000 \text{ mm}$ werden nicht berücksichtigt)

S = Mindestabstand in mm

d = Detektionsvermögen bzw. Auflösung in mm

T = Gesamtnachlaufzeit in s

H = Höhe in mm

 β = Winkel zwischen Schutzfeldebene und Annäherungsrichtung

Sicherheitsgerechtes Konstruieren von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen

Befinden sich **Hindernisse auf dem Weg vom Schutzfeld bis zum Anfang des Gefährdungsbereiches**, so ergibt sich die Länge des vorhandenen Sicherheitsabstandes aus der Länge des kürzesten Weges zwischen diesen beiden Orten. Praktisch kann dieser Abstand mit Hilfe einer Schnur, die

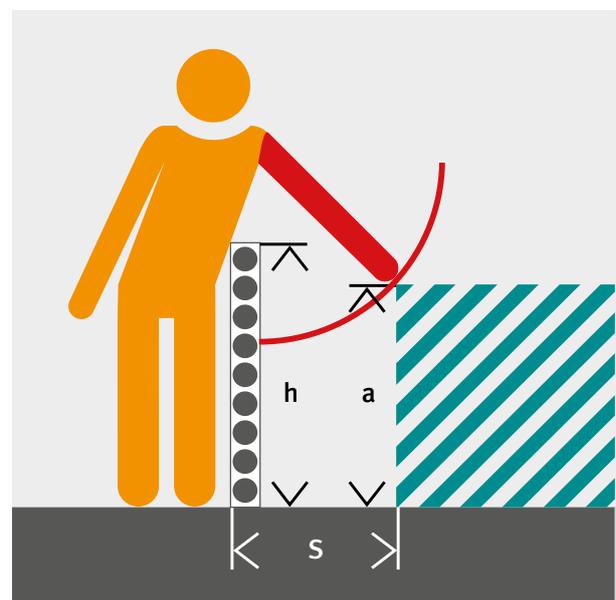
Kommen **Laserscanner (AOPDDR) oder sichtbasierende Schutzgeräte (VBPD)** mit zweidimensionalem Schutzbereich zur Anwendung, so erfolgen die Berechnungen der notwendigen Mindestabstände S auf die gleiche Weise wie bei Lichtgittern.

ZUSAMMENHANG ZWISCHEN HÖHE DES SENKRECHTEN SCHUTZFELDES EINER BWS, DER HÖHE DES GEFÄHRDUNGSBEREICHES UND DEREN ABSTAND

Höhe des Gefährdungsbereiches a in mm	Höhe der Oberkante des Schutzfeldes der berührungslos wirkenden Schutzeinrichtung H in mm											
	900	1.000	1.100	1.200	1.300	1.400	1.600	1.800	2.000	2.200	2.400	2.600
	Zusätzlicher Sicherheitsabstand C_{RO} zum Gefährdungsbereich in mm gemäß EN ISO 13855											
2.600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.500	400	400	350	300	300	300	300	300	250	150	100	0
2.400	550	550	550	500	450	450	400	400	300	250	100	0
2.200	800	750	750	700	650	650	600	550	400	250	0	0
2.000	950	950	850	850	800	750	700	550	400	0	0	0
1.800	1.100	1.100	950	950	850	800	750	550	0	0	0	0
1.600	1.150	1.150	1.100	1.100	900	850	750	450	0	0	0	0
1.400	1.200	1.200	1.100	1.000	900	850	650	0	0	0	0	0
1.200	1.200	1.200	1.100	1.000	850	800	0	0	0	0	0	0
1.000	1.200	1.150	1.050	950	750	700	0	0	0	0	0	0
800	1.150	1.050	950	800	500	450	0	0	0	0	0	0
600	1.050	950	750	550	0	0	0	0	0	0	0	0
400	900	700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Die Höhe der Oberkante des Schutzfeldes kann ein Hinübergreifen in den Gefährdungsbereich ermöglichen. Deshalb wird der Mindestabstand unter Berücksichtigung eines zusätzlichen Sicherheitsabstandes C_{RO} berechnet

diese beiden Punkte verbindet, ermittelt werden. Die Länge der gespannten Schnur entspricht dann dem vorhandenen Sicherheitsabstand. Dieser Abstand darf nicht kleiner als der berechnete Mindestabstand S sein.



4. Hinübergreifen über die Schutzfeldebene

Steuerungsanforderungen

Bei Einsatz von Lichtschranken als Schutzeinrichtung müssen diese gemäß EN 1010-1, Abschnitt 5.2.9.1, vom Typ 2 sein, d. h. mit Testung (EN 61496-1:2008 „Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen; Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen“). Die Testung sollte nicht nur als Anlaufprüfung ausgebildet sein, sondern so oft wie möglich erfolgen. Die weitere elektronische Signalverarbeitung der Lichtschranke muss entsprechend der Risikobeurteilung erfolgen. Bei Druck- und Papierverarbeitungsanlagen ist im Allgemeinen mindestens ein erforderlicher Performance Level PL_r von „d“ bzw. „c“ für die komplette Sicherheitsfunktion notwendig.

Lichtschranken, die den regelmäßigen Zugang in den Gefahrenbereich sichern, müssen Typ 4 entsprechen (EN 61496-1:2008). Ein erforderlicher Performance Level PL_r von „e“ muss in diesem Fall von der Steuerung für die komplette Sicherheitsfunktion erfüllt werden. Erhöhte Steuerungsanforderungen an Schutzeinrichtungen werden z. B. an folgenden Maschinen gestellt:

- Planschneidemaschinen,
- Stanztiegel mit Handanlage,
- Bogensiebdruckmaschinen mit Handanlage und
- Etikettenstanzen mit Handanlage.

In EN 61496-1 werden den Typen von berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen erforderliche Performance Level PL_r bzw. SIL zugeordnet.

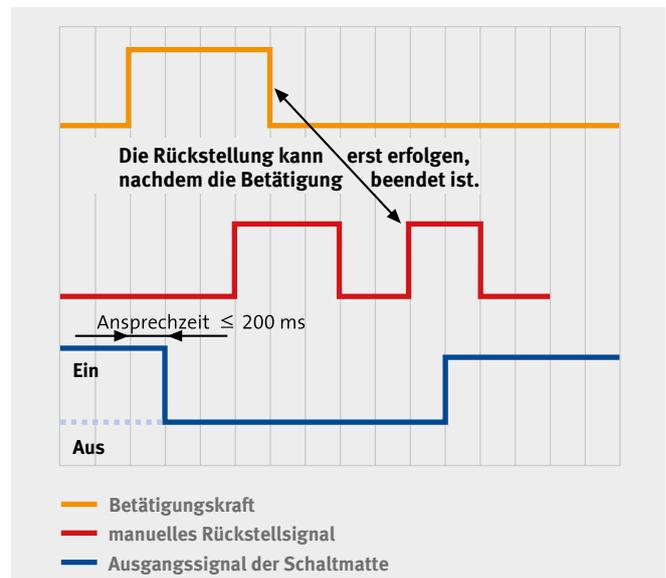
PL ODER SIL IN ABHÄNGIGKEIT VOM TYP DER BWS

	Typ		
	2	3	4
Erforderlicher Performance Level PL_r oder SIL, welche durch die BWS erreicht werden können	$PL_r = c$ oder SIL 1	$PL_r = d$ oder SIL 2	$PL_r = e$ oder SIL 3

Für Lichtschranken, die zur Reststapelüberwachung verwendet werden, ist für die Steuerung normativ ein erforderlicher Performance Level PL_r von „b“ ausreichend.

1.8.3.2 Schaltmatten

Schaltmatten und Schaltplatten dienen dazu, Personen zu erkennen, die auf den wirksamen Betätigungsflächen stehen oder auf sie treten. Als wirksame Betätigungsfläche wird der Teil der Oberfläche bezeichnet, auf dem die Betätigungskraft zum Auslösen der Schutzfunktion führt. Die Größe der Betätigungskraft ist in der EN ISO 13856-1, unter Verwendung von Prüfkörpern, festgelegt. Bei der Schaltmatte wird die wirksame Betätigungsfläche räumlich begrenzt verformt, wenn die Betätigungskraft auf sie einwirkt. Im Gegensatz dazu wird bei der Schaltplatte die wirksame Betätigungsfläche als Ganzes bewegt. Neben der Betätigungskraft ist die Ansprechzeit eine charakteristische Größe für den Einsatz von Schaltmatten und Schaltplatten. Die Ansprechzeit und die Betätigungskraft werden vom Hersteller eingestellt. Für den Anwender darf es nicht möglich sein, diese Einstellungen zu verändern. Die maximale Ansprechzeit beträgt 200 ms nach EN ISO 13856-1. Hersteller bieten Schaltmatten mit Ansprechzeiten von ca. 20 ms an.

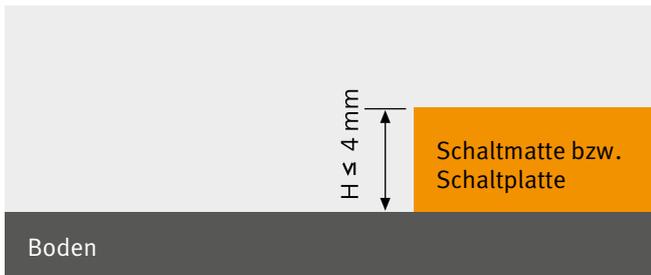
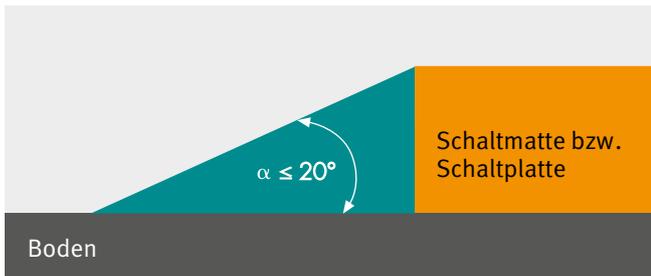
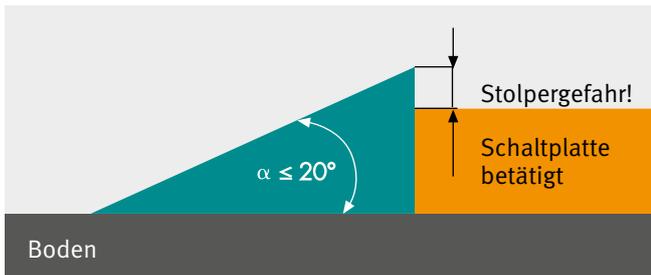


Zusammenhang zwischen der Betätigungskraft, dem Ausgangssignal der Schaltmatte bzw. Schaltplatte und dem Rückstellsignal.

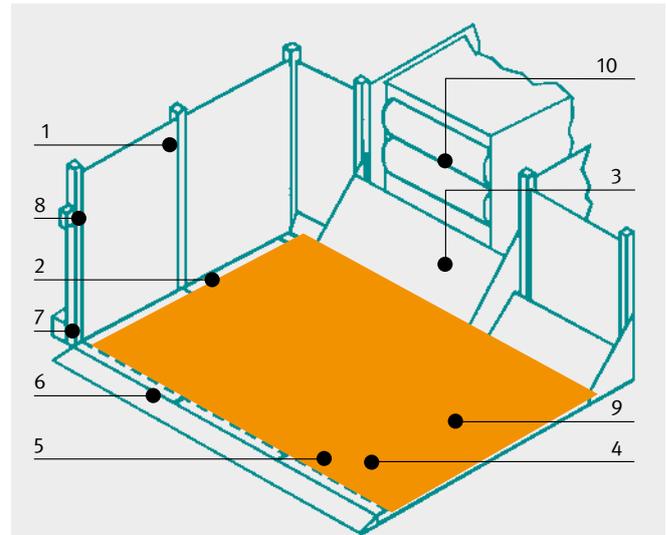
Sicherheitsgerechtes Konstruieren von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen

Der Einsatz schwerer Lasten (z. B. Flurförderzeuge) im Bereich von Schalmatten bzw. -platten kann zur Beschädigung dieser Schutzeinrichtungen führen. Hersteller geben für Schalmatten z. B. einen Maximalwert für die statische Belastung von 750 N/cm² an. Um Stolpergefahren zu vermeiden, ist ein bodengleicher Einbau der Betätigungsfläche von Vorteil. Mit Stolpergefahr muss gerechnet werden, wenn ein Höhenunterschied von mindestens 4 mm zwischen den aneinander grenzenden Oberflächen besteht (EN ISO 14122-2, Abschnitt 4.2.4.3).

Bei größeren Höhenunterschieden kann ein Rahmen mit einer Neigung von 20° das Stolperisiko auf ein vertretbares Maß reduzieren. Diese Rampe muss mit Kontrastfarbe oder einer anderen Kennzeichnung deutlich hervorgehoben werden. Besonders bei Schalmplatten kann durch den Betätigungsweg der Platte eine zusätzliche Stolpergefahr am Übergang zwischen der Platte und dem Fußboden verursacht werden. Deshalb soll dieser Betätigungsweg möglichst gering sein.



Vermeidung von Stolpergefahren beim Einbau von Schalmatten und Schalmplatten



- 1 Zusätzliche trennende Schutzeinrichtungen verhindern den Zugang zum Gefahrenbereich.
- 2 Anordnung der zusätzlichen trennenden Schutzeinrichtungen unmittelbar neben den Schalmatten bzw. Schalmplatten.
- 3 Schräge Abdeckplatten verhindern das Hintertreten der Schalmatten bzw. Schalmplatten durch Personen.
- 4 Ordnungsgemäße Befestigung der Schalmatten bzw. Schalmplatten.
- 5 Unwirksame Betätigungsflächen sind so angeordnet, dass die Schutzfunktion nicht beeinträchtigt wird.
- 6 Rampen verhindern Stolpergefahr
- 7 Außerhalb angeordnete Kabelkanäle
- 8 Rückstellungssignal, der Gefahrenbereich kann vollständig eingesehen werden.
- 9 Fügekanten und Knotenpunkte zwischen den Schalmatten bzw. Schalmplatten sind so ausgeführt, dass Personen erkannt werden.
- 10 Gefahrstelle

Gut gestaltete Absicherung eines Arbeitsbereiches mit Hilfe von Schalmatten bzw. Schalmplatten

Die erforderlichen Abmessungen der Schalmatte bzw. Schalmplatte ergeben sich aus folgender Gleichung:

$$S = 1.600 \times T + 1.200$$

Wird die Schalmatte bzw. Schalmplatte auf einer erhöhten Plattform montiert, so reduziert sich der notwendige Mindestabstand S. Die Stufe wird dann als zusätzliche Schutzmaßnahme betrachtet. Die Berechnung erfolgt in diesem Fall an der Gleichung:

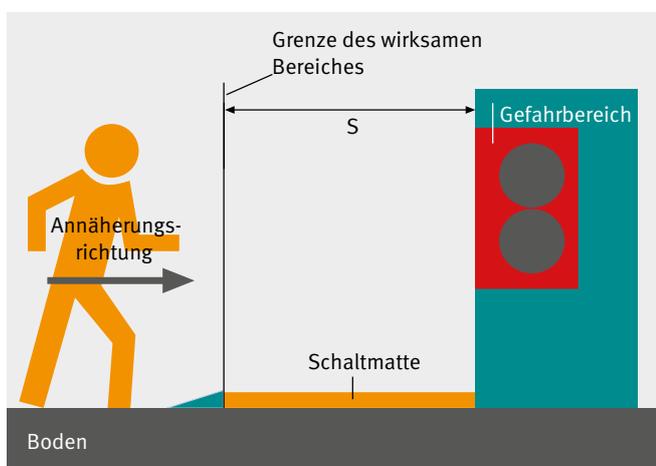
$$S = 1.600 \times T + (1.200 - 0,4 \times h_s)$$

(S ≥ 750mm)

S Mindestabstand in mm, gemessen vom Gefährdungsbereich bis zur Außenkante der wirksamen Betätigungsfläche

T Nachlauf des gesamten Systems in s

h_s Höhe einer Stufe zwischen Boden und Schaltmattenoberfläche in mm.



Minimale Breite S der Schaltmatte bzw. Schaltplatte

Das Vorhandensein von Stufen kann, wie oben erläutert, zu Sturzunfällen führen. Die Anwendung dieser normativen Lösungsvariante ist nur sinnvoll, wenn die Schaltmatte bzw. Schaltplatte als Zugangssicherung für gesperrte Bereiche angewendet werden soll. Als Schutzeinrichtung vor dem Wirkbereich eines ständigen Arbeitsplatzes ist diese Lösung ungeeignet.

Um das Stolperrisiko zu reduzieren und um eine spürbare Verkleinerung des Mindestabstandes S zu erreichen, sollte die Höhe der Stufe mehr als 400 mm betragen. Hierbei muss jedoch beachtet werden, dass die minimalste Breite S einer Schaltmatte/-platte den Wert von 750 mm nicht unterschreiten darf.

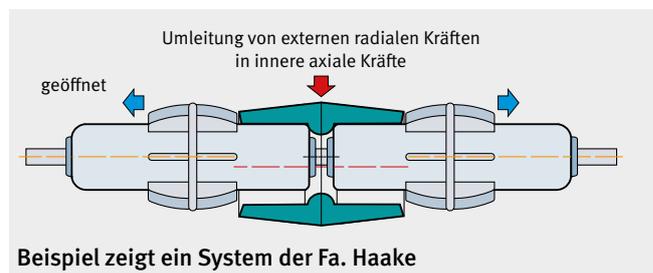
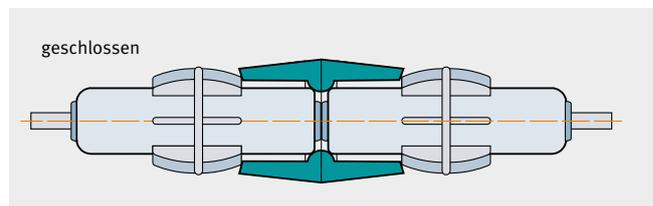
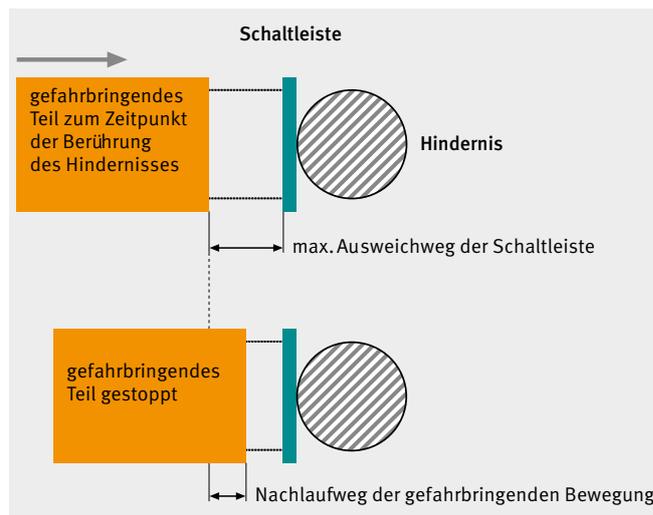
1.8.3.3 Schaltleisten

Beim Einsatz von Schaltleisten zur Sicherung von Gefahrstellen muss beachtet werden, dass sich eine Person nicht durch zu langen Nachlauf der gefahrbringenden Bewegung verletzt, obwohl die Schaltleiste (pneumatisch oder mechanisch) angesprochen hat.

Um dies zu verhindern, muss folgende Bedingung an Schaltleisten erfüllt sein:

Der Nachlaufweg (Bremsweg) der Maschine bzw. der gefahrbringenden Bewegung muss kleiner sein als der Ausweichweg der Schaltleiste.

Pneumatische Schaltleisten müssen der EN ISO 13856-2 „Sicherheit von Maschinen; Druckempfindliche Schutzrichtungen, Teil 2: Allgemeine Leitsätze für die Gestaltung und Prüfung von Schaltleisten und Schaltstangen“ genügen.



Beispiel zeigt ein System der Fa. Haake

1.8.4 Ortsbindende Schutzeinrichtungen

1.8.4.1 Tippbetrieb mit Einhand-Tiptaster

Bei geöffneten Schutzeinrichtungen oder nach Betreten eines Gefahrenbereiches dürfen Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen nur manuell oder im Tippbetrieb in Gang gesetzt werden können, sofern ungesicherte Gefahrstellen erreichbar sind. Folgende Rangfolge ist bei einem kraftbetriebenen Tippbetrieb vorgeschrieben:

- 1 Tippen mit einer Geschwindigkeit von maximal 1 m/min oder einer Wegbegrenzung auf 25 mm.
- 2 Wenn diese geringe Geschwindigkeit zu einer Funktionsbeeinträchtigung führt und durch eine höhere Geschwindigkeit bzw. Wegbegrenzung keine wesentlich höheren Gefährdungen entstehen, ist auch Tippen mit einer Geschwindigkeit von maximal 5 m/min oder einer Wegbegrenzung auf 75 mm möglich.

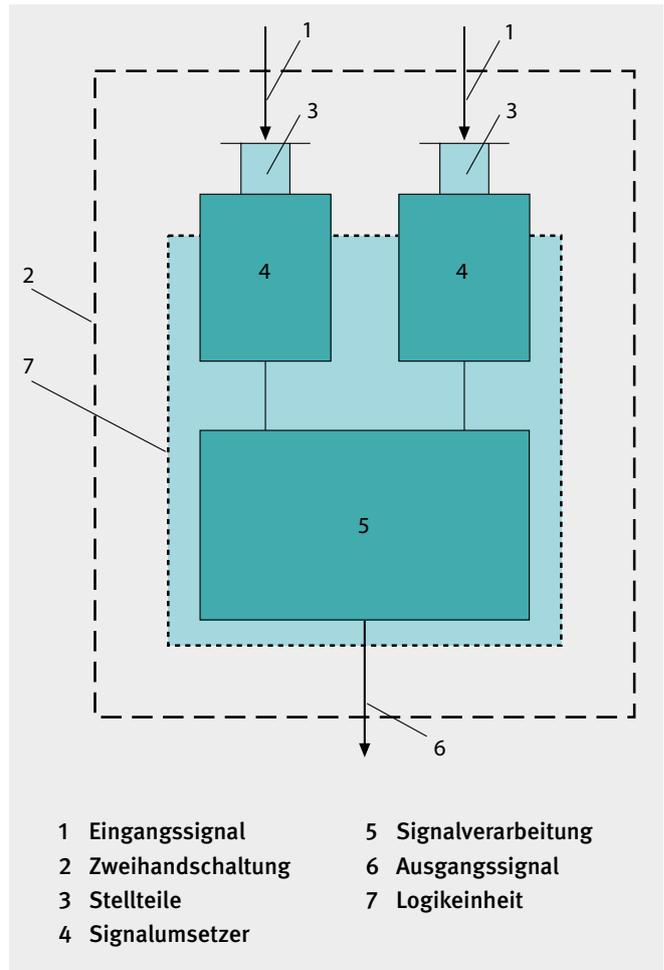
Eine darüber hinaus erhöhte Tippgeschwindigkeit kann bei bestimmten Maschinenarten möglich sein (vgl. EN 1010).

Ist aus funktionsbedingten Gründen eine höhere Geschwindigkeit erforderlich, so ist dies nur mit einer Zweihandschaltung möglich, wobei eine maximale Geschwindigkeit von 10 m/min nach Möglichkeit nicht überschritten werden darf. Die Geschwindigkeit ist so gering wie verfahrenstechnisch möglich zu halten.

1.8.4.2 Tippbetrieb mit Zweihand-Tiptaster (Zweihandschaltung)

Zweihandschaltungen haben die Aufgabe, eine Ortsbindung beider Hände der Bedienperson einer Maschine zu bewirken. Dadurch werden die Hände aus der Gefahrstelle ferngehalten. Es wird auf diese Weise nur die Bedienperson geschützt. Deshalb ist es nicht zulässig, dass sich mehrere Personen gleichzeitig im Gefahrenbereich aufhalten. Die hauptsächlichen Einsatzgebiete von Zweihandschaltungen als Schutzeinrichtung im Bereich des Drucks und der Papierverarbeitung sind beim Einrichten, Rüstarbeiten, Fehlerbeseitigung sowie bei Einzelhubarbeiten in der Nähe von Gefahrstellen.

Die gefahrbringenden Bewegungen müssen auch nach Freigabe nur eines der beiden Stellteile jederzeit unterbrochen werden können.



Schematische Darstellung einer Zweihandschaltung nach EN ISO 13851

Mindestabstände

Es ist erforderlich, dass der Mindestabstand S vom nächstgelegenen Stellteil bis zum Gefahrenbereich mit Hilfe der folgenden Gleichung nach EN ISO 13855 ermittelt wird:

$$S = (1.600 \times T) + C \quad \text{mit } C = 250 \text{ mm}$$

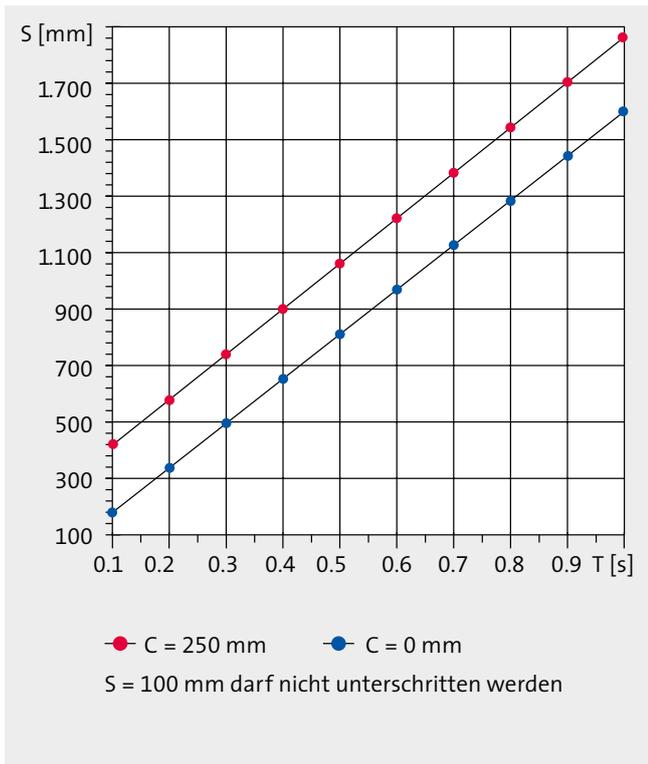
S ist der Mindestabstand in mm;

K ist ein Parameter in mm/s, abgeleitet von Daten über die Annäherungsgeschwindigkeit der Hände;

T ist der Nachlauf des gesamten Systems in Sekunden;

C ist ein Sicherheitszuschlag in mm, der das Eindringen in den Gefahrenbereich vor Auslösen der Schutzeinrichtung berücksichtigt.

Wenn das Eindringen der Hände durch zusätzliche Schutzeinrichtungen verhindert ist, kann der Sicherheitszuschlag C entfallen ($C = 0$).



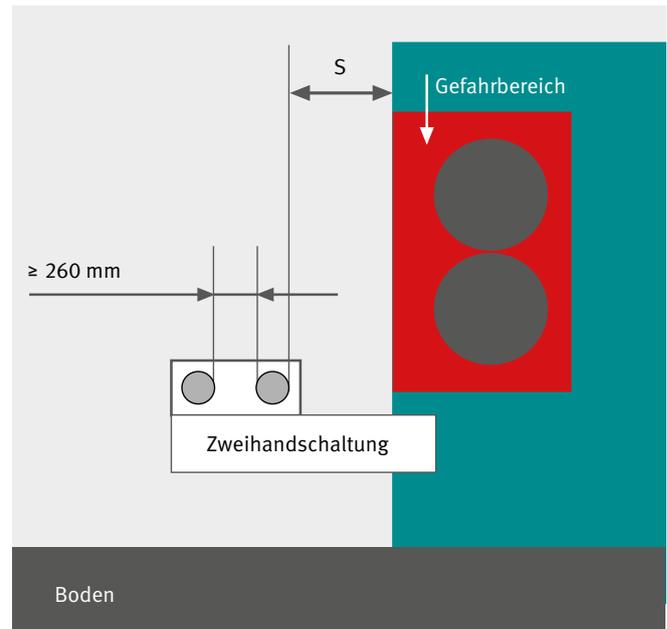
S = f (t, d) für Zweihandschaltungen nach EN ISO 13855

Ein Mindestabstand S von 100 mm darf nicht unterschritten werden. Der Abstand zwischen den Stellteilen muss mindestens 260 mm betragen, damit die beiden Stellteile nicht mit einer Hand betätigt werden können. Durch das Anbringen von Trennwänden oder erhöhte Zonen zwischen den Stellteilen oder durch erhöhte Kragen um die Stellteile ist es möglich die Stellteile in einem geringeren Abstand voneinander anzuordnen. Nur bei synchroner Betätigung der Taster (innerhalb 0,5 s) darf ein Ausgangssignal erzeugt werden.

1.9 Anlaufwarneinrichtungen

An Maschinen, die unübersichtlich sind oder bei denen die gegenseitige Verständigung erschwert ist, müssen akustische Anlaufwarneinrichtungen vorhanden sein. Man geht davon aus, dass dies bei Druckmaschinen der Fall ist, die mehr als einen Druckständer haben und deren Bauhöhe 1,60 m überschreitet (von der Betätigungsebene aus gemessen).

Bei Papierverarbeitungsmaschinen ist dies grundsätzlich gegeben, wenn die Baulänge mehr als 7 m beträgt.



Mindestabstand S und minimaler Abstand von 260 mm zwischen den beiden Stellteilen

Für Rüstarbeiten und zur Fehlerbeseitigung darf die Zweihandschaltung über ein Schleppkabel mit der Maschinensteuerung verbunden sein. In diesen Fällen muss der oben erläuterte Mindestabstand S (nach EN ISO 13855), gemäß EN 1010-1, Abschnitt 5.2.8.4 nicht berücksichtigt werden. Fest installierte Zweihandschaltungen sind bei der Konstruktion von Maschinen zu bevorzugen. Zweihandschaltungen an Schleppkabeln stellen eine Ausnahme dar.

Die Anlaufwarneinrichtung muss vor Anlauf der Maschine zwangsläufig ein deutlich wahrnehmbares akustisches Signal geben. Das bedeutet, dass die Maschine ohne Anlaufwarnung nicht in Betrieb gesetzt werden kann.

Die Schaltung muss so ausgelegt sein, dass vor der Inangsetzung der Maschine ein akustisches Signal mindestens eine bis maximal drei Sekunden ertönt (Signalzeit). Vom Zeitpunkt der Signalbetätigung an müssen mindestens drei Sekunden Wartezeit vergehen, bevor durch erneutes

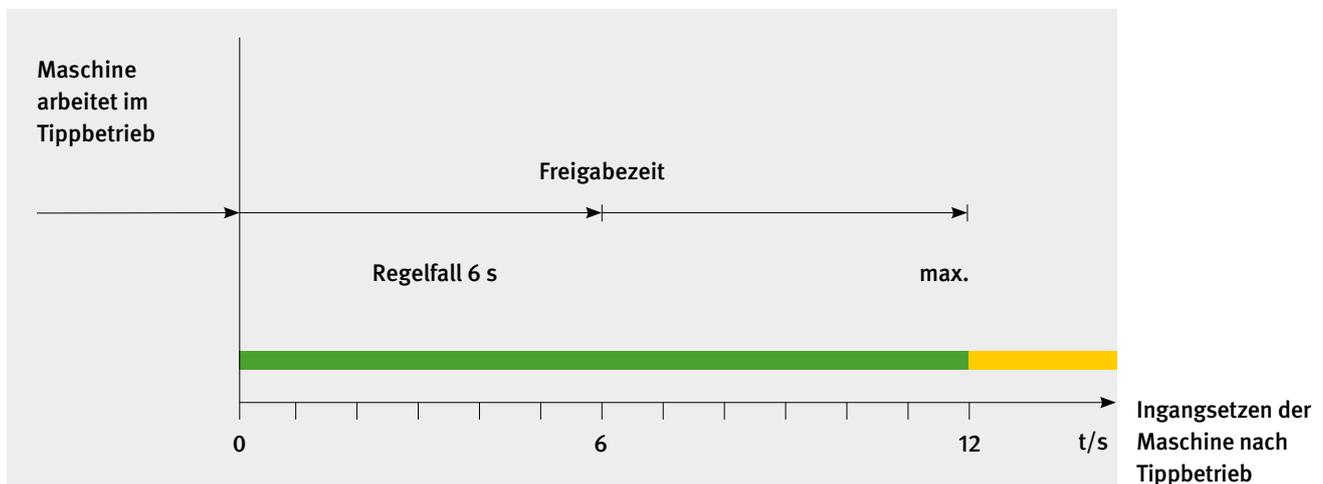
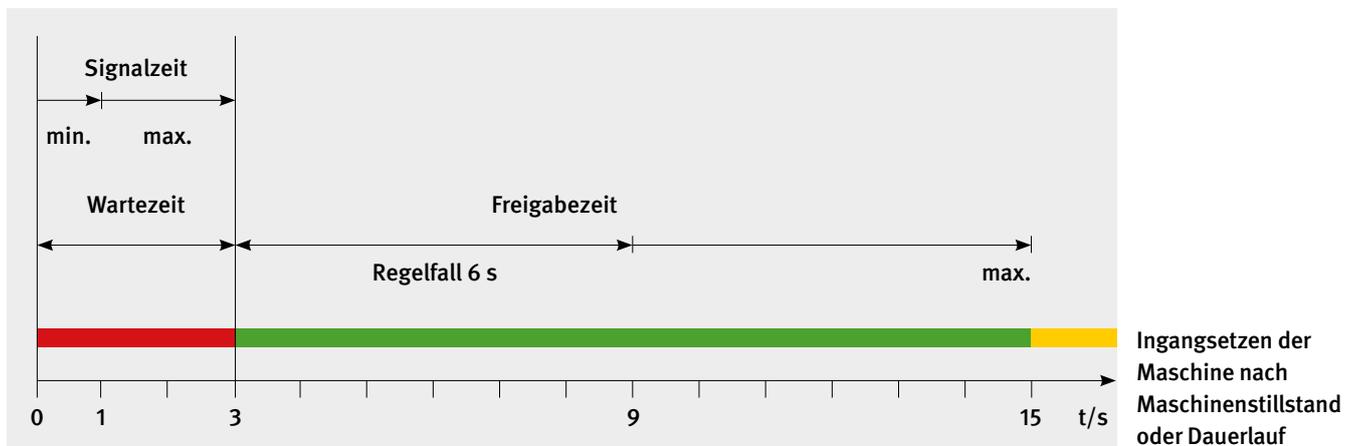
Sicherheitsgerechtes Konstruieren von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen

Betätigen desselben oder eines anderen Tasters die Maschine in Gang gesetzt werden kann.

Nach Ablauf der Wartezeit oder nach Beendigung eines vorhergegangenen Maschinenlaufs im Tippbetrieb (kein Dauerlauf) ist ein Ingangsetzen der Maschine innerhalb von null bis zwölf Sekunden ohne vorherige akustische Signalgabe zulässig (Freigabezeit).

Die Freigabezeit beginnt nach Ablauf der Wartezeit oder wenn der Tippbetrieb unterbrochen wird und sollte sechs Sekunden nicht überschreiten.

Nach Ablauf der Freigabezeit und nach Betätigung des Tasters einer Aus-Befehlseinrichtung oder einer Not-Befehlseinrichtung darf die Maschine nur nach erneuerter akustischer Signalgabe in Gang gesetzt werden können.



- Die Maschine kann in Gang gesetzt werden
- Die Maschine kann nicht in Gang gesetzt werden
- Die Maschine kann ohne vorherige Signalgabe weder in Gang gesetzt werden noch im Tippbetrieb laufen

1.10 Kennzeichnungen an Maschinen

Maschinen müssen mit einem Fabrikschild versehen sein, das folgende Angaben enthält:

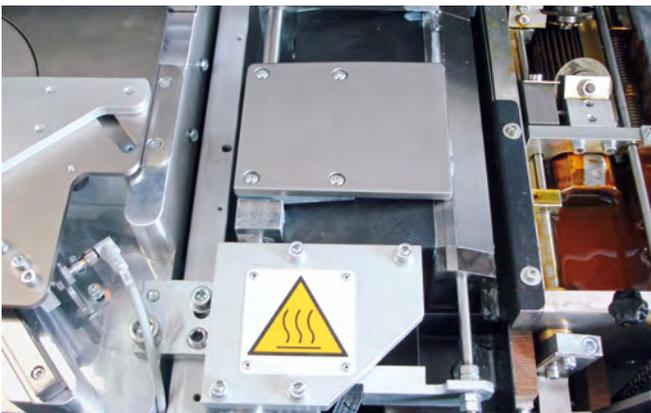
- Hersteller- oder Händleradresse
- Bezeichnung der Maschine
- Typ
- Baujahr
- Fabrikationsnummer

Das Fabrikschild muss sich an einer gut sichtbaren Stelle an der Maschine befinden und den Beanspruchungen des Produktionsbetriebes standhalten. Es muss auch nach mehreren Jahren noch gut lesbar sein.

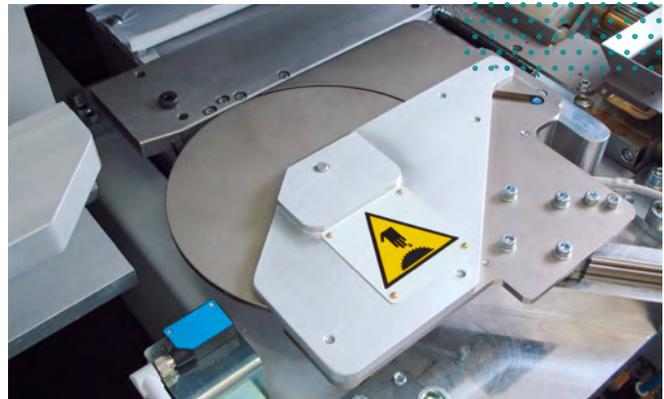
Üblicherweise erfolgt die Anbringung des CE-Zeichens in der Nähe des Fabrikschildes. Meist werden auch freiwillige Prüfzeichen, wie das GS-Zeichen, dort angebracht.

Das Fabrikschild muss ggf. Kenndaten für den sicheren Betrieb der Maschine mit enthalten (z. B. Flammpunkt der einzusetzenden Lösemittel).

Alle Gefahrstellen, die nicht vollständig durch Schutzeinrichtungen gesichert sind, müssen durch eine Sicherheitskennzeichnung besonders hervorgehoben werden.



Hinweis auf heiße Oberflächen durch Gefahrenkennzeichnung; hier: Leimwerk an einem Klebebinder



Gefahrenkennzeichnung gefährlicher Werkzeuge, hier Fräser an einem Klebebinder

Spezielle Kennzeichnungen betreffen die max. Gewichtsangabe auf Galerien und Podesten sowie Stapeltragplatten an An- und Auslegern.



Belastungsangabe an einer Maschinentreppe

2

Sicherheitsgerechtes Konstruieren – Spezielle Anforderungen und Lösungsmöglichkeiten

- 2.1 Sicherheitstechnische Anforderungen an Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen
- 2.2 Spezielle sicherheitstechnische Anforderungen an einzelne Baugruppen von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen
- 2.3 Trocknungstechnik von Druckmaterialien
- 2.4 Kollaborierende Robotersysteme

2 Sicherheitsgerechtes Konstruieren – Spezielle Anforderungen und Lösungsmöglichkeiten

2.1 Sicherheitstechnische Anforderungen an Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen

Ihrer Bedeutung und Wirksamkeit entsprechend sind die sicherheitstechnischen Maßnahmen hierzu in drei Stufen unterteilt:

- Erste Stufe – unmittelbare Sicherheitstechnik
- Zweite Stufe – mittelbare Sicherheitstechnik
- Dritte Stufe – hinweisende Sicherheitstechnik

2.1.1 Vermeidung mechanischer Gefährdungen – unmittelbare Sicherheitstechnik

In der Hierarchie der sicherheitstechnischen Maßnahmen hat die **unmittelbare Sicherheitstechnik** den höchsten Stellenwert. Die Vermeidung von Gefährdungen durch die Konstruktion ist hierbei die effektivste und kostengünstigste Möglichkeit zur sicheren Gestaltung von Maschinen. Dazu gehört beispielsweise, dass

- 1 durch sicherheitsgerechtes Gestalten Gefahrstellen vermieden oder entschärft werden,
- 2 durch konstruktive Maßnahmen gefährbringende bewegliche Elemente für Personen unerreichbar im Maschinengehäuse untergebracht werden,
- 3 die wirksame Energie auf ein für Personen ungefährliches Maß begrenzt wird und
- 4 der Hub bewegter Teile auf max. 4 mm begrenzt ist.

Quetsch-, Scher- und Einzugstellen sind vermieden, wenn die Mindestabstände entsprechend EN ISO 13854 eingehalten sind. Es muss jeweils berücksichtigt werden, welche Körperteile die Gefahrstellen erreichen können.

Quetschstellen gelten dann als ungefährlich, wenn eine Quetschkraft von 150 N nicht überschritten wird. Dieser Grenzwert ist nur zulässig, sofern die quetschenden Teile nicht spitz oder scharfkantig gestaltet sind. In diesen Fällen gelten kleinere Werte. Die Werte können jedoch auch größer sein, wenn die quetschenden Teile z. B. mit elastischem Material versehen sind.

Scherstellen sind vermieden, wenn die schierend bewegten Teile einen für den gefährdeten Körperteil ausreichenden Abstand voneinander aufweisen oder eine abweisende Form erhalten (siehe EN ISO 13854 „Sicherheit von Maschinen – Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens von Körperteilen“).

Fangstellen sind an Wellenenden vermieden, wenn diese

- glatt rundlaufend gestaltet sind,
- nicht mehr als $\frac{1}{4}$ ihres Durchmessers aus dem Maschinengestell hervorstehen und
- nicht länger als 50 mm sind.

Einzugstellen sind vermieden, wenn

- ein Mindestabstand von 120 mm der Walzen untereinander oder zu festen benachbarten Maschinenteilen vorhanden ist, sofern keine Gefahr für Kopf oder Rumpf besteht (EN ISO 13854).



Sicherung der Quetschstelle zwischen Niederhalter und Zeitungspaket durch Kraftbegrenzung und Moosgummischicht auf der Unter- und Oberseite des Pressbalkens zum Schutz der Finger

Lösungsbeispiele für unmittelbare Sicherheitstechnik

2.1.1.1 Vermeidung scharfer Kanten und Ecken, vorstehender Teile usw.

Soweit der Verwendungszweck es zulässt, dürfen nach EN ISO 12100 zugängliche Teile von Maschinen keine scharfen Kanten, scharfen Winkel, rauen Oberflächen oder vorstehenden Teile haben, die Verletzungen verursachen könnten, sowie keine Öffnungen, in denen sich Körperteile oder Kleidungsstücke „verfangen“ können. Insbesondere müssen bei Blechen Kanten entgratet, gebördelt oder beschnitten werden, offene Rohrenden müssen verschlossen werden. Rotierende Teile müssen, soweit möglich, im Maschineninneren angeordnet werden.

2.1.1.2 Rotierende Handräder, Handkurbeln

Handräder oder Handkurbeln auf kraftbetriebenen Wellen sind gefahrbringend und verursachen Fangstellen. Bei Handrädern mit Speichen entstehen unter Umständen zusätzliche Quetsch- bzw. Scherstellen.

Nach EN 1010-1 dürfen Handräder und Handkurbeln bei kraftbetriebenen Maschinen nicht zwangsläufig mit umlaufen.

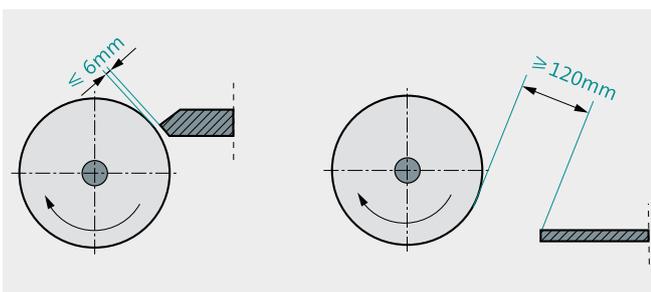
Folgende Sicherungen sind möglich:

- Trennung des Handantriebes bereits im Getriebe
- Trennung des Handantriebes durch Kupplung; mit Federkraft wird Handrad außer Eingriff gehalten (Sicherheitshandrad)
- Elektrische Trennung des Handantriebes durch Sicherheitsgrenztaster

2.1.1.3 Walzen in der Nähe feststehender Maschinenteile

Eine Vermeidung von Einzugstellen zwischen Walzen und feststehenden Maschinenteilen (Traversen) ist gegeben, wenn der Abstand zwischen Walze und Traverse

- entweder mindestens 120 mm beträgt; sofern nur Gefahren für Finger, Hand und Arm bestehen (Bild rechts) oder
- so klein wie möglich ist, 6 mm (EN 1010-1) bzw. 4 mm (EN 1010-2) nicht überschreitet und als geeignetes Profil gestaltet ist.



Das Maß 120 mm ist hierbei aus EN ISO 13854 abgeleitet, in der Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens von Körperteilen festgelegt sind.

Bestehen nur Gefahren für die Finger, kann das Maß von 120 mm auf 25 mm reduziert werden. Wenn jedoch andere Körperteile, wie Beine, der Kopf oder der ganze Körper betroffen sind, ändern sich die erforderlichen Mindestabstände zwischen bewegten Maschinenteilen entsprechend.

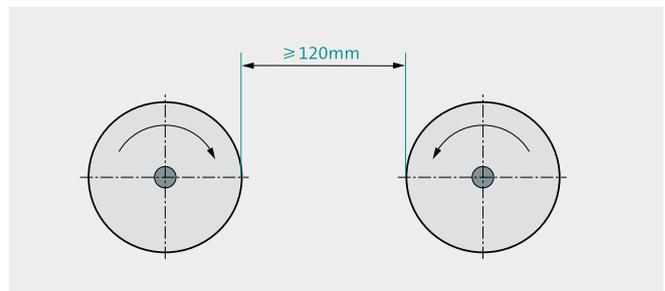
2.1.1.4 Zylinder- und Walzenpaare

Einzugstellen an Zylindern, Walzen, Trommeln und Rollen sind Gefahrstellen, in die Körperteile eingezogen werden können. Es existieren eine Vielzahl von konstruktiven Lösungsmöglichkeiten für die Sicherung von Einzugstellen ohne trennende Schutzeinrichtungen.

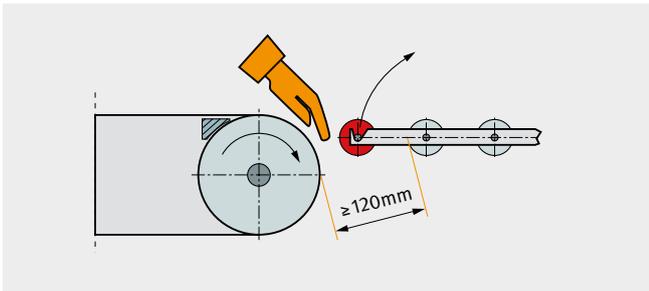
Die folgenden Beispiele zeigen Lösungen typischer Anwendungsfälle.

Die Gestaltung zur Sicherung von Einzugstellen wird sich immer am jeweiligen Anwendungsfall orientieren, so dass die hier vorgestellten Lösungsmöglichkeiten dem Konstrukteur hauptsächlich als Anregung für die Ideenfindung dienen sollen:

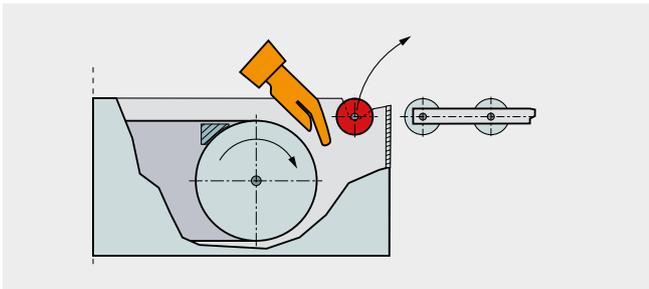
- Ausreichender Abstand zwischen Zylindern, Walzen, Trommeln u. Ä. (nach EN ISO 13854).



- Genügend weiter Ausweichweg und geringe Eigenmasse an Rollenbahnen. Die Keilwirkung der Hand bewirkt eine Aufwärtsbewegung der Rollenbahn.
- Übergabestelle mit Springrolle an der Rollenbahn bzw. an der Bandtrommel; wird eine Hand bzw. ein Arm oder ein Gegenstand zwischen der Bandtrommel und der Springrolle eingezogen, so wird die Springrolle aus ihrer Lagerung verschoben. Es entstehen keine unzulässigen Kräfte, die auf das eingezogene Körperteil wirken.



Springrolle an der Rollenbahn



Springrolle an der Bandtrommel

2.1.1.5 Keil-, Seilriemenantriebe

Gefahrbringende Bewegungen durch umlaufende Antriebsteile an Keil- und Seilriementrieben werden meistens durch trennende Schutzeinrichtungen gesichert. Eine Sicherung ohne Schutzeinrichtung ist möglich bei ausreichend großer Dehnung des Riemen bzw. des Seiles (Abspringen) oder geringer mechanischer Festigkeit (Bruch) bei Flach- und Schnurriemen.

2.1.1.6 Geradlinig bewegte oder schwingende Maschinenteile

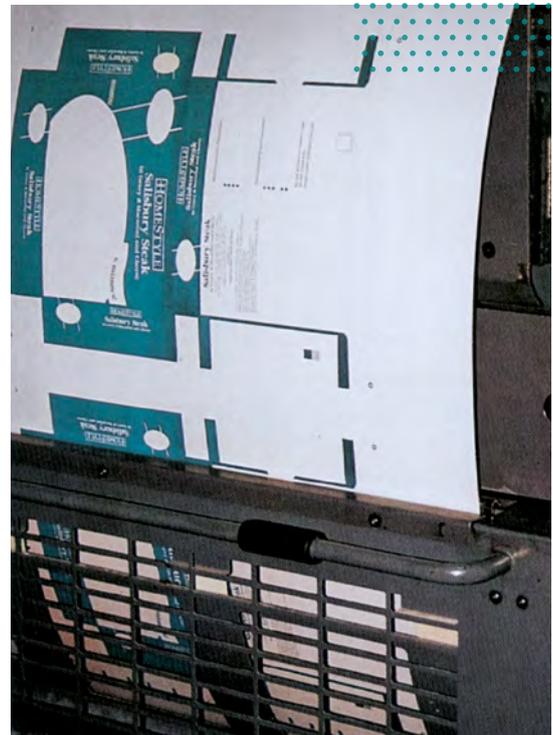
Oft stellen geradlinig bewegte oder schwingende Maschinenteile eine gefahrbringende Bewegung dar:

Quetschstellen, Stichstellen oder Schneidstellen entstehen z. B. an einer Heftmaschine zwischen Ober- und Unterwerkzeug bzw. dem zu bearbeitenden Material. Stoß- und Quetschstellen entstehen durch das Auf- bzw. Zuschwingen von Maschinenteilen (Tiegel).

An Heft-, Niet-, Ös- und Ansetzmaschinen sowie Sammelheftern müssen die Gefahrstellen zwischen Ober- und Unterwerkzeug vermieden oder durch trennende Schutzeinrichtungen gesichert sein. Die Anforderung ist nach EN 1010-1 dadurch erfüllt, dass z. B.

- der Abstand zwischen Ober- und Unterwerkzeug in geöffneter Stellung 4 mm nicht überschreitet (eine Schließbewegung zwischen zwei Teilen von maximal 4 mm auf 0 mm Abstand wird somit als sicher angesehen) oder
- sich das bewegliche Werkzeug nur mit einer Kraft von weniger als 50 N senken und die Arbeitsenergie erst

dann wirksam werden kann, nachdem z. B. eine Überwachungseinrichtung festgestellt hat, dass sich zwischen beweglichem Werkzeug und Werkstück kein Körperteil befindet.



Beim Einspannen von Druckplatten werden Bewegungen als ausreichend sicher angesehen, wenn der maximale Abstand zwischen beweglichem und festem Teil nicht mehr als 4 mm beträgt.

2.1.2 Sicherung von mechanischen Gefährdungen – mittelbare Sicherheitstechnik

Nach EN ISO 12100 müssen Schutzeinrichtungen (trennende und nicht trennende Schutzeinrichtungen) verwendet werden, um Personen vor den Gefährdungen zu schützen, die nicht vermieden oder ausreichend konstruktiv begrenzt werden können.

Schutzeinrichtungen können eingesetzt werden, um mehr als eine Gefährdung zu sichern. So kann z. B. eine feste trennende Schutzeinrichtung, die den Zugang zu einer

mechanischen Gefährdung verhindert, auch dazu benutzt werden, den Lärmpegel zu reduzieren oder Emissionen abzuhalten.

- Verkleidung durch nicht zwangsläufig mit umlaufende Hülsen



Die trennende Schutteinrichtung mit Dämmmaterial am Fräser einer Klebebindemaschine wird gleichzeitig dazu genutzt, den Lärmpegel zu reduzieren.

Lösungsbeispiele für mittelbare Sicherheitstechnik

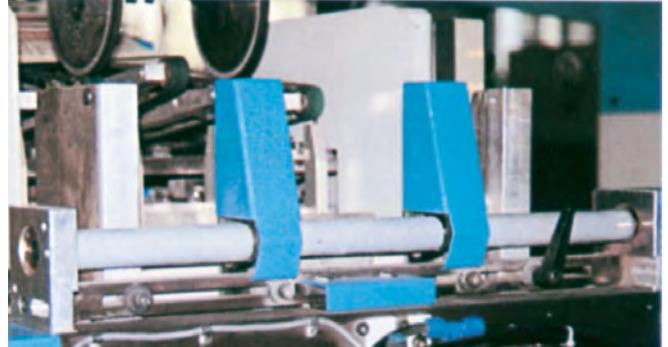
2.1.2.1 Wellen, Walzen

Eine Sicherung von Antriebswellen gegen Aufwickeln von Haaren und Kleidungsstücken ist möglich durch:

- Verkleidung mit konischen Schraubenfedern, Balgen und Teleskopverkleidungen



Sicherung von Wellen durch konische Schraubenfedern

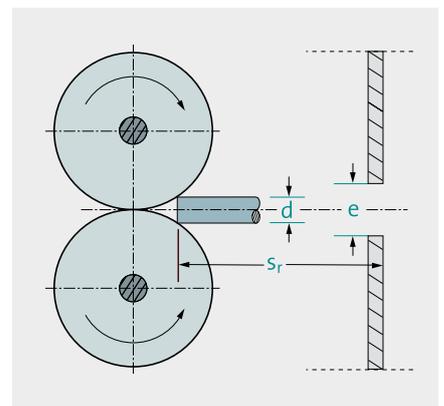


Sicherung von Wellen durch nicht zwangsläufig mit umlaufende Hülsen

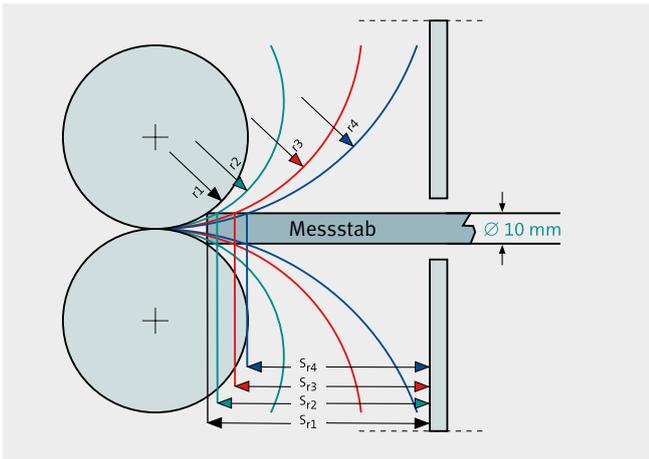
2.1.2.2 Zylinder- und Walzenpaare

Einzugstellen an Zylindern, Walzen, Trommeln, Rollen und ähnlichen Maschinenteilen können durch trennende Schutteinrichtungen oder Schaltleisten gesichert sein, die die Sicherheitsabstände nach EN ISO 13857 gewährleisten. Sicherungen sind wie folgt möglich:

- **fest angebrachte trennende Schutteinrichtungen** (nur mit Werkzeug lösbar). Sind in der fest angebrachten Schutteinrichtung Öffnungen, durch die das Material (z. B. Bogen, Zuschnitte, Bahnen) zugeführt werden, so muss zur Gefahrstelle (z. B. Einzugstelle) hin der entsprechende Sicherheitsabstand s_r nach EN ISO 13857 eingehalten werden. Die Messung des Sicherheitsabstandes wird durch das unten stehende Bild erläutert.

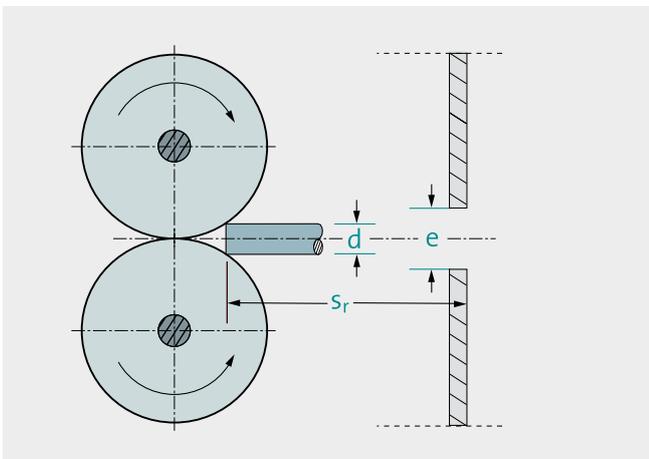


Sicherung von Einzugstellen durch feste, trennende Schutzvorrichtungen



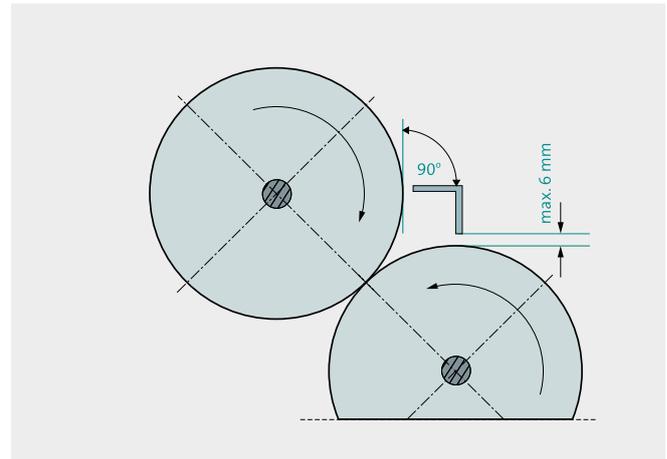
Messung des Sicherheitsabstandes an Einzugstellen.
Beispiele für unterschiedliche Walzendurchmesser

Der Sicherheitsabstand s_r ist abhängig von der Öffnungsweite e nach EN ISO 13857. Die Messung des Sicherheitsabstandes erfolgt von dem Punkt aus, an dem der Abstand zwischen den Walzenoberflächen $d = 10$ mm beträgt.



Messung des Sicherheitsabstandes an Einzugstellen

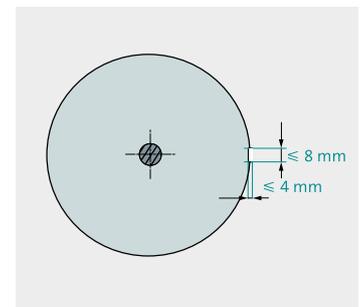
- **fest angebrachte trennende Schutzeinrichtungen als geeignetes Profil** gestaltet (über die gesamte Arbeitsbreite, maximaler Abstand zwischen Zylinder und Profil: ≤ 6 mm). Ein Profil ist z. B. **geeignet**, wenn die abweisenden Kanten des Profils senkrecht auf die rotierenden Oberflächen zeigen. Diese Schutzeinrichtungen dürfen nur bei glatt rundlaufenden Walzen oder Zylindern angewendet werden.



Sicherung der Einzugstelle durch ein geeignetes Profil

Glatt rundlaufende Walzen bzw. Zylinder an Druckmaschinen sind rotationssymmetrische Körper mit Vertiefungen bzw. Erhöhungen von höchstens 4 mm und mit in der Umfangsrichtung maximal 8 mm breiten axialen Spalten ohne scharfe, schneidende Kanten (EN 1010-2).

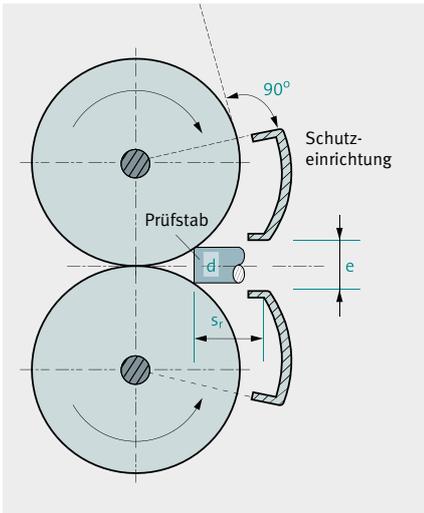
Davon abweichend darf eine derartige Schutzeinrichtung an Zeitungsrotationsoffsetmaschinen mit einer Öffnungsweite der Zylindergruben von maximal 19 mm statt 8 mm vorhanden sein.



Glatt rundlaufende Walze

Die abweisende Kante der Schutzeinrichtung muss senkrecht zur Walzenoberfläche angeordnet sein, damit eine Keilwirkung zwischen Schutzeinrichtung und Walze vermieden wird. Die Abstände sollen so klein wie möglich sein und dürfen 4 mm nicht überschreiten (EN 1010-2).

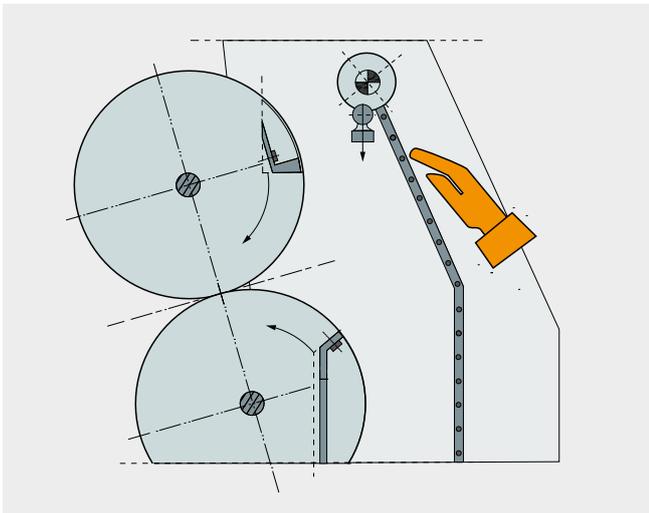
- **Schutzeinrichtung als Profile** mit Öffnungen für Werkstoffbahnen. Der Sicherheitsabstand ist abhängig von der Öffnungsweite (EN ISO 13857). Wenn z. B. die Öffnungsweite e im Einlaufschutz maximal 6 mm beträgt, muss der Sicherheitsabstand s_r mindestens 10 mm betragen.



Diese Gestaltung der Schutzeinrichtung erleichtert das Einführen der Papierbahn. Der Sicherheitsabstand s_r ist abhängig von der Öffnungsweite e und ergibt sich aus EN ISO 13857.

• Verriegelte, bewegliche Schutzeinrichtungen, Verkleidungen

Werden Schutzeinrichtungen häufig oder für Rüstarbeiten abgenommen oder geöffnet, müssen sie mit der gefahrbringenden Bewegung verriegelt sein. Die Verriegelung mit Zuhaltung muss nur dann eingesetzt werden, wenn beim Öffnen der verriegelten Schutzeinrichtung mit Verletzungsgefahren zu rechnen ist (z. B. bei Schreddern, Querschneiden).



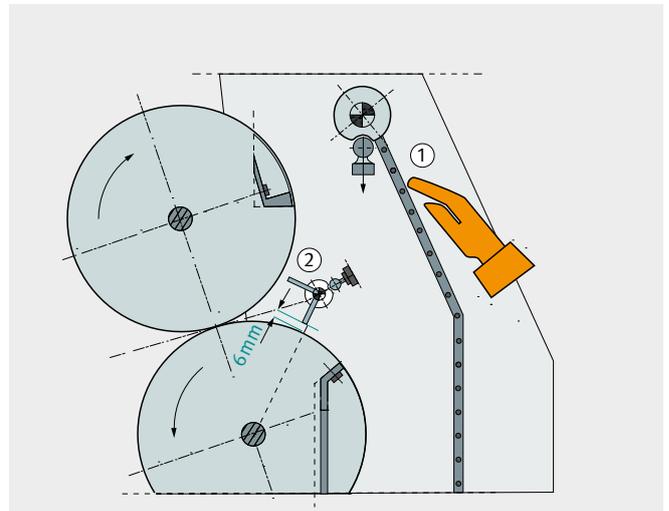
Sicherung einer Einzugsstelle durch eine trennende Schutzeinrichtung, die mit dem Antrieb der Maschine verriegelt ist

An Bogenoffsetmaschinen sind zwei Schutzeinrichtungen vorhanden, um die Einzugsstellen an den Walzen zu sichern. Für den Fortdruck ist eine trennende Schutzeinrichtung (z. B. Schutzgitter) erforderlich, die mit dem Antrieb der Maschine verriegelt ist. Nach dem Öffnen dieser Schutzeinrichtung muss je nach Betriebsmodus eine zweite Schutzmaßnahme wirksam werden. Diese zweite Sicherung

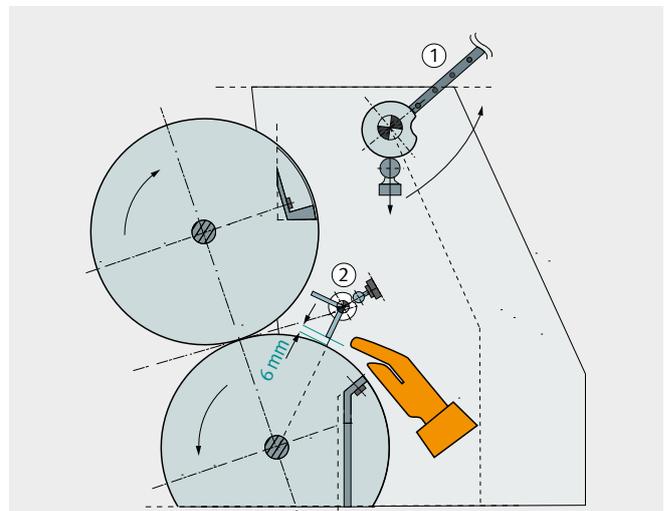
kann eine Schutzeinrichtung mit Annäherungsreaktion, z. B. eine Schaltleiste, sein. Die Schaltleiste muss hierbei folgende Bedingungen erfüllen: Der Ausweichweg muss größer als der Nachlaufweg der gefahrbringenden Bewegung (Zylinderdrehung) sein.

Alternativ hierzu kann die Sicherung darin bestehen, dass die Maschine nach dem Öffnen der trennenden Schutzeinrichtung (Schutzgitter) nur im Tippbetrieb bewegt werden kann.

Sicherung einer Einzugsstelle durch Kombination verschiedener Schutzeinrichtungen



- ① Großflächige, verriegelte Schutzeinrichtung (geschlossen)
- ② Schaltleiste direkt vor der Gefahrstelle



- ① Großflächige, verriegelte Schutzeinrichtung (geöffnet)
- ② Schaltleiste direkt vor der Gefahrstelle



Beispiel für eine kombinierte Schutzeinrichtung an einer Bogenoffsetdruckmaschine



Feste Schutzeinrichtung mit dem Maschinenlauf verriegelt

Schaltleiste

2.1.2.3 Kettentriebe

Kettentriebe bilden durch ihre Bauart bedingt gefährliche Einzugstellen. Sie müssen durch Verkleidungen oder Füllstücke gesichert werden.

- **Antriebsketten**
Die Ketteneinzugstellen müssen durch trennende Schutzeinrichtungen gesichert sein. Eine vollständige Verkleidung der Kettentriebe ist anzustreben.
- **Umlenkräder**
Umlenkräder (Spannräder für Ketten) müssen ebenso wie andere Kettenräder verkleidet sein.



Lösungsmöglichkeiten zur Sicherung von Ketteneinzugstellen

2.1.2.4 Zahn- und Schneckenriebe

Zahn- und Schneckenriebe bilden Quetsch- und Scherstellen, die verkleidet werden müssen.

2.1.2.5 Riemen- und Seiltriebe

Flachriemen, Keilriemen, Seiltriebe müssen durch Verkleidungen gesichert sein.

Kann der gesamte Riementrieb nicht verkleidet werden, muss die Einzugstelle verkleidet oder durch eine Auskleidung (Formstück) gesichert werden.

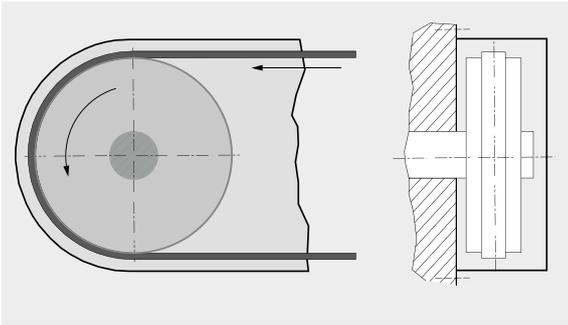
Auch Einzugstellen an Umlenk- und Spannrollen müssen gesichert werden.

An Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen muss das Einziehen von bahnförmigen Materialien gefahrlos möglich sein. An kraftbetriebenen Einzieheinrichtungen für bahnförmige Materialien muss durch trennende Schutzeinrichtungen das Hineingreifen in Gefahrstellen verhindert sein.

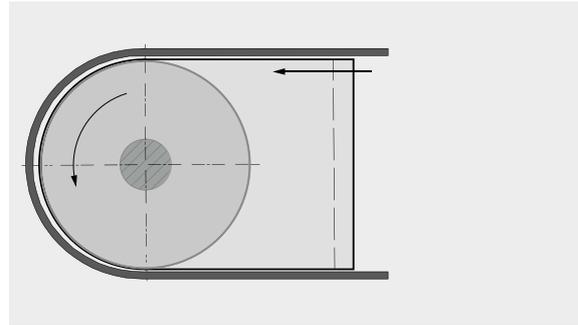
Ein Hineingreifen in diese Gefahrstellen ist als verhindert anzusehen, wenn z. B.

- die Einzugstellen zwischen Einziehseil und Leitscheiben gesichert sind. Die Sicherung ist dadurch möglich, dass z. B. an der Außenseite feststehende Schutzscheiben angebracht sind, die im Radius mindestens 120 mm größer sind als der Radius der Leitscheibe,
- die Ketteneinzugstellen mit Füllstücken gesichert sind, die die Einzugstellen soweit wie möglich ausfüllen.

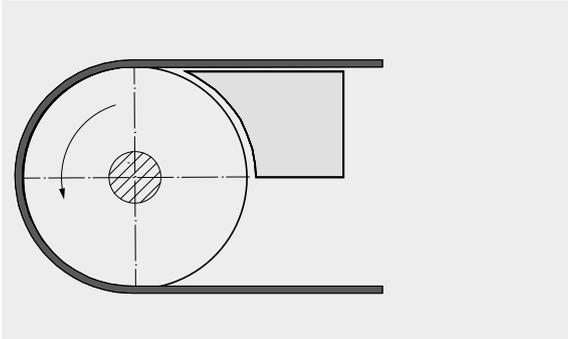
Sicherheitsgerechtes Konstruieren von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen



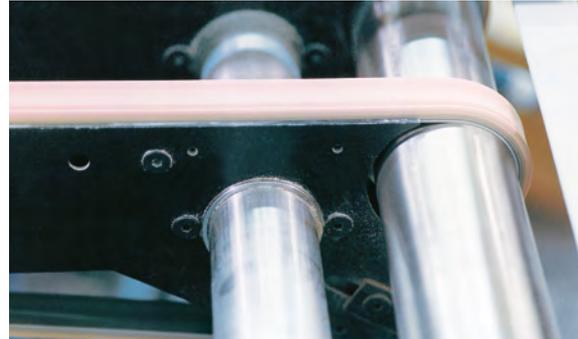
Komplette Kapselung



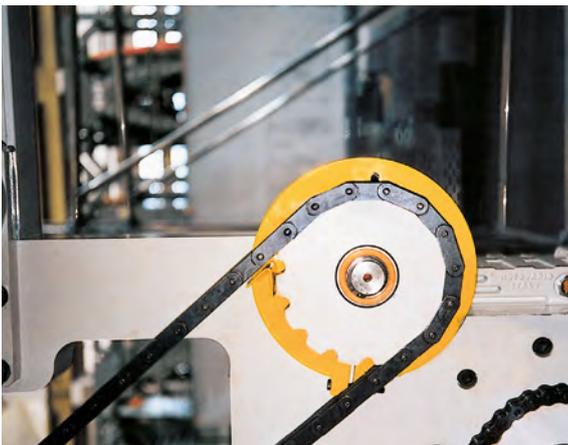
Seitliche Verdeckung



Einbau eines Formstückes (Füllstück)



Beispiel für den Einbau eines Formstückes



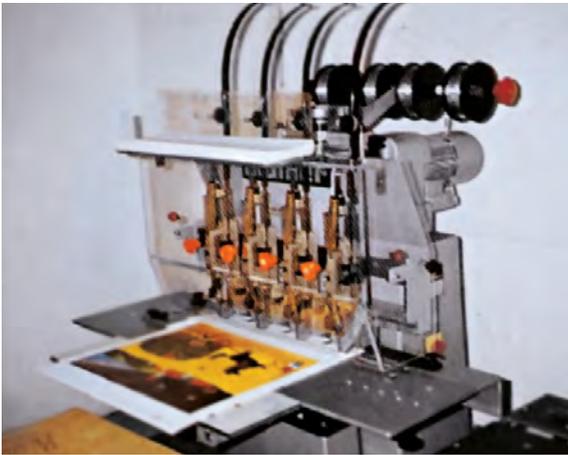
Sicherheitsgerechte Gestaltung einer Bahneinzugsvorrichtung



2.1.2.6 Geradlinig bewegte oder schwingende Maschinenteile

Gefahrstellen an diesen Maschinenteilen können gesichert werden durch:

- **Fest angebrachte, trennende Schutzeinrichtungen**
 - a) Verkleidung
Schutzeinrichtungen, die nicht häufig oder nur für Instandhaltungsarbeiten abgenommen oder geöffnet werden, müssen so befestigt sein, dass sie nur mit Werkzeug gelöst werden können, oder sie müssen mit dem Antrieb verriegelt sein. Rändelschrauben, Flügelmuttern und Sterngriffe sind nicht zulässig.



Großflächige, durchsichtige, trennende Schutzeinrichtung vor dem Gefahrenbereich an einer Heftmaschine



Großflächige, verriegelte, trennende Schutzeinrichtung in geöffneter Stellung



Sicherung der Gefahrstelle am Heftkopf einer Heftmaschine durch eine einstellbare trennende Schutzeinrichtung



Großflächige, verriegelte, trennende Schutzeinrichtung in geschlossener Stellung

b) Verdeckung

An einer Handhebelschneidmaschine werden z. B. die Finger der linken Hand durch eine Verdeckung gesichert, und zwar von der Seite, von der die linke Hand beim Arbeitsablauf die Gefahrstelle erreichen könnte. Am Handgriff des Messers ist ein Abweiser angebracht, so dass beim Absenken des Messers nicht versehentlich ein Finger von der Hand am Griff zwischen Ober- und Untermesser gelangt.



Fingerschutz an Handhebelschneidmaschine

c) Einstellbare feste trennende Schutzeinrichtung
An Heftmaschinen mit manuellem Anlegen und Abnehmen des Materials (siehe Abb. auf Seite 51) muss die Schutzeinrichtung auf das zu heftende Material eingestellt werden.

- **Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen mit Verriegelung**
Gefahrbringende Bewegungen sind nur möglich, wenn die Schutzeinrichtung vollkommen geschlossen ist. Beim Öffnen der Schutzeinrichtung wird die gefahrbringende Bewegung unterbrochen. Hier ist darauf zu achten, dass der Nachlaufweg des Werkzeuges gefahrlos gering ist.
- **Schutzeinrichtung mit Annäherungsreaktion**
Schaltende Schutzeinrichtungen (Handschutzbügel), Schaltleiste oder Schaltbügel müssen einen Ausweichweg haben, der größer ist als der Nachlaufweg der gefahrbringenden Bewegung.



Zweihandschaltung: Der Abstand zwischen beiden Stellteilen muss mindestens 260 mm betragen.

- **Zweihandschaltung**

Zweihandschaltungen sind nur dann zulässig, wenn der Arbeitshub oder -zyklus jederzeit während der gefahrbringenden Bewegung unterbrochen werden kann. Die gefahrbringende Bewegung muss so rechtzeitig zum Stillstand kommen, dass nach Loslassen der Zweihandschaltung keine Gefahr mehr besteht (siehe hierzu auch Kapitel 1.8.4.2, Zweihandschaltung).

- **Berührungslos wirkende Schutzeinrichtung (Lichtschranken/Lichtgitter)**

Sobald ein Gegenstand oder Körperteil den Lichtstrahl unterbricht, kommt die gefahrbringende Bewegung zum Stillstand.

2.1.3 Hinweise auf Gefährdungen – hinweisende Sicherheitstechnik

Lassen sich Gefahrstellen weder vermeiden noch völlig sichern, so muss auf die Bedingungen hingewiesen werden, unter denen eine gefahrlose Verwendung der Maschine möglich ist. Diesem Zweck dienen

- Betriebsanleitung,
- Sicherheitskennzeichnung und
- Warnhinweise.

Die Betriebsanleitung soll übersichtlich und leicht verständlich sein. Die Mindestanforderungen an die Betriebsanleitung sind in EN ISO 12100 festgelegt. Sie muss für die Beschäftigten jederzeit leicht erreichbar aufbewahrt werden.

Zur Sicherheitskennzeichnung gibt die Technische Regel für Arbeitsstätten ASR A1.3 „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung“ nähere Hinweise.

Erforderliche Warnhinweise können z. B. sein: Hinweise auf heiße Oberflächen hinter trennenden Schutzeinrichtungen, die sich öffnen lassen, sowie Hinweis auf Hochspannung. Weitere Restgefahren können z. B. in Form hervorstehender Maschinenteile bestehen. Diese Maschinenteile müssen gepolstert und mit einer deutlich erkennbaren und dauerhaften Gefahrenkennzeichnung versehen sein, wenn eine Anstoßgefahr besteht.

Können bei bestimmungsgemäßem Betreiben von Maschinen Personen aus einer Gefahrensituation nicht auf einfache Weise befreit werden, so müssen Einrichtungen vorhanden sein, die das Befreien erleichtern.



Beispiel für eine Sicherheitskennzeichnung am Trichterfalz einer Zeitungsoffsetdruckmaschine



Hervorstehende Maschinenteile müssen gepolstert und mit einer deutlich erkennbaren und dauerhaften Gefahrenkennzeichnung versehen sein

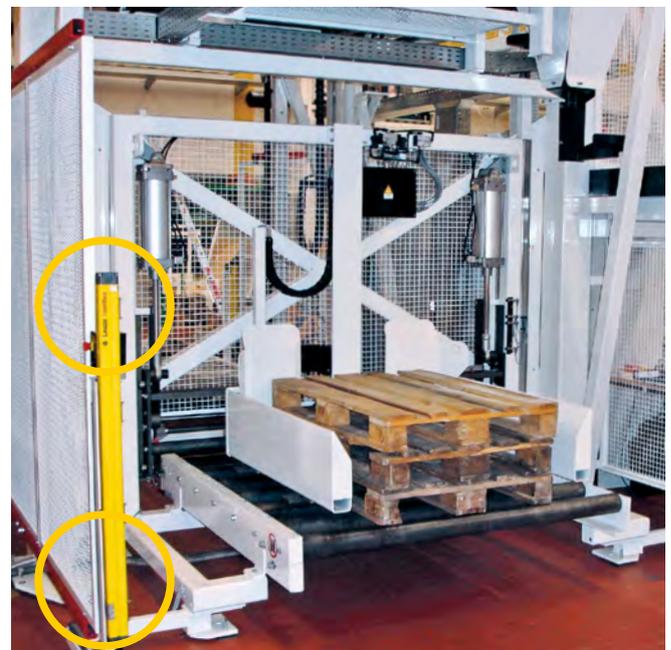
2.1.4 Weitere sicherheitstechnische Anforderungen

Umzäunungen müssen so beschaffen sein, dass der Abstand von der Standfläche zur Unterkante höchstens **200 mm** und zur Oberkante mindestens **1.400 mm** beträgt. Die Sicherheitsabstände nach EN ISO 13857 und EN 1010 müssen eingehalten sein.

Zugänge vor durch Umzäunungen gesicherten Gefahrbereichen müssen durch verriegelte Zugangstüren oder Bereichssicherungen durch berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen (BWS) mittels Lichtschranken in 400 mm und 900 mm Höhe gesichert sein.

An **kraftbetriebenen schienengebundenen Fahrwerken** (z. B. Anleger an Inlinemaschinen) müssen die Quetschstellen zwischen Fahrrollen und Fahrebene gesichert sein. Die Quetschstellen müssen z. B. durch fest angebrachte Fußabweiser gesichert sein, deren Unterkante höchstens 15 mm über der Fahrbahnebene liegt (EN 1010-1).

An Maschinen müssen hochklappbare Maschinenteile, Verkleidungen, Verdeckungen und Ähnliches gegen **unbeabsichtigtes Zufallen** gesichert sein.



Sicherung von Gefahrbereichen durch Umzäunungen und für den Zugang zum Gefahrbereich: Sicherung durch Lichtstrahlen in 400 und 900 mm Höhe



Beispiel einer Sicherung gegen das Zufallen von Schutzeinrichtungen durch Gasdruckfedern

Maßnahmen gegen Zufallen sind z. B.

- Gegengewichte
- Schraubenfedern
- Gasdruckfedern
- Arretiereinrichtungen, die die angehobenen Teile in der geöffneten Stellung selbsttätig formschlüssig halten
- Verlagerung des Schwerpunkts der hochklappbaren Maschinenteile so, dass er in geöffneter Stellung ausreichend weit hinter dem Drehpunkt liegt.

2.1.5 Arbeitsbühnen, Laufstege, Aufstiege, Zugänge und Durchgänge

Wenn Arbeiten aufgrund ihrer Höhe nicht von der Flurebene her ausgeführt werden können, müssen entsprechende Aufstiegshilfen und Arbeitsbühnen vorhanden sein.

Erfahrungen aus Betriebsbesichtigungen und aus der Untersuchung von Unfällen zeigen, dass sicherheitswidrige und ergonomisch ungünstig gestaltete Aufstiege, Laufstege und Arbeitsbühnen häufig ursächlich für Stolper-, Rutsch- und Sturzunfälle sind. Bei der Auswahl eines ortsfesten Zugangs zu höher gelegenen Arbeitsplätzen an Maschinen und Anlagen sind zudem noch Gefährdungen durch erhebliche körperliche Anstrengungen, z. B. durch die Mitnahme von Werkzeugen, oder Gefährdungen durch herabfallende Materialien bzw. Gegenstände, z. B. für den

Fall, dass sich unterhalb eines Laufsteges Personen aufhalten können, zu berücksichtigen.

Die sicherheitsgerechte Gestaltung von Aufstiegen, Laufstegen und Bühnen an Maschinen und Anlagen muss daher genauso ernst genommen werden wie die Sicherheitsmaßnahmen an der Maschine selbst.

Durch die Anbringung von festen Auftritten oder Arbeitsbühnen darf die Wirkung von Schutzeinrichtungen oder Einrichtungen mit Schutzfunktion nicht eingeschränkt oder aufgehoben werden bzw. ein Umgehen der Schutzeinrichtungen auf einfache Art möglich sein.

Erhöhte ständige Arbeitsplätze sollen eine Grundfläche von mind. 1,5 m² pro Person und eine Mindestbreite von 1 m besitzen.



Gut bewährt hat sich die farbliche Kennzeichnung von Podesträndern.

Bei **Arbeitsbühnen** ist darauf zu achten, dass die Arbeiten in einer Position zwischen 500 mm und 1700 mm Höhe durchführbar sind (EN ISO 14122-2).

Um Maschinengruppen leicht und gefahrlos begehen zu können, sind **Maschinenlaufstege** mit entsprechenden Aufstiegen vorzusehen.

Bodenbeläge der Arbeitsbühnen, Laufstege und Aufstiege müssen rutschhemmend ausgeführt werden. Eine ausreichende Rutschhemmung wird z. B. durch den Einsatz von Tränenblechen erreicht.

Um Rutschgefahren, z. B. durch verschüttete Flüssigkeiten, entgegenzuwirken, sollten Abflussmöglichkeiten vorgesehen werden (z. B. Ablaufrinnen, Ablauföffnungen). Durch eine leichte Bodenneigung kann das Abfließen begünstigt werden.

Ebenso müssen Substanzansammlungen (Verunreinigungen z. B. durch Reinigungsmittel oder Druckfarben etc.) verhindert werden. Geeignet hierfür sind durchlässige Bodenbeläge (z. B. Gitterrost oder Blechprofilrost).

Der Bodenbelag ist eben auszuführen, um Stolpergefahren zu vermeiden. Der größte erlaubte Höhenunterschied zu angrenzenden Bodenelementen darf 4 mm nicht überschreiten.

Damit keine herabfallenden Gegenstände Personen gefährden, die sich unterhalb der Laufstege oder Arbeitsbühnen befinden, dürfen die Bodenbeläge höchstens solche Öffnungen besitzen, dass eine Kugel mit 35 mm Durchmesser nicht hindurch fällt.

Befinden sich unterhalb des Laufsteges oder der Arbeitsbühne Arbeitsplätze, die nicht nur gelegentlich genutzt werden, so dürfen die Bodenbeläge höchstens solche Öffnungen besitzen, dass eine Kugel mit 20 mm Durchmesser nicht hindurchfällt.

Befindet sich zwischen dem Rand des Bodenbelages und angrenzenden Bauteilen ein Spalt von mehr als 30 mm, so ist zum Schutz gegen Gefährdungen durch herabfallende Gegenstände eine Fußleiste erforderlich.

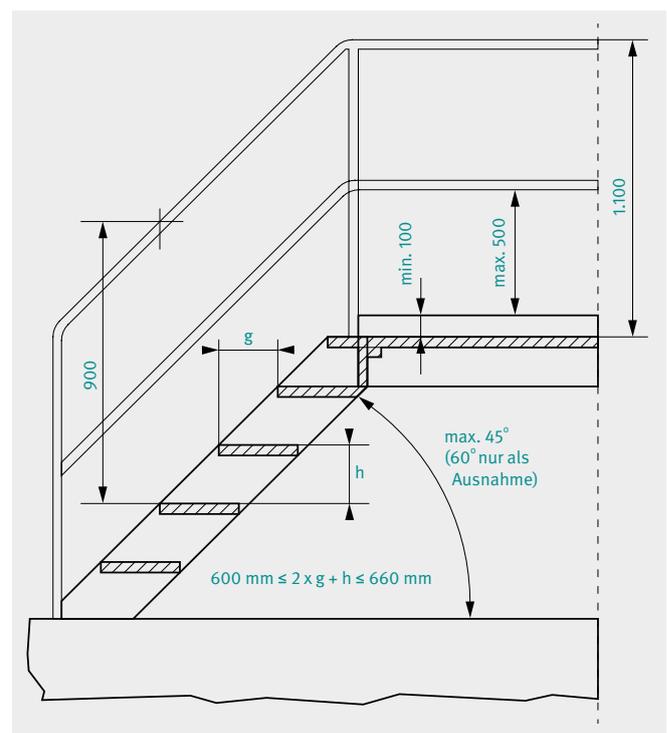
Sind z. B. zu Wartungszwecken herausnehmbare oder herausklappbare Bodenelemente vorgesehen, müssen diese gegen unbeabsichtigte, gefährliche Bewegungen gesichert sein (z. B. Schraubenverbindungen). Die Befestigungen selbst müssen jederzeit auf ihre Funktionsfähigkeit überprüft werden können.

Podeste, Laufstege und Arbeitsbühnen müssen für die an der Maschine bzw. Anlage vorhandenen Verkehrslasten ausgelegt werden. Die zu Grunde gelegten Verkehrslasten müssen jedoch mindestens 2 kN/m² Flächenlast für die Tragkonstruktion sowie 1,5 kN Einzellast an ungünstiger Stelle, auf einer Fläche von 200 mm x 200 mm für den Bodenbelag betragen. Die Durchbiegung des Bodenbelags darf unter Berücksichtigung der zu Grunde gelegten Last nicht mehr als 1/200 der Stützweite betragen. Der Höhenunterschied im Bereich einer Stoßstelle zwischen belasteten und unbelasteten Bodenbelägen darf analog dem grundsätzlichen Höhenunterschied benachbarter Bodenbeläge maximal 4 mm betragen.

Zugänge und Durchgänge müssen, sofern keine außergewöhnlichen Umstände vorliegen, eine **lichte Durchgangshöhe** von **mindestens 2,1 m** (Ausnahme bei Rotationsdruck- und -lackiermaschinen, etc. hier gilt eine Mindesthöhe von 2,0 m) sowie eine **Breite** von **mindestens 0,6 m** bevorzugt sogar 0,8 m besitzen. Falls mehrere Personen aneinander vorbeigehen müssen, muss die



Rutschfester Beleg und ausgeglichene Stufenhöhe (Abb. manroland)



Vorschriftmäßiger Aufstieg (Maße in mm)

Breite auf mindestens 1,0 m vergrößert werden. Bei Treppen und Treppenleitern ist eine lichte Durchgangshöhe von mindestens 2,3 m einzuhalten. Kann aus konstruktiven Gründen die Höhe nicht eingehalten werden, müssen die einschränkenden Bauteile gepolstert und mit einer Gefahrenkennzeichnung versehen sein.

Maschinenaufstiege, Tritte

Bei der Planung größerer Anlagen darf nicht vergessen werden, dass das Bedien- und Instandhaltungspersonal zu bestimmten Stellen sicher gelangen und sich dort auch bewegen können muss. Hilfestellung bei der Wahl eines ortsfesten Zugangs zwischen zwei Ebenen bietet hier Anhang C der EN 1010-1 in Verbindung mit EN 14122-1.

Aufstiege zu ständigen Arbeitsplätzen sollten Treppen sein, gemäß den Vorschlägen der EN 14122-1 sollen Treppen bevorzugt einen Steigungswinkel von 30° bis 38° besitzen. Maximal darf der Steigungswinkel einer Treppe 45° betragen. Bei der Auswahl des Steigungswinkels muss auch berücksichtigt werden, dass ggf. Werkzeuge oder Arbeitsstoffe sicher transportiert werden können. Ist der Bau einer Treppe aus baulichen Gründen nicht möglich, so kann nach der Gefährdungsbeurteilung gemäß Anhang C der EN 1010-1 eine alternative Zugangsmöglichkeit gewählt werden. Der Steigungswinkel für Treppenleitern darf hierbei bis zu max. 75° betragen. Wird eine Gefährdungsanalyse bezüglich des Steigungswinkels von Zugängen gemäß den Vorschlägen des Anhang C der EN 1010-1 durchgeführt, so sind für den Fall, dass aus räumlichen Gründen keine Treppe installiert werden kann, in Abhängigkeit der Gefährdung Ausnahmen möglich.

ZULÄSSIGE AUSNAHMEN FÜR ORTSFESTE ZUGÄNGE IN ABHÄNGIGKEIT VON DER BEWERTUNGSZIFFER E

E ≤ 6	Formschlüssig gegen Wegrutschen gesicherte Stufenanlegeleitern mit einem Steigungswinkel von 46° bis maximal 60° und seitlichen Handläufen
E ≤ 3	Formschlüssig gegen Wegrutschen gesicherte Stufenanlegeleitern mit einem Steigungswinkel von 46° bis maximal 74°
E ≤ 2 und E = 0	Formschlüssig gegen Wegrutschen gesicherte Leitern mit einem Steigungswinkel von 75° bis maximal 90°



Absturzicherung der Treppe eines Maschinenabstieges durch seitliches Herausziehen des Abgangs

BEWERTUNGSZIFFER E1

Häufigkeit der Benutzung	Bewertungsziffer E1
Weniger als 1 x pro Woche	1
Maximal 1 x pro Woche	2
Maximal 1 x pro Tag	3
Häufiger als 1 x pro Tag	4

BEWERTUNGSZIFFER E2

Mitnahme von Gegenständen	Bewertungsziffer E2*
Keine Gegenstände, die in den Händen getragen werden müssen	0
Leichte Gegenstände mit einem Gewicht von maximal 5 kg	1
Mittelschwere Gegenstände mit einem Gewicht von maximal 10 kg	2
Schwere Gegenstände mit einem Gewicht über 10 kg	3

*) bei einer zu überwindenden Höhe von nicht mehr als 1,6 m kann E2 = 0 angenommen werden

ZUSCHLAGSFAKTOREN A1 UND A2

Zuschläge	
Zuschlag für den Fall, dass die Mitnahme von sperrigen Gegenständen erforderlich ist	A1 = 1
Zuschlag für den Fall, dass zu überwindende Höhe mehr als 3 m beträgt	A2 = 1

Ein Maß ergibt hierbei die Bewertungsziffer $E = E1 + E2 + A1 + A2$, die die Summe der einzelnen Bewertungsziffern E1 (Bewertungsziffer für die Häufigkeit der Benutzung) und E2 (Bewertungsziffer für die Mitnahme von Gegenständen) sowie den beiden Zuschlagfaktoren A1 und A2 darstellt.

Bei der Auswahl eines Zugangs zwischen zwei Ebenen schlägt die EN ISO 14122-1 im Bereich eines Steigungswinkels von mehr als 75° bis hin zu 90° eine ortsfeste Steigleiter vor. Die Gestaltung ortsfester Steigleitern wird in EN ISO 14122-4 beschrieben.

Besonders zu beachten bei der Auslegung der Aufstiege sind gleiche Stufenhöhe und auch Trittlängen.

Es gilt der **Grundsatz**:

Der Steigungswinkel und das Stufenmaß müssen über den gesamten Aufstieg gleich bleiben! Das gilt auch für die erste und letzte Stufe.

Eine Treppe muss mindestens einen Handlauf haben; ab einer Laufbreite ≥ 1.200 mm ist, ebenso wie bei allen Treppenleitern, beidseitig ein Handlauf vorzusehen.

An Stellen der Maschine, die nur sehr selten erreicht werden müssen, die also keine ständigen Arbeitsplätze darstellen, ist der Einsatz von Tritten erlaubt. Maschinenteile oder freie Tritte dürfen nicht zum Festhalten gedacht sein. Zu jedem Tritt gehört deshalb mindestens ein Handgriff.

Die Anzahl und Anordnung der Tritte und Handgriffe muss erlauben, sich jeweils an 3 Punkten abzustützen (mit zwei Händen und einem Fuß oder mit einer Hand und zwei Füßen).

Maschinenlaufstege, Arbeitsbühnen und Treppen müssen ab einer Höhe von 0,5 m bei Absturzgefahr und zur Vermeidung von Gefahren durch herabfallende Gegenstände mit **Geländern** und **Fußleisten** ausgerüstet werden.

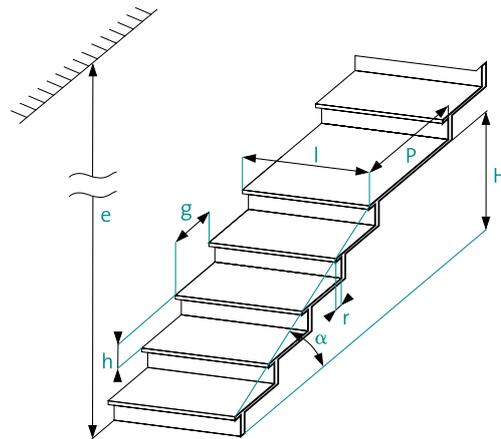
Ein Geländer besteht aus Handlauf, mindestens einer Knieleiste, einer Fußleiste und Befestigungspfosten. Alternativ können statt der Knieleiste auch senkrechte Pfosten verwendet werden. Zu beachten ist insbesondere, dass die Höhe des Handlaufs mindestens 1.100 mm¹⁾ betragen muss. Die Höhe der Fußleiste beträgt mindestens 100 mm und darf einen Abstand von maximal 10 mm besitzen. Der lichte Abstand zwischen der Fußleiste und der Knieleiste, zwischen einzelnen Knieleisten sowie zwischen Knieleiste und Handlauf darf maximal 500 mm nicht übersteigen. Werden senkrechte Füllstäbe an Stelle einer Knieleiste verwendet, darf der lichte waagrechte Abstand zwischen den Stäben 180 mm nicht überschreiten. Bei einer Unterbrechung des Handlaufs darf der Freiraum zwischen zwei Segmenten nicht kleiner als 75 mm und nicht größer als 120 mm sein, um ein Quetschen der Hand zu verhindern. Werden Geländersegmente mit Radien abgerundet, so gilt durch die Verknüpfung der einzelnen Anforderungen, dass das Geländer an der Stelle, an der der lichte Abstand zwischen den beiden Segmenten 180 mm beträgt, eine Mindesthöhe von 1.100 mm besitzt. Bei einer größeren Öffnung muss eine selbst schließende Durchgangssperre verwendet werden (siehe auch EN ISO 14122, Teil 1 bis 4).

Die Einzelteile der Geländer dürfen nicht durch Kraftschluss miteinander verbunden werden, da sich kraftschlüssige Verbindungen durch Vibrationen lösen können. Die Verbindungen müssen formschlüssig erfolgen. Die maximale Weite zwischen senkrechten Pfosten sollte hierbei zwischen 1.300 mm und 1.400 mm liegen.

Die einzelnen Anforderungen hinsichtlich der Gestaltung von Aufstiegen, Arbeitsbühnen, Handgriffen, Geländern, Tritten und Maschinenlaufstegen sind den nachfolgenden Tabellen zu entnehmen.

¹⁾ Abweichend von der Höhe des Handlaufs bei Arbeitsbühnen oder Podesten an Maschinen kann im landesspezifischen Baurecht für Geländer auf Bühnen oder Galerien in Bauwerken (nicht Bestandteil der Maschinen) eine Höhe des Handlaufs von 1.000 mm festgelegt sein.

Gestaltungsmerkmale von Treppen, Treppenleitern und Geländern



- H Treppenhöhe
- g Auftritt
- e lichte Höhe
- h Steigung
- p Podestlänge
- r Unterschneidung
- α Steigungswinkel
- l Laufbreite

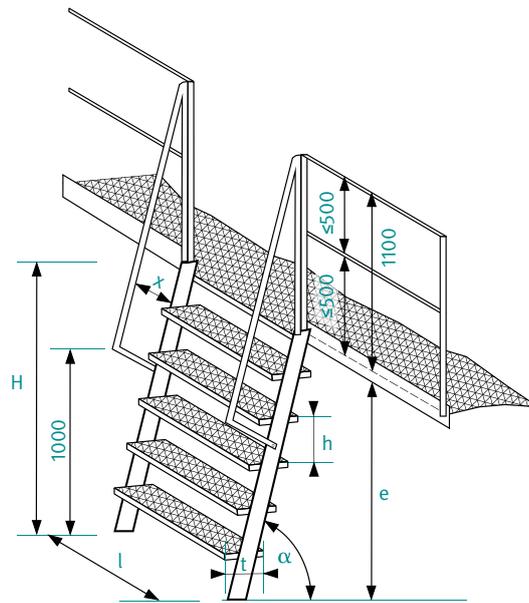
1. TREPPEN

Bauteil	Technische Merkmale		Ausführung	
Treppen	Abmessungen	Steigungswinkel α	$\alpha \leq 45^\circ$ empfohlen: $\alpha = 30^\circ$ bis 38°	
		Treppenhöhe H	$H_{\max} = 3.000 \text{ mm}$ (pro Treppenlauf bei Treppen mit mehreren Läufen) $H_{\max} = 4.000 \text{ mm}$ (für Treppen mit einem Treppenlauf) $H_{\max} > 4.000 \text{ mm}$: Podest erforderlich mit Podestlänge $\geq 800 \text{ mm}$	
		Auftrittlänge g Steigung h	$600 \leq g + 2h \leq 660$ (bei $\alpha = 30^\circ$ bis 38°) • Innerhalb eines Treppenlaufes muss h konstant sein. • Die höchste Stufe muss auf gleicher Höhe mit dem Podest sein.	
		Treppenlaufbreite l bei Begehung durch:	Einzelperson	$l = 600 \text{ mm}$
			geringen Personenverkehr	$l = 800 \text{ mm}$
			üblichen Verkehr mehrerer Personen	$l = 1.000 \text{ mm}$
	Unterschneidung r	$r \geq 10 \text{ mm}$		
lichte Durchgangshöhe e	$e \geq 2.300 \text{ mm}$			
Festigkeit	Lastannahme	Einzelperson ohne Traglast	$q_{\min} = 1.500 \text{ N/m}^2$	
		mehrere Personen mit Traglast	$q = 4.000 \text{ N/m}^2$	
		Vorderkante Stufe	$q = \frac{1.500}{0,1 \times 0,1} \text{ N/m}^2$ ²⁾	
Durchbiegung	$y_{\max} = l/300$ der Spannweite unter Last, jedoch maximal 6,0 mm			
Oberfläche	Trittsicherheit	rutschhemmend: • z. B. Tränenblech • Beläge der Klassifizierung R 10 ¹⁾		
	Werkstoffeigenschaft	korrosionsbeständig		

¹⁾ nach EN ISO 14122-2

²⁾ nach EN ISO 14122-3: Entlang der Lauflinie müssen die Stufen an ihrer Vorderkante auf einer Fläche von 0,1 m x 0,1 m eine Last von 1.500 N aufnehmen.

Gestaltungsmerkmale von Treppen, Treppenleitern und Geländern



- H Treppenhöhe
- g Auftritt
- e lichte Höhe
- h Steigung
- p Podestlänge
- α Steigungswinkel
- l Laufbreite
- x Abstand zwischen Steigungslinie und Achse des Handlaufs

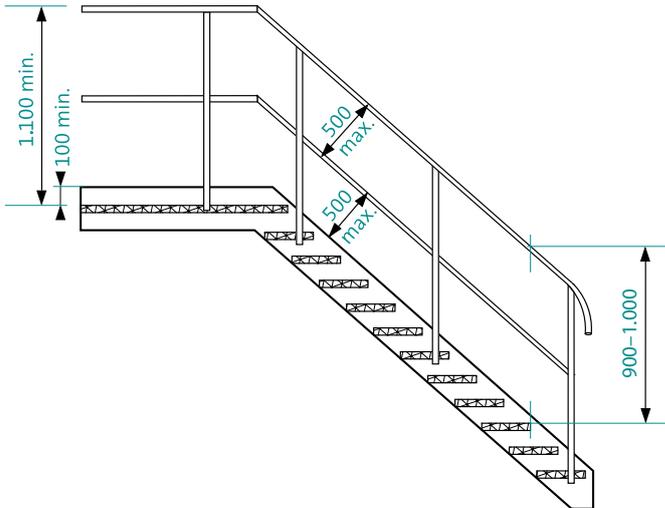
2. TREPPENLEITERN

Bauteil	Technische Merkmale		Ausführung								
Treppenleiter	Abmessungen	Steigungswinkel	$46^\circ \leq \alpha \leq 75^\circ$ empfohlen: $\alpha = 46^\circ$ bis 60°								
		Treppenhöhe H	$H_{\max} = 3.000 \text{ mm}$ $H > 3.000 \text{ mm}$: Podest erforderlich mit Podestlänge $\geq 600 \text{ mm}$								
		Stufentiefe t	$t_{\min} = 80 \text{ mm}$								
		Steigung h	$h_{\max} = 250 \text{ mm}$ Bem.: Innerhalb eines Treppenlaufes muss h konstant sein.								
		Treppenlaufbreite l	$l = 500 \text{ mm} - 800 \text{ mm}$ empfohlen: $l = 600 \text{ mm}$								
		Abstand x zwischen Steigungslinie und Achse des Handlaufs:	<table border="1"> <thead> <tr> <th>α (Grad)</th> <th>x (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>60</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>65</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>70</td> <td>150</td> </tr> </tbody> </table>	α (Grad)	x (mm)	60	250	65	200	70	150
		α (Grad)	x (mm)								
60	250										
65	200										
70	150										
lichte Durchgangshöhe e	$e \geq 2.300 \text{ mm}$										
Festigkeit	Lastannahme	Einzelperson ohne Traglast	$q_{\min} = 1.500 \text{ N/m}^2$								
		mehrere Personen mit Traglast	$q = 4.000 \text{ N/m}^2$								
		Vorderkante Stufe	$q = \frac{1.500 \text{ N/m}^2}{0,1 \times 0,1}$								
	Durchbiegung	$y_{\max} = l/300 \text{ mm}$									
Oberfläche	Trittsicherheit	rutschhemmend: <ul style="list-style-type: none"> • z. B. Tränenblech • Beläge der Klassifizierung R 10¹⁾ 									
	Werkstoffeigenschaft	korrosionsbeständig									

¹⁾ nach EN ISO 14122-2

²⁾ nach EN ISO 14122-3: Entlang der Lauflinie müssen die Stufen an ihrer Vorderkante auf einer Fläche von 0,1 m x 0,1 m eine Last von 1.500 N aufnehmen.

Gestaltungsmerkmale von Treppen, Treppenleitern und Geländern

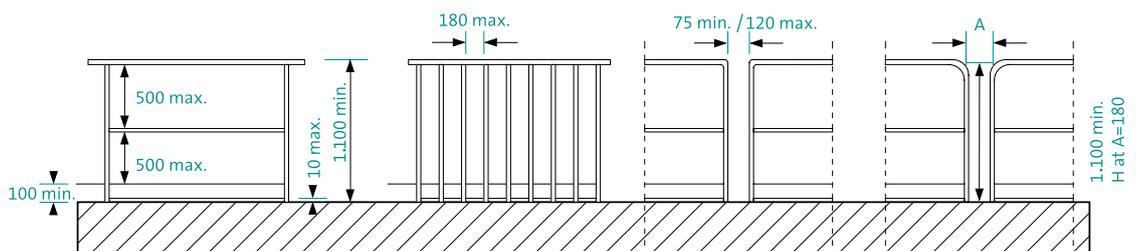


Allgemeine Forderungen:

- Eine Treppe muss mindestens einen Handlauf haben.
- Bei einer Höhe ab 500 mm ist ein Geländer als Schutz vorzusehen.
- Ein Geländer besteht aus Handlauf, mindestens einer Knieleiste und Befestigungspfosten.
- Bei einer Treppenlaufbreite von $l \geq 1.200$ mm sind mindestens 2 Handläufe/Geländer vorzusehen, ebenso bei allen Treppenleitern.

3. GELÄNDER

Bauteil	Technische Merkmale		Ausführung	
Treppengeländer	Abmessungen	lotrechte Höhe Handlauf	900–1.000 mm	
		Abstand Knieleiste	zu Handlauf	≤ 500 mm
			zu Treppenwange	≤ 500 mm
Durchmesser Handlauf	gleichmäßig zwischen 25 mm und 50 mm			
waagerechte Geländer	Abmessungen	Höhe Handlauf	mind. 1.100 mm	
		Abstand Knieleiste	zu Handlauf	≤ 500 mm
			zu Fußleiste	≤ 500 mm
		Höhe Fußleiste (kann entfallen bei einer Absturzhöhe bis 1.600 mm)	mind. 100 mm; max. 10 mm über Trittebene beginnend	
		Pfostenabstand	max. 1.500 mm	
Abstand senkrechter Zwischenstäbe	max. 180 mm			
gemeinsam	Festigkeit	aufnehmbare Horizontallast	$F_{\min} = 300 \text{ N/m}^2 \times \text{Abstand zwischen Pfosten [m]}$	
		Durchbiegung	$y_{\max} = 30$ mm (ohne bleibende Verformung)	



Dimensionen an Geländern

Abweichend von der Höhe des Handlaufs auf Maschinen kann im landesspezifischen Baurecht für Geländer auf Arbeitsbühnen in Bauwerken eine Höhe des Handlaufs von 1.000 mm festgelegt sein.

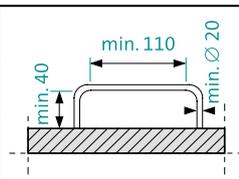
Gestaltungsmerkmale von Einzeltritt, Trittfolge, Handgriffen

Allgemeine Forderungen:

- Ist ein Tritt installiert, müssen ein oder mehrere Handgriffe vorhanden sein.
- Die Handgriffe müssen zum Teil bereits von der Zugangsebene aus erreichbar sein.

3. GELÄNDER

Bauteil	Technische Merkmale		Ausführung
Einzeltritt	Abmessungen	Breite b	für 1 Fuß $b_{\min} = 200 \text{ mm}$
			für 2 Füße $b_{\min} = 300 \text{ mm}$
Trittfolge	Abmessungen	Tiefe t	$t_{\min} = 300 \text{ mm}$
		Tritttiefe t (Zugang)	$t_{\min} = 200 \text{ mm}$
		Tritthöhe h für Einzeltritt	$h \leq 300 \text{ mm}$ (in Ausnahmen $h \leq 500 \text{ mm}$)
		Tritthöhe h für Zwischenaufstiege	$h \leq 300 \text{ mm}$
		Höhe des oberen Trittes (Standfläche)	$H_{\max} = 1.200 \text{ mm}$
		Breite der Zugangsebene	mind. 500 mm
		Standfläche	mind. 200 x 200 mm
		Werkstoff	Eigenschaft
	Oberfläche	rutschhemmend: <ul style="list-style-type: none"> • z. B. Tränenblech • Beläge der Klassifizierung R 10 ¹⁾ 	
Handgriff	Abmessungen	Grifftiefe	mind. 40 mm
		Grifflänge	mind. 110 mm
		Griffdurchmesser	mind. 20 mm



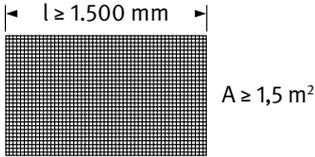
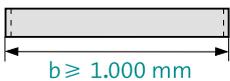
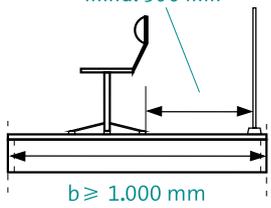
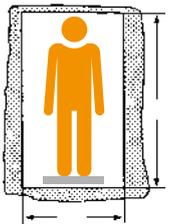
Runde Querschnitte sind zu bevorzugen; nichtrunde Querschnitte dürfen keine scharfen Kanten haben.

¹⁾ nach EN ISO 14122-2

Gestaltungsmerkmale von Arbeitsbühnen und Laufstegen

Bemerkung: Die Bühnen müssen so angebracht sein, dass die Arbeiten von Personen in einer Position zwischen 500 mm und 1.700 mm Höhe durchgeführt werden können.

GESTALTUNGSMERKMALE VON ARBEITSBÜHNEN UND LAUFSTEGEN

Bauteil	Technische Merkmale		Ausführung
Arbeitsbühne (ortsfest)	Abmessungen		<p>Grundfläche A pro Person</p>  <p>$l \geq 1.500 \text{ mm}$ $A \geq 1,5 \text{ m}^2$</p>
	lichte Breite b	 <p>Arbeiten im Stehen</p>	 <p>$b \geq 1.000 \text{ mm}$</p>
		 <p>Arbeiten im Sitzen</p>	<p>freier Durchgang mind. 500 mm</p>  <p>$b \geq 1.000 \text{ mm}$</p>
	Möglichkeit der Verringerung durch Auswertung einer Risikobeurteilung, wenn:		<ul style="list-style-type: none"> • nur zur gelegentlichen Benutzung vorgesehen • Reduzierung nur über eine kurze Distanz und danach wieder $b \geq 600 \text{ mm}$ $h \geq 2.000 \text{ mm}$
Laufsteg	Begehung durch eine Person	$b \geq 600 \text{ mm}$ empfohlen 800 mm	 <p>Bei Unterschreitung der Mindestmaße:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Polsterung • Sicherheitskennzeichnung (gelb/schwarz) der Gefahrstelle
	Personenverkehr	$b \geq 1.200 \text{ mm}$	
	Nutzung als Rettungsweg	$b \geq 1.200 \text{ mm}$ je nach den spezifischen Anforderungen	
gemeinsam	lichte Durchgangshöhe		$h \geq 2.100 \text{ mm}$
	Podesthöhe	ab 300 mm	geeignete Aufstiege erforderlich
		ab 500 mm	Geländer und Fußleiste erforderlich
Festigkeit	Lastannahme	Flächenlast Tragkonstruktion	$q = 2.000 \text{ N/m}^2$
		Einzellast	$q = 1.500 \text{ N/m}^2$ (auf einer Fläche von 200 mm x 200 mm an ungünstigster Stelle)
	Durchbiegung y		$y_{\text{max}} = \text{Stützweite}/200$, entstehende Stoßstelle $\leq 4,0 \text{ mm}$
Oberfläche	Trittsicherheit		rutschhemmend: <ul style="list-style-type: none"> • z. B. Tränenblech • Beläge der Klassifizierung R 10¹⁾
	Werkstoffeigenschaft		korrosionsbeständig

¹⁾ nach EN ISO 14122-2

2.1.6 Ergonomische Gestaltung

Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen müssen nach ergonomischen Gesichtspunkten gestaltet sein. Die Anforderungen hierzu enthalten die Europeanormen EN 614-1 „Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Gestaltungsgrundsätze; Teil 1: Begriffe und allgemeine Leitsätze“ und EN 614-2 „Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Gestaltungsgrundsätze; Teil 2: Wechselwirkungen zwischen der Gestaltung von Maschinen und den Arbeitsaufgaben“.

Bei der Konstruktion von Druck- und Papierverarbeitungs-
maschinen sollte insbesondere beachtet werden:

- Schwierige Körperhaltungen während der Bedienung einschließlich Anlegen oder Abnehmen von Material sowie während der Instandhaltung und Reinigung müssen vermieden werden. Dies kann mit technischen Mitteln etwa durch Anbringen von Tritten und Laufstegen in geeigneter Höhe erfüllt sein.
- Werden für den Arbeitsablauf an der Maschine Lasten (Werkzeuge, Arbeitsstoffe, Material) über 25 kg manuell gehandhabt, müssen geeignete Hilfen oder Vorrichtungen installiert sein. Derartige Hilfen oder Vorrichtungen sollten nach EN 1005-2 „Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung; Teil 2: Manuelle Handhabung von Gegenständen in Verbindung mit Maschinen und Maschinenteilen“ auch bei geringem Gewicht vorhanden sein.
- Entsprechend EN 1005-3 „Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung; Teil 2: Empfohlene Kraftgrenzen für Maschinenbetätigung“ sollten Kraftgrenzen bei Maschinenbetätigung (Greifen, Ziehen und Drücken) eingehalten sein.
- Die Gestaltung von Stellteilen und Anzeigen sollten EN 894-1 „Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen; Teil 1: Allgemeine Leitsätze für Benutzer-Interaktion mit Anzeigen und Stellteilen“, EN 894-2; Teil 2: Anzeigen und EN 894-3; Teil 3: Stellteile entsprechen.

Zum Thema Ergonomie bietet die BG ETEM eine Broschüre an: „Ergonomie“ (Bestell-Nummer MB008).

2.1.7 Bremsenrichtungen und Kupplungen

An Maschinen dürfen bei ausgeschalteter Bremsenrichtung gefahrbringende Bewegungen nicht möglich sein. Bremsenrichtungen werden meist ausgeschaltet, wenn eine Maschine oder Teilaggregate davon von Hand bewegt werden sollen. Zur Sicherung sollte z. B. die Bremsenrichtung mit möglichen gefahrbringenden Bewegungen verriegelt ausgeführt sein.

An Maschinen, die im Einzelhub arbeiten, darf Kupplungs- oder Bremsversagen nicht zu gefahrbringenden Bewegungen führen. Dies ist z. B. durch kraftschlüssige Kupplungen verhindert.

2.1.8 Hydraulische und pneumatische Einrichtungen

Während pneumatische Einrichtungen für schnelle Bewegungsabläufe eingesetzt werden, sind hydraulische Einrichtungen die erste Wahl wenn große Kräfte, z. B. zum Anheben von schweren Materialrollen, gefordert sind. Sie sind oftmals als elektrohydraulische oder -pneumatische Steuerungen ausgeführt. Die Signalverknüpfungen erfolgen dabei im elektrischen Anlagenteil, während elektromagnetische Ventile die Volumenströme zu den Antriebselementen steuern.

Für die Konstruktion sind die Europäischen Normen EN ISO 4413* und die EN ISO 4414** anzuwenden.

Im Folgenden sind einige grundlegende sicherheitstechnische Anforderungen zusammengefasst. Im Anhang dieser Broschüre sind Stell- und Steuerglieder bzw. wesentliche Ventile (Druckventile, Rückschlagventile, Drosselventile und Wegeventile) erläutert.

* EN ISO 4413
„Fluidtechnik – Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Hydraulikanlagen und deren Bauteile“

** EN ISO 4414
„Fluidtechnik – Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Pneumatikanlagen und deren Bauteile“

Allgemein

Unregelmäßigkeiten, Unterbrechungen, Ausfall oder Wiederkehr der zugeführten Energie dürfen keine gefahrbringenden Bewegungen bewirken.

Elektrische Anschlüsse von elektrisch betätigten Ventilen müssen mit den einschlägigen Normen, z. B. EN 60204-1, übereinstimmen. Müssen elektrisch betätigte Ventile auch nach Stromausfall schaltbar sein, können diese mit einer möglichst nicht rastenden Handhilfsbetätigung ausgestattet sein.

Technische Dokumentation und Kennzeichnung

Für jedes System muss ein Schaltplan entsprechend ISO 1219-2 vorhanden sein. Im Schaltplan müssen alle Bauteile, Leitungsanschlüsse, Leitungen, ggf. Messstellen, Einstellwerte sicherheitsrelevanter Bauteile, externe Energieanschlüsse und deren Hauptbefehleinrichtungen sowie Einrichtungen zur Energieentlastung gekennzeichnet sein. Die einheitliche Kennzeichnung und Nummerierung der Ventile in verschiedenen Schaltplänen ist besonders wichtig.

An der Maschine selbst müssen alle sicherheitsrelevanten Kennzeichnungen in Übereinstimmung mit dem Schaltplan vorhanden sein. Das ist z. B. notwendig, wenn ein Verwechseln von Leitungen zu Gefährdungen führen kann. In der Praxis hat sich folgende Vorgehensweise bewährt:

- Die verwechslungsfreie Anordnung der Anschlüsse oder
- der Einsatz unterschiedlicher Anschlussarten (Bauarten).

Hauptbefehleinrichtungen und Einrichtungen zur Energieentlastung müssen deutlich gekennzeichnet sein.

An allen Bauteilen sind dauerhaft und gut lesbar anzubringen:

- Name und Kurzanschrift des Herstellers
- Produktkennzeichnung des Herstellers
- Bemessungsdruck
- Symbole entsprechend ISO 1219-1
- korrekte Kennzeichnung aller Anschlüsse

Auf Schlauchleitungen muss außerdem das Herstellungsdatum angegeben sein. Für Höhenverkettungen, also bei übereinander angeordneten Einzelbausteinen ohne Verwendung von Rohren/Schläuchen ist zusätzlich die Reihenfolge anzugeben.

Die Betriebsparameter müssen eindeutig und dauerhaft erkennbar sein (z. B. min./max. Druck, min./max. Temperatur, min./max. Volumenstrom). So sollte der maximal zulässige Druck entweder auf dem Manometer durch eine rote Markierung oder durch eine Kennzeichnung in der Nähe des Manometers angezeigt werden.

Für Reparatur- und Wartungsarbeiten muss aus der Betriebsanleitung hervorgehen, für welchen maximalen Druck Ersatzschläuche ausgelegt sein müssen.

Energietrenneinrichtung

Wie in elektrischen Anlagen müssen auch in hydraulischen und pneumatischen Systemen leicht zugängliche Hauptbefehleinrichtungen (Absperrventil, Absperrarmatur) eingebaut sein. Falls die unerwartete Energiezufuhr zu einer Gefährdung führen kann, müssen diese in Ihrer Aus-Stellung gesichert werden können.

Bei Maschinen, in denen ein Verbrennungsmotor oder ein Elektromotor einen Verdichter oder eine Hydraulikpumpe antreibt, genügt das Abschalten und Sichern gegen Wiedereinschalten des Antriebes.

In pneumatischen Systemen sind als Energietrenneinrichtungen auch Schnelltrennkupplungen einsetzbar. Diese müssen so ausgeführt sein, dass bei ihrer Handhabung keine Gefährdung erfolgt. Beim Entkuppeln von üblichen Schnelltrennkupplungen kann es zum „Peitschenhieffekt“ kommen, wenn der Stecknippel unerwartet geschossartig aus der Kupplung herausfliegt.

Diese Gefährdung tritt beim Einsatz von „Sicherheits-Schnelltrennkupplungen“ nicht auf. Bei diesen Ausführungen erfolgt die Kupplungstrennung in zwei Stufen. Die erste bewirkt die kontrollierte Druckentlastung (Entlüftung), mit der zweiten erfolgt die mechanische Trennung.

Schutz vor Drucküberlastung

Alle Teile einer Maschine müssen gegen Druck, der den maximalen Betriebsdruck überschreitet, ausgelegt oder geschützt werden. Um eine Maschine gegen unzulässig hohen Druck zu schützen, werden Druckbegrenzungsventile verwendet.

Es können auch Druckregelventile verwendet werden, soweit sie die Anforderungen erfüllen („Sekundärentlüftung“, ausreichende Entlastungsquerschnitte).

Ein **Druckbegrenzungsventil** („Überdruckventil“) öffnet bei Überschreiten des maximalen Systemdruckes.

Ein **Druckregelventil** („Druckminderventil“) hält den Anlagen-Druck auf einen eingestellten Wert, auch bei Schwankungen im Eingangsdruck oder bei unterschiedlicher Abnahme.

Die Verstelleinrichtungen von Druckventilen müssen gegen unzulässiges Verstellen entweder durch „Abschliessen“ oder durch „Abdecken“ gesichert werden. Ein Verplomben der Verstelleinrichtung kann je nach sicherheitstechnischer Anforderung sinnvoll sein.

Eine Absicherung gegen Überschreiten des maximalen Betriebsdruckes muss auch berücksichtigt werden, wenn durch äußere Kräfte/Lasten eine Druckerhöhung im Druckkreis erfolgen kann.

Sperrventile (Rückschlagventile)

Oftmals ist es notwendig, dass innerhalb des Pneumatik- bzw. Hydrauliksystems Bauteile auch nach dem Ausschalten mit gespeicherter Energie vorhanden sind. Dies ist der Fall, wenn z. B. Lasten unter Druck stehend hochgehalten werden müssen oder die Klemmwirkung von Spanneinrichtungen erhalten bleiben muss.

Durch Leckagen, z. B. den Bruch von Leitungen oder an Ventilen, kann es zu gefährlichen Bewegungen kommen. Aus diesem Grund sind in diesen Fällen unmittelbar am Bauteil angebrachte, entsperbare Rückschlagventile einzusetzen. Ein unkontrolliertes Absenken muss mit allen geeigneten Mitteln verhindert werden. Angehobene Lasten müssen sonst mechanisch abgestützt werden. Dies gilt insbesondere bei Reparaturarbeiten unter den Lasten. Durch mechanische Sperreinrichtungen, z. B. Sperrklinken, selbsthemmende Getriebe, Steckbolzen oder Bremsen, wird dies erreicht. Schlauchleitungen zwischen Sperrventil und z. B. dem Zylinder bzw. der hochgehaltenen Last sind zu vermeiden.

Stromventile (Drosselventile)

Stromventile dienen der Beeinflussung der Bewegungsgeschwindigkeit von Verbrauchern (Zylinder oder Hydromotor) durch Querschnittsveränderung (Verengung oder Erweiterung). Einstellbare Stromventile sind mit Schutz-einrichtung gegen unzulässige Verstellung auszurüsten.

Entlüftung

Auch wenn das Druckerzeugungsgerät ausgeschaltet ist, können in Versorgungsleitungen, im Zylinder usw. hydraulische oder pneumatische Energien gespeichert sein. Durch den gespeicherten Druck können Gefährdungen entstehen. Insbesondere in Pneumatiksystemen kann im Zylinder durch angebrachte Sperrventile Energie gespeichert sein, die sich im ungünstigsten Fall entspannt (z. B. blockierter Zylinder).

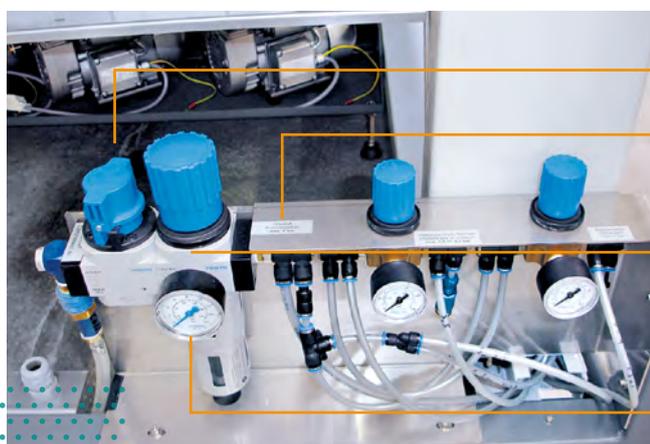
Zur Sicherung sind deshalb Entlüftungsventile erforderlich. Außerdem müssen, z. B. für Wartungsarbeiten nach dem Trennen vom Drucknetz, Einrichtungen zum kompletten Druckabbau im System vorhanden sein.

Entlüftungsöffnungen müssen so gestaltet sein, dass sie nicht auf die Beschäftigten gerichtet sind. Außerdem sollten die Auslassöffnungen mit einem Schalldämpfer versehen sein.

Weiterhin muss in der Bedienungsanleitung auf diese Restgefährdungen hingewiesen werden.

Wegeventile (WV)

Sie steuern den Energiefluss bezüglich der Richtung sowie Start/Stop. Sicherheitsrelevante Wegeventile müssen so ausgeführt sein, dass nach dem Abschalten der Energie das Ventil die sichere Position einnimmt („Ruhestromprinzip“). Stetigventile, d. h. Proportional- oder Servoventile können aufgrund ihrer Bauart diese Anforderung in der Regel nicht erfüllen. In diesen Fällen müssen zusätzliche Ventile mit diskreten Schaltstellungen zwischengeschaltet sein.



Abschließbares Hauptabsperventil

Kennzeichnung maximal zulässiger Druck

Druckregelventil

Druckanzeige

Jeder Antrieb, der bei Versagen der Steuerung eine Stellung beizubehalten oder eine bestimmte Sicherheitsstellung einzunehmen hat, muss durch ein Ventil gesteuert werden, das eine definierte Schaltstellung entweder durch Federvorspannung einnimmt oder durch eine Raste beibehält.

Bei handbetätigten Ventilen müssen die Betätigungselemente ausreichend gegen versehentliches Betätigen gesichert sein. Alle handbetätigten Ventile, auch die, die sich außerhalb von Steuerpulten befinden, müssen entsprechend ihrer Funktion und ihrer Schaltstellungen eindeutig und dauerhaft gekennzeichnet sein (Kennzeichnung z. B. durch Bildzeichen nach ISO 7000, siehe Anhang).

Leitungsführung

Rohr- und Schlauchleitungen müssen so geführt werden, dass die Benutzung als Tritt oder Leiter nicht möglich ist. Generell sind unzulässige Zug-, Druck-, Biege- und Torsionsbelastungen zu vermeiden. Anordnung und Länge der Leitungen sind entsprechend zu berücksichtigen. Pneumatische Rohr- und Schlauchleitungen dürfen nicht gemeinsam mit elektrischen Leitungen verlegt werden.

Überwachung

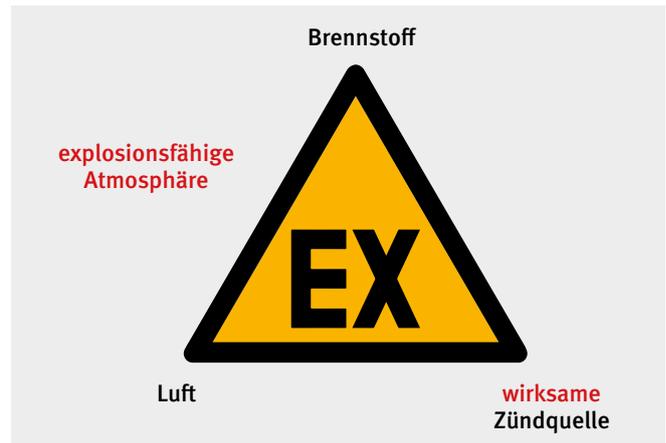
Veränderungen von Betriebsparametern einer Anlage, die eine Gefährdung herbeiführen können, müssen eindeutig angezeigt werden.

2.1.9 Explosionsschutz

Gemische brennbarer Gase, Dämpfe oder ausreichend dispergierter Stäube (Teilchengröße $< 1 \text{ mm}$) mit Luft sind innerhalb eines bestimmten Konzentrationsbereiches generell explosionsfähig. Dieser Konzentrationsbereich wird nach unten durch die untere Explosionsgrenze (UEG) und nach oben durch die obere Explosionsgrenze (OEG) begrenzt.

Explosionsgefahr besteht immer dann, wenn drei Voraussetzungen örtlich und zeitlich zusammentreffen:

- brennbarer Stoff mit großer Oberfläche und in ausreichender Konzentration
- wirksame Zündquelle
- Luft (Sauerstoff als Oxidationsmittel).



Ist eine gefährliche Menge explosionsfähiger Atmosphäre vorhanden (bereits 10 l zusammenhängende Menge in geschlossenen Räumen gilt als gefahrdrohend), können nach einer Zündung schwerwiegende Personenschäden und hohe Sachschäden eintreten.

• Primärer Explosionsschutz

Explosionen werden vermieden, wenn das Entstehen einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre verhindert oder ausreichend eingeschränkt wird. Diese Maßnahmen sind stets vorrangig, denn eine weitgehende Risikovermeidung ist immer besser als jeglicher Schutz vor einem Brand- bzw. Explosionsrisiko.

– Vermeidung brennbarer Stoffe

Zuerst ist zu prüfen, ob brennbare Stoffe grundsätzlich vermieden werden können oder sich durch solche Stoffe ersetzen lassen, bei denen keine explosionsfähigen Gemische entstehen können. Die Stoffe sind zu ersetzen, sofern nicht technologische Gründe oder Gesundheitsgefahren entgegenstehen.

– Beeinflussung des Flammpunktes brennbarer Flüssigkeiten

Als brennbar werden Flüssigkeiten bezeichnet, wenn deren Dämpfe brennbar sind. Von besonderer sicherheitstechnischer Bedeutung im Sinne eines erhöhten Risikos sind brennbare Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt unter $60 \text{ }^\circ\text{C}$. Der Flammpunkt ist die niedrigste Temperatur einer brennbaren Flüssigkeit, bei der so viel Flüssigkeit verdampft, dass dieser Dampf im Gemisch mit Luft entzündet werden kann. Diese Kennzahl ist also ein Maß für die Feuergefährlichkeit einer brennbaren Flüssigkeit: Je niedriger er liegt, desto leichter ist die Flüssigkeit entzündbar. Liegt er deutlich unter $60 \text{ }^\circ\text{C}$, ist bei normaler Raumtemperatur mit dem Vorhandensein einer explosionsfähigen Atmosphäre zu rechnen und bei wirksamer Zündquelle eine Entzündung jederzeit möglich.

Stoff	UEG (g/m ³)	Zündtemperatur (°C)	Flammpunkt (°C)	Glimmtemperatur (°C)
Isopropanol	50	425	12	Nicht zutreffend
Toluol	39	535	6	Nicht zutreffend
Druckbestäubungspuder (native Stärke)	60	500	Nicht zutreffend	410
Papierstaub (Tiefdruck)	100	410	Nicht zutreffend	340

Flammpunkte lassen sich durch Beimischen anderer Flüssigkeiten beeinflussen. So lässt sich z. B. durch Beimischen von Wasser zu Isopropanol der Flammpunkt des Gemisches deutlich erhöhen (bei 10 Masse-% Isopropanol in Wasser liegt der Flammpunkt der Mischung bei 39 °C).

Auch Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt oberhalb von 60 °C, die bei der Verarbeitung über ihren Flammpunkt erwärmt oder die versprüht werden, sind nicht unproblematisch und können ein Brand- bzw. Explosionsrisiko darstellen. Endgültige Klarheit schafft in solchen Fällen nur eine Risikoanalyse bzw. eine Gefährdungsbeurteilung, die sowohl stoffliche als auch verfahrenstechnische Aspekte berücksichtigen sollte.

Oft lassen sich brennbare Flüssigkeiten mit niedrigem Flammpunkt durch solche ersetzen, deren Flammpunkt bedeutend höher liegt.

– **Konzentrationsbegrenzung**

Die Zündfähigkeit eines Gemisches liegt innerhalb bestimmter Grenzen der Gemischkonzentration. Unterhalb der unteren Explosionsgrenze (UEG) ist das Gemisch zu mager, um gezündet werden zu können. Oberhalb der oberen Explosionsgrenze (OEG) spricht man vom fetten Bereich. Das Gemisch brennt zwar, explodiert aber nicht.

Durch Konzentrationsbegrenzung mit Hilfe technischer Lüftung auf einen sicheren Abstand zur unteren Explosionsgrenze lässt sich die Bildung explosionsfähiger Atmosphäre verhindern. Dies setzt eine richtig bemessene, ständig funktionsfähige und ausreichend wirksame Lüftung für alle Betriebszustände voraus. Einzelheiten zur Konzentrationsbegrenzung siehe z. B. EN 12753 „Thermische Reinigungssysteme für Abluft aus Anlagen zur Oberflächenbehandlung – Sicherheitsanforderungen“ und EN 1539 „Trockner und Öfen, in denen brennbare Stoffe freigesetzt werden – Sicherheitsanforderungen“.

• **Sekundärer Explosionsschutz**

Trotz der bevorzugten Anwendung des „Primären Explosionsschutzes“ verbleiben immer noch genügend Bereiche an Arbeitsmitteln (z. B. Tiefdruck- und Flexodruckwerke), in denen eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre auftreten kann. In diesen Bereichen müssen wirksame Zündquellen ausgeschlossen werden.

Als Zündquellen kommen im Druck und in der Papierverarbeitung hauptsächlich in Frage:

- heiße Oberflächen, z. B. heiß gelaufene Lager
- offene Flammen, z. B. beim Schweißen und Schneiden
- mechanisch erzeugte Funken
- elektrisch erzeugte Funken
- elektrostatische Entladungen

Sicherheitsgerechtes Konstruieren von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen

Für die Festlegung der notwendigen Schutzmaßnahmen, die die Entzündung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre verhindern, werden Bereiche nach der Wahrscheinlichkeit des Auftretens gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre in Zonen unterteilt.

Die Einteilung explosionsgefährdeter Bereiche in Zonen ist in der europäischen Norm EN 1127-1 „Explosionsschutz; Teil 1: Grundlagen und Methodik“ näher beschrieben. Die Zoneneinteilung ist aus sicherheitstechnischen und wirtschaftlichen Gründen von Bedeutung. Sie ist das Kernstück der Gefährdungsanalyse zum Explosionsschutz. Alle Schutzmaßnahmen zur Verhinderung der Zündung explosionsfähiger Atmosphäre basieren darauf. Eine falsche Zoneneinteilung führt entweder zu unnötigen Kosten oder zu nicht kalkulierbaren Risiken. Bei der Zonenfestlegung an Maschinen und Anlagen, in denen brennbare Stoffe verarbeitet werden, müssen hinsichtlich der

Gerätesicherheit sowohl der Normalbetrieb als auch Störungen berücksichtigt werden. Konkrete Beispiele für Maschinen der Druckindustrie und der Papierverarbeitenden Industrie enthält der Anhang A der EN 1010-1. In diesen aufgrund von Berechnungen, Messungen und Erfahrungen festgelegten Bereichen müssen entsprechend der Zoneneinteilung zusätzliche Maßnahmen getroffen sein, die eine Zündung der explosionsfähigen Atmosphäre verhindern.

In explosionsgefährdeten Bereichen (Zonen) dürfen grundsätzlich nur Geräte, Komponenten und Schutzsysteme gemäß der Richtlinie 2014/34/EU (ATEX) eingesetzt werden. Die drei Kategorien spiegeln die sicherheitstechnischen Anforderungen für die Verwendung in einer bestimmten Zone wider.

Zonen		
Gase, Nebel, Dämpfe	Stäube	Beschreibung
0	20	Bereiche, in denen eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre, die aus einem Gemisch von Luft und Gasen, Dämpfen oder Nebeln besteht, ständig, langfristig oder häufig (zeitlich überwiegend) vorhanden ist oder Bereiche, in denen eine gefährliche, explosionsfähige Atmosphäre, die aus einem Gemisch von Luft und brennbaren Stäuben besteht, ständig, langfristig oder häufig (zeitlich überwiegend) vorhanden ist.
1	21	Bereiche, in denen bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre, die aus einem Gemisch von Luft und Gasen, Dämpfen oder Nebeln besteht, gelegentlich vorhanden ist oder Bereiche, in denen bei Normalbetrieb eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre, die aus einem Gemisch von Luft und brennbaren Stäuben besteht, gelegentlich vorhanden ist.
2	22	Bereiche, in denen damit zu rechnen ist, dass eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre, die aus einem Gemisch von Luft und Gasen, Dämpfen oder Nebeln besteht, nur selten und dann nur kurzfristig auftritt oder Bereiche, in denen eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre, die aus einem Gemisch von Luft und brennbaren Stäuben besteht, die nur selten und dann nur kurzfristig auftritt.

ZUSAMMENHANG ZWISCHEN ZONEN UND GERÄTEKATEGORIE

Zonen	Gerätesicherheit muss gewährleistet sein ...	Sicherheitsmaß der Geräte	Geräte-kategorie	Verwendung in Zone
0	selbst bei seltenen Störungen	sehr hoch	1 G	0, 1 und 2
1	bei häufigen Gerätestörungen oder Fehlerzuständen, die üblicherweise zu erwarten sind	hoch	2 G	1 und 2
2	Im Normalbetrieb	normal	3 G	2

ZUSAMMENHANG ZWISCHEN ZONEN UND GERÄTEKATEGORIE

Zonen				
Stäube	Gerätesicherheit muss gewährleistet sein ...	Sicherheitsmaß der Geräte	Geräteklasse	Verwendung in Zone
20	selbst bei seltenen Störungen	sehr hoch	1 D	20, 21 und 22
21	bei häufigen Gerätestörungen oder Fehlerzuständen, die üblicherweise zu erwarten sind	hoch	2 D	21 und 22
22	Im Normalbetrieb	normal	3 D	22

ZUSAMMENHANG ZWISCHEN ZONEN UND ZÜNDQUELLEN

Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre vorhanden – Zoneneinteilung			
	ständig, langfristig oder häufig	gelegentlich	selten oder kurzzeitig
durch Gase, Nebel, Dämpfe	Zone 1	Zone 1	Zone 2
durch Stäube	Zone 20	Zone 21	Zone 22
Vermeidung von Zündquellen*			
durch Gase, Dämpfe, Nebel und Stäube	– bei störungsfreiem Betrieb (Normalbetrieb) – bei vorhersehbaren Störungen – bei seltenen Störungen	– bei störungsfreiem Betrieb (Normalbetrieb) – bei vorhersehbaren Störungen	– bei störungsfreiem Betrieb (Normalbetrieb)

* in den Zonen 20, 21 und 22 ist auch die Möglichkeit der Entzündung von abgelagertem Staub zu berücksichtigen.

Zündquellen

In der Technischen Regel für Gefahrstoffe TRGS 723 und der EN 1127-1 sind zahlreiche Schutzmaßnahmen für die verschiedenen Zündquellen festgelegt. Hier einige grundlegende konstruktive Maßnahmen:

a) Zündquellen durch mechanisch erzeugte Funken
 Maschinen und Anlagen bestehen aus mechanischen beziehungsweise elektromechanischen Komponenten, die durch ihre bewegten Teile die Entstehung von Funken begünstigen. Die Bildung von Funken muss konstruktiv vermieden werden. Welche konstruktiven Maßnahmen getroffen werden können, zeigen die nachfolgenden Beispiele:

- Auswahl und Anwendung funkenarmer Werkstoffe beim Bau von Maschinen und Anlagen.
- Verhinderung des Eindringens harter Fremdkörper in den Mechanismus dynamischer Systeme durch geeignete Schutzvorrichtungen.
- Ausreichende Schmierung von Lagern und Wellen.

- Massive und stabile Ausführung der Maschinengehäuse, um Deformationen durch äußere Kräfteinwirkung auszuschließen.

Beispielsweise müssen Ventilatoren zum Absaugen explosionsfähiger Atmosphäre sowie Kupplungen und Bremsen explosionsgeschützt ausgeführt sein; für die Gestaltung und die Materialauswahl explosionsgeschützter Ventilatoren ist die EN 14986 „Konstruktion von Ventilatoren für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen“ maßgebend.

b) Zündquellen durch erwärmte Oberflächen
 Erwärmte Oberflächen können wirksame Zündquellen sein. Diese sind zwingend zu vermeiden. Entscheidend ist, dass die mechanischen beziehungsweise elektromechanischen Komponenten einer Maschine so gestaltet werden, dass eine unzulässig hohe Erwärmung der Oberflächen sicher vermieden wird. Maßgebend für die maximal zulässige Oberflächentemperatur der Betriebsmittel sind die Temperaturklassen der vorkommenden brennbaren Gase und Dämpfe. Die folgende Tabelle zeigt an-

hand von Beispielen die Temperaturklassen brennbarer Gase und Dämpfe und die zulässige maximale Oberflächentemperaturen der elektrischen Betriebsmittel gemäß der Norm EN 60079-0.

Ausnahme: Bei heißen Oberflächen als mögliche Zündquelle ist ein Sicherheitsabstand zu berücksichtigen. Die Temperaturen aller Oberflächen, die mit explosionsfähiger Atmosphäre in Berührung kommen können, z. B. in Lösemitteldurchlaufrocknern, dürfen gemäß der Norm EN 1127-1 den Wert von 80% der Zündtemperatur eines brennbaren Gases oder einer brennbaren Flüssigkeit (Grenztemperatur) nicht überschreiten.

c) Zündquellen durch elektrisch erzeugte Funken

Bei elektrischen Betriebsmitteln können – selbst bei geringen Spannungen – elektrische Funken und heiße Oberflächen als Zündquellen auftreten. Die Maßnahme „Schutzkleinspannung“ ist keine Explosionsschutzmaßnahme, da auch durch kleinere Spannungen die Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre möglich ist.

d) Zündquellen durch elektrostatische Entladungen

Als Folge von Trennvorgängen, an denen mindestens ein aufladbarer Stoff beteiligt ist, können zündfähige Entladungen statischer Elektrizität auftreten.

- Keil- und Zahnriemen müssen leitfähig sein; die Betriebsanleitung muss für die Instandsetzung einen entsprechenden Hinweis enthalten.
- Schläuche und Rohre für Farben, Beschichtungs-, Imprägnier- oder Klebstoffe sowie Absaugschläuche und -rohre für Lösemitteldämpfe müssen elektrisch leitfähig und elektrostatisch geerdet sein. Absaugschläuche und -rohre für brennbare Stäube und sonstige brennbare Stoffe (Papier, Kunststoff usw.) müssen elektrisch leitfähig und elektrostatisch (Ableitwiderstand < 10⁶ Ohm) geerdet sein. Fußböden müssen 1 m über den explosionsgefährdeten Bereich der Zone 1 hinaus leitfähig sein, und, soweit technisch durchführbar, müssen zur Entladung des Bedruckstoffes Entelektrisatoren oder Ionisatoren eingesetzt werden.

• **Tertiärer Explosionsschutz**

Explosionsfeste Bauweise

Anlagenteile wie Behälter, Apparate und Rohrleitungen werden so gebaut, dass sie einer Explosion im Inneren standhalten, ohne aufzureißen (explosionsdruckfeste oder explosionsdruckstoßfeste Bauweise).

Explosionsdruckentlastung

Beim Entstehen oder nach einer gewissen Ausweitung einer Explosion in einer geschlossenen Apparatur oder einem geschlossenen Behälter, z. B. in einem Lösemitteltrockner, einem Silo oder einem Tank, wird nach Erreichen des Ansprechdruckes kurzfristig oder bleibend eine Entlastungseinrichtung in eine ungefährliche Richtung geöffnet. Die Entlastungseinrichtung soll bewirken, dass die Apparatur nicht über ihre Explosionsfestigkeit hinaus beansprucht wird. Als Entlastungseinrichtungen können z. B. Berstscheiben oder Explosionsklappen verwendet werden.

Explosionsunterdrückung

Explosionsunterdrückungseinrichtungen verhindern im Falle einer Explosion durch schnelles Einblasen von Löschmitteln in Behälter und Apparaturen das Erreichen des maximalen Explosionsdruckes. Im Gegensatz zur Explosionsdruckentlastung bleiben die Auswirkungen einer Explosion auf das Innere der Apparatur oder des Behälters beschränkt. Als Löschmittel werden vorzugsweise pulverförmige Löschmittel oder Wasser verwendet.

Temperaturklasse	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Zündtemperatur in °C	> 450	> 300	> 200	> 135	> 100	> 85
Maximale Oberflächen-temperatur in °C ¹⁾	450	300	200	135	100	85
Beispiele	Propan	Ethylen	Benzine	Diethylether		Schwefelkohlenwasserstoff
	Methan	Alkohole	Lösemittel			
	Ammoniak	Acetylen				

¹⁾ bei Betriebsmitteln mit Oberfläche < 10 cm² gemäß Norm auch höhere Temperatur zulässig

• **Verhindern der Explosionsübertragung (explosionstechnische Entkopplung)**

Um bei explosionsfähiger Atmosphäre durch Gase, Dämpfe und Nebel Flammendurchschläge, z. B. durch Rohrleitungen und nicht ständig mit Flüssigkeit gefüllte Füll- und Entleerungseinrichtungen zu verhindern, können flammendurchschlagsichere Einrichtungen wie Sintermetalle („Flammenfilter“) eingesetzt werden. Das Prinzip ist dabei die Flammenlöschung in engen Spalten und Kanälen. Bei brennbaren Stäuben ist aufgrund der Verstopfungsgefahr dieses Prinzip nicht zulässig. Zur Vermeidung der Ausbreitung von Staubexplosionen über verbindende Rohrleitungen sowie Flammenaustritt aus Anlagenteilen haben sich Löschmittelsperren, Schnellschlussklappen, Zellenradschleusen oder Entlastungsschlotte bewährt.

Zulassung von Betriebsmitteln

Entsprechend der Richtlinie 2014/34/EU müssen elektrische sowie nichtelektrische Betriebsmittel, welche ab 20.04.2016 neu in Verkehr gebracht wurden, die entsprechende Zulassung besitzen. Dazu muss bei elektrischen Betriebsmitteln der Kategorie 1 und 2 der Hersteller eine EG-Baumusterprüfbescheinigung nachweisen. Bei nichtelektrischen Betriebsmitteln gilt dies für die Kategorie 1 sowie für Verbrennungskraftmaschinen. Gegenüber dem Anwender dokumentiert der Hersteller die Zulassung bzw. Eignung der Betriebsmittel mittels einer Konformitätserklärung und Kennzeichnung der Betriebsmittel. Für vor dem 01.07.2003 in Verkehr gebrachte Betriebsmittel gilt ein Bestandsschutz, sofern diese zum Zeitpunkt ihrer erstmaligen Verwendung entsprechend zugelassen waren.

In der **Zone 0 bzw. Zone 20** dürfen nur besondere elektrische Betriebsmittel verwendet werden, für die aus der Baumusterprüfbescheinigung einer benannten Stelle (z. B. PTB Braunschweig, BAM Berlin, IBEExU Freiberg) hervorgeht, dass sie in der Zone 0 bzw. Zone 20 eingesetzt werden dürfen (Kennzeichnung mit II 1G bzw. II 1D).

In **Zone 1 bzw. Zone 21** sind nur elektrische Betriebsmittel zulässig, die in einer bzw. in Kombination von mehreren zulässigen Zündschutzarten explosionsgeschützt sind. Die Sicherheit dieser elektrischen Betriebsmittel muss ebenfalls von einer benannten Stelle (z. B. PTB Braunschweig, BAM Berlin, IBEExU Freiberg) geprüft sein (Baumusterprüfbescheinigung, Kennzeichnung mit II 2G bzw. II 2D).

Der elektrische Antriebsmotor für das Umpumpwerk an Vorratsbehältern für Farben, Beschichtungs-, Imprägnier- oder Klebstoffe kann z. B. in der Zündschutzart nach EN 60079-1 „Explosionsfähige Atmosphäre – Teil 1: Geräteschutz durch druckfeste Kapselung: ‘d’“ ausgeführt sein. Der elektrische Antriebsmotor der Viskositätsrege-

lung muss zum Begrenzungsflansch des Rührwerkes einen Abstand von mind. 50 mm aufweisen (EN 1010-1).

Für die **Zone 2 bzw. Zone 22** gelten erleichterte Bestimmungen. Hier dürfen auch solche Betriebsmittel verwendet werden, für die keine EG-Konformitätsbescheinigung einer benannten Stelle existiert. Explosionsgeschützte Betriebsmittel für den Einsatz in Zone 2 bzw. Zone 22 sind durch den Hersteller zu prüfen und zu kennzeichnen. Es können handelsübliche Betriebsmittel, die im Normalbetrieb keine Zündquelle (z. B. Funken, Lichtbogen oder Temperaturen, die oberhalb der Zündtemperaturen des brennbaren Stoffes liegen) darstellen, eingesetzt werden (Kennzeichnung mit II 3G bzw. II 3D).

Abzweigdosen, Kabel und Leitungen müssen in Abhängigkeit von ihrem Einbauort für die jeweilige Zone geeignet sein.

Zündschutzarten

Die nachfolgende Tabelle zeigt Zündschutzarten, welche bei der Maschinenkonstruktion beachtet werden sollten. Die Tabelle zeigt nur eine Auswahl und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

ZÜNDSCHUTZARTEN FÜR ELEKTRISCHE BETRIEBSMITTEL

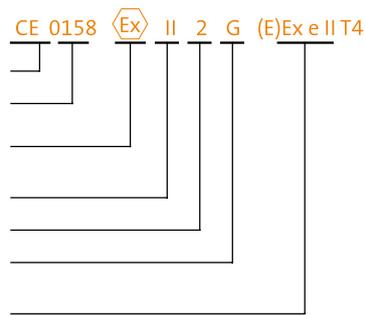
Allgemeine Anforderungen
Druckfeste Kapselung
Überdruckkapselung
Sandkapselung
Ölkapselung
Erhöhte Sicherheit
Eigensicherheit
Vergusskapselung
Spezielle Anforderungen an die Konstruktion, Prüfung und Kennzeichnung elektrischer Betriebsmittel der Gerätegruppe II, Kategorie 1G
Zündschutzart „n“ (Zone 2)
Staub-Ex: Schutz durch Gehäuse
Staub-Ex: Überdruckkapselung
Staub-Ex: Eigensicherheit
Staub-Ex: Vergusskapselung

ZÜNDSCHUTZARTEN FÜR NICHT-ELEKTRISCHE BETRIEBSMITTEL

Grundlegende Methodik und Anforderungen
Schutz durch schwadenhemmende Kapselung „fr“
Schutz durch druckfeste Kapselung „d“
Schutz durch konstruktive Sicherheit „c“
Schutz durch Zündquellenüberwachung „b“

KENnzeICHNUNG DES EXPLOSIONSSCHUTZES AN ELEKTRISCHEN BETRIEBSMITTELN

- CE-Konformitätskennzeichnung
- Kennnummer des NB* im Sinne des Moduls IV, V, VI, VII oder IX
- Ex-Schutz-Zeichen
- Gerätegruppe (I oder II)
- Kategorie (M1, M2, 1, 2 oder 3)
- G = Gas, D = Staub (nur Gruppe II)
- ggf. normenspezifische Kennzeichnung
- ▶ Name und Anschrift des Herstellers
- ▶ Herstellungsjahr



* NB = benannte Prüfstelle

2.1.10 Einrichtungen zum Schutz vor Emissionen

1 Lösemitteldämpfe, Stäube, Gase, Nebel

Verfahrenstechnisch bedingt entstehen in nahezu allen Prozessen im Druck und in der Papierverarbeitung Emissionen, u. a. von:

- Lösemitteldämpfen (z. B. Lösemittel aus Druckfarben, Reinigungsmitteln und sonstigen Hilfsmitteln)
- Nebeln (z. B. Farbnebel bei schnelllaufenden Walzen durch Spaltvorgänge)
- Gasen (z. B. Ozonentwicklung in UV-Trocknern) sowie
- Stäuben (z. B. aus Bedruckstofftrieb, Schneid- und Falzvorgängen, Bestäubungspuder etc.).

Da alle diese Emissionen grundsätzlich gesundheits-schädlich und/oder explosionsgefährlich sein können und im Allgemeinen in den Atembereich der Beschäftigten gelangen, müssen diese Gefährdungen nach Möglichkeit minimiert werden.

Maßnahmen, die die prinzipielle Entstehung von Gefahrstoffemissionen vermeiden, müssen dabei immer im Vordergrund stehen. Hierzu bieten sich eine Reihe von Möglichkeiten an, etwa durch Stoffsubstitution (z. B. Ersatz leichtflüchtiger Wasch- und Reinigungsmittel durch schwerflüchtige) sowie in der Konstruktion besonders emissionsarmer Maschinen.

Muss bei einem technischen Erzeugnis damit gerechnet werden, dass im Arbeitsprozess schädliche oder explosionsgefährliche Stäube, Gase, Dämpfe oder Nebel entstehen können, muss der Konstrukteur die notwendigen Einrichtungen zur Luftreinhaltung oder geeignete Anschlüsse an anwenderseitig vorhandenen Absauganlagen konzipieren. Die Anforderungen der EN ISO 14123-1 müssen hierbei eingehalten sein.

Lufttechnische Maßnahmen

Zu den lufttechnischen Maßnahmen zählen die Erfassung (Absaugung) entstehender Emissionen an der Entstehungs- oder Austrittsstelle, die Raumlüftung und die Abscheidung der Emissionen aus der Abluft.

Bei allen lufttechnischen Maßnahmen gilt, dass

- die Luftführung so gewählt sein muss, dass die Bewegungsrichtung der verunreinigten Luftströme unterstützt wird
- die Zuluft zur Unterstützung der Luftführung in geeigneter Weise zugeführt wird
- die verunreinigte Luft vom Atembereich der Beschäftigten weggeführt wird.



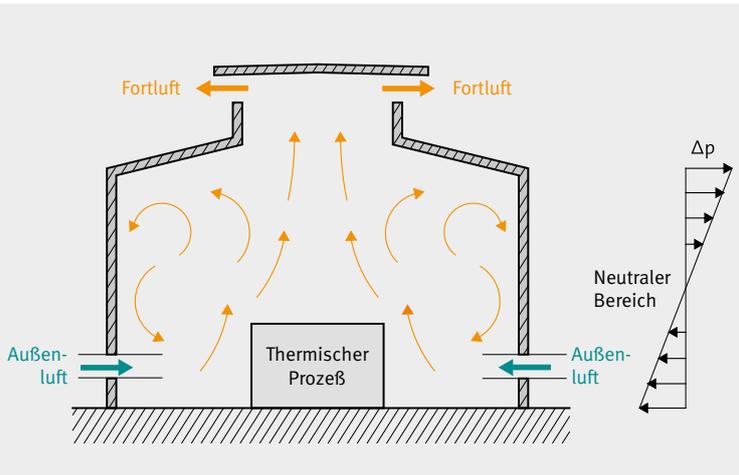
Trocknerabsaugung im Bogenoffsetdruck

Grundsätzlich unterscheidet man zwei Arten der Raumlüftung und zwar

- die freie (natürliche) Lüftung und
- die maschinelle (technische) Lüftung.

- direkten, möglichst vollständigen Erfassung der Gefahrstoffe an der Entstehungs- oder Austrittsstelle (Erfassungstechnik) und der
- Verdrängung bzw. Verdünnung der Gefahrstoffe in den Arbeitsbereichen durch Zufuhr gefahrstofffreier Luft (Raumlüftungstechnik).

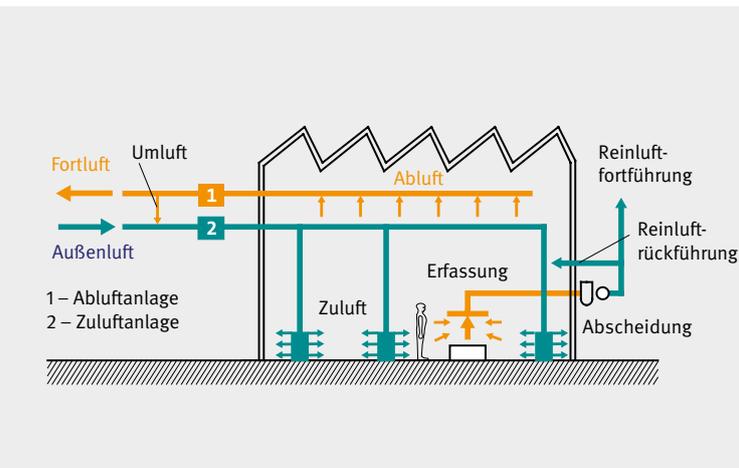
Eine generelle Raumlüftung (Raumlüftungstechnik) kann zur Verringerung der Schadstoffkonzentration am Arbeitsplatz beitragen. Um jedoch die Schadstoffkonzentration an der Entstehungs- oder Austrittsstelle abzusenken, sind eine gezielte Luftführung und größere Luftwechselraten als bei der freien Lüftung erforderlich, weil nicht nur die relativ stark schadstoffbelastete Luft des Arbeitsplatzes selbst, sondern auch die restliche Raumlüftung abgeführt werden muss. Um die Luftwechsellmenge klein und die Absaugwirkung möglichst groß zu halten, muss die schadstoffbelastete Luft direkt an der Entstehungs- und Austrittsstelle durch geeignete Einrichtungen erfasst und in ungefährlicher Weise abgesaugt werden.



Prinzip der freien Lüftung

Erfassungstechnik

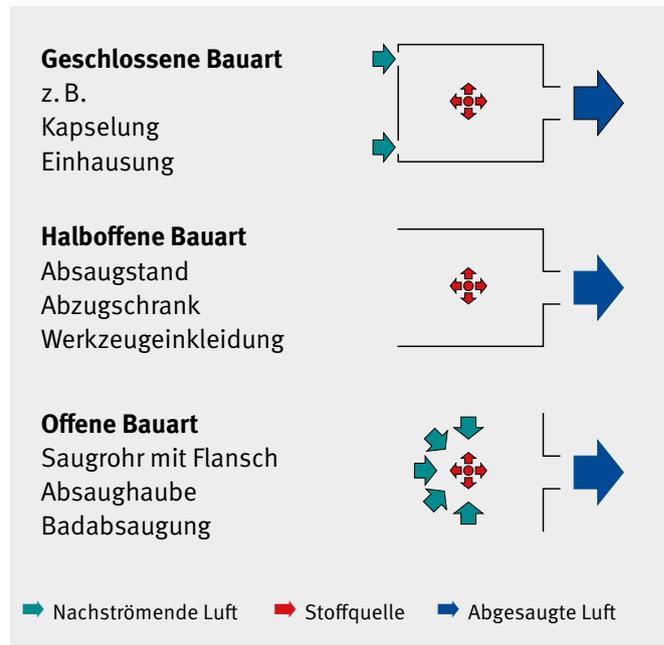
Für die Erfassung der Emissionen stehen mehrere Ansätze zur Verfügung, die sich in ihrer Wirksamkeit unterscheiden.



Prinzip der maschinellen Lüftung

Der Luftaustausch der freien Lüftung hängt im Wesentlichen von den Temperaturverhältnissen zwischen Innen- und Außenluft ab. Erfahrungsgemäß kann von einer stündlichen Luftwechselrate von 2 ausgegangen werden. Freie Lüftung als Lüftungstechnische Maßnahme ist nur einsetzbar, wenn z. B. die Gefahrstoffemissionen so gering sind, dass ein gesundheitliches Risiko auszuschließen ist.

Im Allgemeinen muss man jedoch der maschinellen Lüftung den Vorrang geben. Das Prinzip der maschinellen Lüftung besteht im Wesentlichen aus der



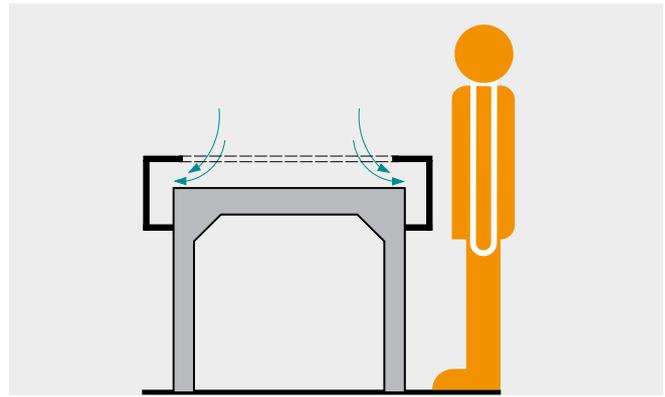
Bauarten von Erfassungselementen

Die Wahl der geeigneten Erfassungseinrichtung und ihrer Anordnung ist von entscheidender Bedeutung. Die beste Wirkung wird durch zwangsläufige Maßnahmen erzielt, wenn also z. B. die Entstehungsstelle der schädlichen Emission vollständig gekapselt wird. Wegen des Vorteils

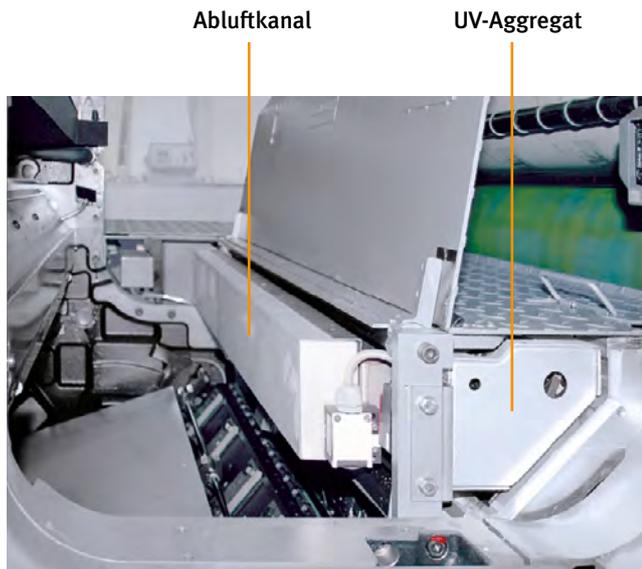
Sicherheitsgerechtes Konstruieren von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen

der vollständigen Erfassung der Schadstoffe kann die Absaugleistung relativ gering bleiben (Energieeinsparung). Wenn dies nicht möglich ist, müssen besondere Erfassungseinrichtungen konzipiert werden, die an der Entstehungsstelle der Emission wirksam sind (z. B. Ozonabsaugung im UV-Trockner).

Messergebnisse haben gezeigt, dass mit zunehmendem Abstand von der Erfassungseinrichtung die Luftgeschwindigkeit und damit das Erfassungsvermögen stark abneh-



Konstruktive Gestaltung von Erfassungseinrichtungen



Ozonabsaugung an einem UV-Zwischendecktrockner einer Bogenoffsetmaschine



Fest montierte Absaughaube für Stapeltrockner im Siebdruck

men. Demzufolge müssen Erfassungseinrichtungen so nahe wie möglich an die Emissionsquelle/Entstehungsstelle herangeführt werden.

An der Entstehungsstelle muss ein Unterdruck erzeugt werden. Dieser Unterdruck muss so groß sein, dass die Geschwindigkeit des angesaugten Luftstroms die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Schadstoffe übersteigt, damit diese möglichst vollständig erfasst werden. Wichtig für die Anordnung von Erfassungseinrichtungen ist ebenso die Kenntnis der physikalischen Eigenschaften der Schadstoffe. Schadstoffe, die schwerer bzw. leichter sind als die Umgebungsluft, müssen unter- bzw. oberhalb der Entstehungsstelle abgesaugt werden. In beiden Fällen ist jedoch vorrangig die Absaugung aus dem Atembereich des Beschäftigten zu beachten. Auch Schadstoffe, die schwerer sind als die Umgebungsluft, steigen aufgrund der vorhandenen Thermik zunächst auf. Grundsätzlich muss für jeden Anwendungsfall die günstigste Form gesucht und entsprechend konstruiert werden.

Rohrleitungen

Als Verbindungsglied zwischen Erfassungseinrichtung und Luftreinigungseinrichtung werden Rohrleitungen verwendet. Diese sind, je nach Einsatzbereich, unterschiedlichen Einwirkungen durch Gase, Dämpfe, Nebel oder Stäube (z. B. chemischer Angriff, Abrieb etc.) ausgesetzt. Daraus ergeben sich konstruktive Anforderungen, die grundsätzlich erfüllt sein müssen:

- dichte Ausführung für den jeweils herrschenden Über- oder Unterdruck
- möglichst glatte Innenflächen, um Ablagerungen zu vermeiden und einen geringen Strömungswiderstand zu gewährleisten
- leicht demontierbare Leitungen zur Reinigung und Inspektion
- ausreichende Beständigkeit gegen Korrosion und Abrasion
- strömungsgünstige Ausbildung der Formteile
- Erfüllung der Brand- und gegebenenfalls Explosionschutzanforderungen

Hinsichtlich der Dimensionierung der Leitungsquerschnitte sind einzelfallspezifische Anforderungen zu berücksichtigen; hierzu sollte ein Lüftungstechniker zu Rate gezogen werden.

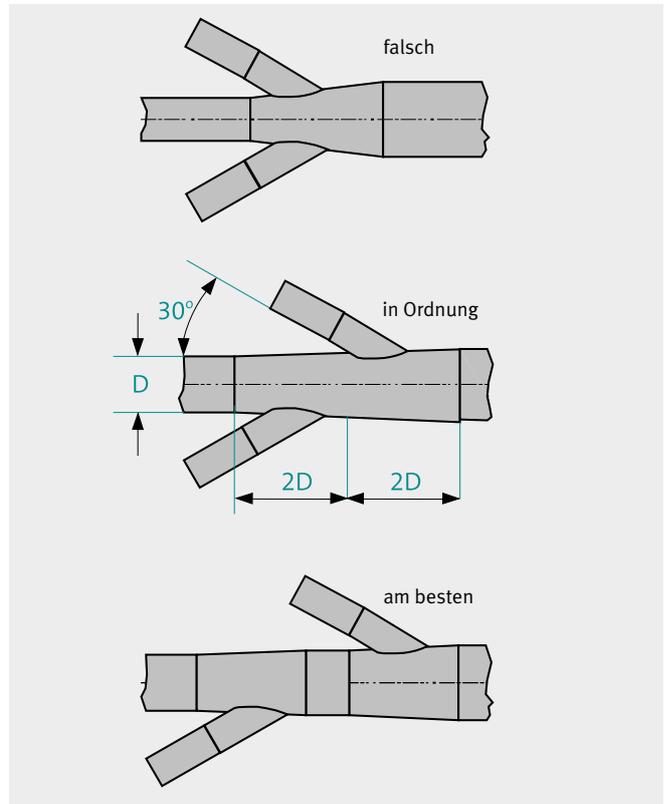
Desweiteren ist eine sorgfältige Werkstoffauswahl für einen störungsfreien Betrieb der Erfassungseinrichtung unerlässlich. Als Werkstoffe/Bauarten haben sich, je nach Anwendungsbereich, folgende bewährt:

- **Wickel- oder Spiralfalzhohre** (Blehdicken 0,6–1,2 mm, siehe EN 12237) sind aufgrund des geringen Fertigungs- und Montageaufwandes die meist verbreitete Rohrart; der Einsatz ist auf nicht abrasive Stäube und Drücke bis etwa 2.000 Pa begrenzt.



Wickel- bzw. Spiralfalzhohr

- **Rechteckige Luftkanäle** sollten nur für Reinluft verwendet werden, um Ablagerungen in den Kanten und Ecken zu vermeiden.



Gestaltung von Rohrabzweigungen

- **Geschweißte Rohre** (Blehdicken 1–4 mm, siehe 24153) werden bei höheren Anforderungen an Verschleißfestigkeit und Druckdichtigkeit eingesetzt und sind ggf. explosionsdruckfest ausgeführt.
- **Kunststoffrohre** aus schwer entflammarem Polyethylen oder Polypropylen (PEs bzw. PPs) sind beständig gegen Korrosion und werden deshalb vorzugsweise bei säurehaltiger Luft oder kondensierenden Dämpfen eingesetzt.
- **Flexible Rohre** aus Aluminium sind in der Länge stauch- und streckbar und lassen sich in engen Biegeradien verlegen. Sie werden deshalb gerne als Verbindungselement zwischen Geräten und festen Leitungen und bei engen Einbauverhältnissen eingesetzt. Aufgrund der Rippen sind diese Rohre ungeeignet für staub- oder fetthaltige Luft.
- **Kunststoffschläuche** werden meist aus Folie mit einer außen liegenden Federdrahtspirale hergestellt. Sie werden vor allem für den schwingungs isolierten Maschinenanschluss an feste Leitungen eingesetzt.

Explosionsgefahren vermeiden

Beim Absaugen brennbarer Gase, Dämpfe oder Stäube entstehen zwangsläufig Gemische mit Luft, die innerhalb eines bestimmten Konzentrationsbereichs generell explosionsfähig sind. Dieser Konzentrationsbereich wird nach unten durch die untere Explosionsgrenze (UEG) und nach oben durch die obere Explosionsgrenze (OEG) begrenzt. Ist eine gefahrdrohende Menge explosionsfähiger Atmosphäre vorhanden (bereits 10 l zusammenhängende Menge in geschlossenen Räumen gilt als gefahrdrohend), können nach einer Zündung (s. Kapitel 2.1.9 Explosionschutz) schwerwiegende Personenschäden und Sachschäden eintreten. Deshalb sind Einrichtungen zum Schutz vor Emissionen bereits so zu konstruieren, dass Explosionsgefahren sicher vermieden werden. Die grundlegenden konstruktiven Maßnahmen sind in Kapitel 2.1.9 näher beschrieben.

Prüfung

Die Wirksamkeit von lufttechnischen Anlagen muss regelmäßig geprüft werden. Vor der ersten Inbetriebnahme, nach wesentlichen Änderungen und regelmäßig, mindestens einmal jährlich, muss eine befähigte Person diese Prüfung durchführen. Die Ergebnisse sind schriftlich festzuhalten. Um eindeutige Aussagen zu treffen, gehört zu der Prüfung auch eine Funktionsmessung (z. B. Volumenstrom, Luftgeschwindigkeit).

Resümee

Lüftungstechnische Maßnahmen erfordern in der Regel eine auf den betrachteten Fall zugeschnittene Einzelösung. Hierbei sind z. B. zu berücksichtigen:

- Raumsituation
- Arbeitsplatzsituation (stationär, wechselnd)
- Art und Menge der entstehenden Gefahrstoffe
- Luftgeschwindigkeiten
- Volumenströme
- Zuluft
- Luftführung
- Querluftströmungen und Thermikströmungen
- Form der Erfassungseinrichtung
- Reinlufrückführung
- Filterung
- Wärmerückgewinnung

Wirksame Erfassungsmaßnahmen bedürfen daher einer umfangreichen fachlichen Beratung unter Berücksichtigung der Bedingungen vor Ort. Allgemeine Musterlösungen reichen meist nicht aus, um betriebliche Gegebenheiten ausreichend zu berücksichtigen und die erwarteten Wirkungen zu erzielen.

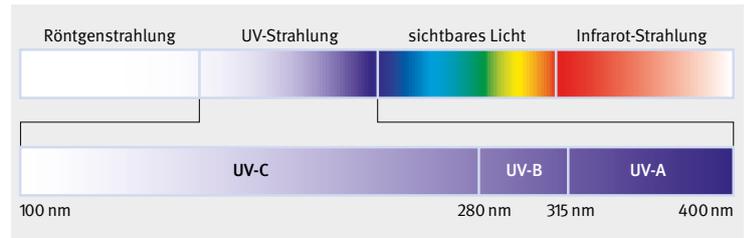
2 UV-Technologie

Typische Anwendungsgebiete sind z. B. die Härtung („Trocknung“) von Druckfarben und Lacken sowie Klebstoffen, die Silikonisierung und die Belichtung von Druckplatten.



Anwendungsbeispiele der UV-Technologie:
Bahndruck, Silikonisierung

Ultraviolette Strahlung (UV-Strahlung) ist ein kleiner Teilbereich des elektromagnetischen Spektrums. Sie schließt sich an den kurzwelligen Bereich des sichtbaren Lichts an und erstreckt sich bis zur ionisierenden Strahlung. Nach der Richtlinie 2006/25/EG wird die Strahlung im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 100 nm ultraviolette Strahlung genannt und in folgende Abschnitte unterteilt:

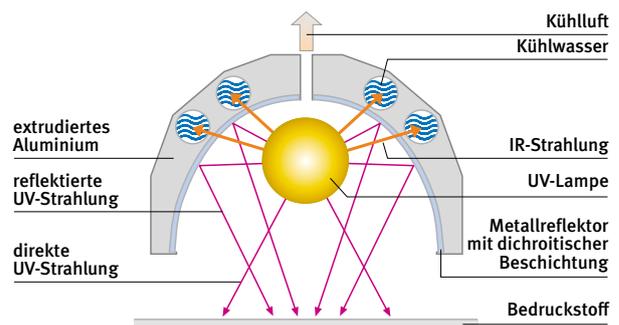


UV-Strahlung als Teil des elektromagnetischen Lichtspektrums

Die Gefährdungen, die bei der Anwendung der UV-Technologie auftreten können, sind teilweise die gleichen wie bei den vergleichbaren herkömmlichen Verfahren ohne UV-Strahlung. Es entstehen jedoch zusätzliche Gefährdungspotenziale und zwar solche, die von der UV-Strahlungsquelle ausgehen, z. B. dem Ozon, das durch die Reaktion der UV-Strahlen mit dem Sauerstoff der Umgebungsluft der UV-Lampe entstehen kann, und den UV-Strahlen selbst.

UV-Trocknungsanlagen

- **Quecksilbermitteldrucklampen-Technologie**
Ein gutes und leistungsstarkes UV-System muss mit zahlreichen aufeinander abgestimmten Komponenten ausgestattet sein, um eine effektive Härtung der UV-Farben und UV-Lacke erzielen zu können. Neben der elektrischen Ausrüstung für Lampe, Kühlung, Absaugung usw. sind dies:



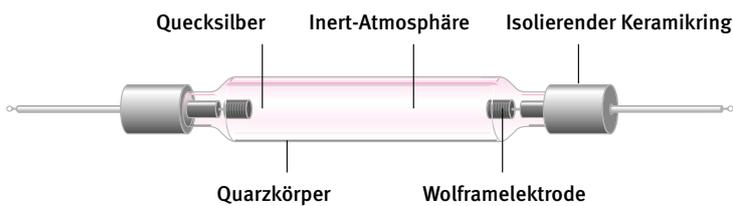
Schematischer Aufbau einer UV-Trocknungsanlage

• **Lampe**

Die Lampe wird auch als Brenner bezeichnet (im allg. „Quecksilberdampflampen“). Sie erzeugt die UV-Strahlung. UV-Lampen bestehen aus einer Quarzglasröhre, in deren Innerem sich Quecksilber befindet. Der Lampenkörper besteht aus hochwertigem Quarz und sorgt für eine hohe Durchlässigkeit des UV-Lichts. Dieser Quarzglaskörper muss einer Innentemperatur von bis zu 1.100 °C standhalten. An der Oberfläche werden Temperaturen von bis zu 900 °C erreicht.

• **Reflektor**

Dieser kann aus den unterschiedlichsten Materialien bestehen, ist zumeist elliptisch oder parabolisch geformt und hat die Aufgabe, die UV-Strahlen zu bündeln und auf den Bedruckstoff zu werfen (reflektieren). Dichroitische Reflektoren, auch Kaltlichtspiegel genannt, reflektieren lediglich das UV-Licht und transmittieren das Infrarotlicht auf ein wassergekühltes Absorberprofil.



Schematische Darstellung des Aufbaus einer UV-Quecksilberdampflampe

• **Kühlung**

Da ein großer Teil der aufgewendeten Energie der Lampe nicht in UV-Strahlung, sondern in sichtbares Licht und Infrarotstrahlung, also Wärme, umgewandelt wird, muss gekühlt werden.

• **Absaugung**

Die Absaugung ist notwendig für das im UV-Strahler entstehende Ozon sowie zum Abtransport der hohen Wärmelast.

• **Schutzeinrichtungen**

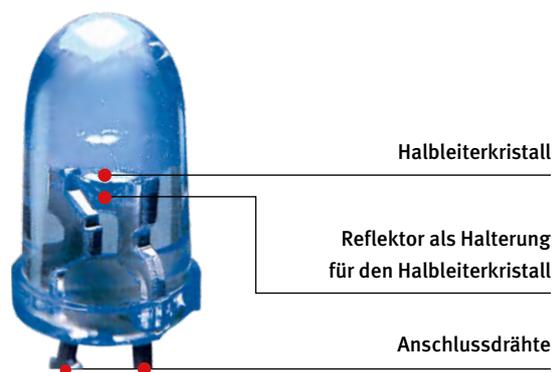
Durch sie wird erreicht, dass die Lampe bei einem Stopper sofort aus-, zurückgeschaltet oder geschwenkt wird, da sonst Entzündungsgefahr für den Bedruckstoff besteht.

Dotierte Quecksilberlampen (H-, HR-, LE- oder LEC-UV)

Diese Strahler unterscheiden sich von den herkömmlichen Quecksilbermitteldruckstrahlern durch eine spezielle Dotierung der Quecksilberlampen, zumeist mit Eisen. Für diese Strahlertypen werden bei den verschiedenen Druckmaschinenherstellern unterschiedliche Begrifflichkeiten verwendet: z. B. LE-UV (Low Energy, Heidelberg); HR-UV (Hochreaktive UV-Technologie, KBA); H-UV (Hyper-UV; Komori) und LEC-UV (Low Energy Curing, manroland).

Im Vergleich zu den konventionellen UV-Strahlern verschiebt sich durch die Dotierung das Lampenspektrum hin zu größeren Wellenlängen, in Richtung UV-A-Bereich. Daraus ergeben sich einige Besonderheiten für den Druckprozess. Da Ozon nur im kurzwelligeren Bereich der UV-Strahlung entsteht (unterhalb 240 nm), wird bei der Verwendung einer solchen Strahlungsquelle die Bildung von Ozon unterdrückt.

Derartige UV-Strahler können allerdings herkömmliche UV-Farben und Lacke nicht aushärten, es werden speziell angepasste hochreaktive Farb-/Lacksysteme mit darauf abgestimmten Photoinitiatoren benötigt. Durch die hohe Reaktivität der Farben und Lacke kann die Anzahl der Strahler in der Druckmaschine im Allgemeinen reduziert werden. In Kombination mit einem geringeren Aufwand für die Kühlung und Absaugung reduzieren sich die Anschaffungs- und Betriebskosten dieser Strahlertechnologie gegenüber dem UV-Druck mit herkömmlichen Quecksilberdampflampen.



Aufbau einer LED-Lichtquelle

LED-Technologie

Leuchtdioden oder LEDs (Light Emitting Diodes) basieren auf Halbleiterverbindungen, die nach Anlegen einer Spannung Strahlung emittieren. Die Wellenlänge der Strahlung (UV-Bereich, sichtbares Licht oder Infrarot-Strahlung) ist abhängig von der Bandlücke des verwendeten Halbleitermaterials und dessen Dotierung. Das Ausgangsmaterial für

UV-Strahlung emittierende LEDs besteht z.B. aus InGaN (Indiumgalliumnitrid). Dieses Halbleitermaterial besitzt eine Bandlücke, die bei Rekombination der Ladungsträger eine Strahlung im nahen UV-Bereich ausstrahlt.

Diese Strahlung besteht nur aus einem sehr schmalen Wellenlängenbereich, wie der Vergleich der Emissionsspektren einer Standard-UV-Lampe mit einer UV-LED zeigt. Die momentan gängigen UV-LEDs erzeugen Strahlung mit Wellenlängen zwischen 360 nm und 410 nm. Prinzipiell hat die Wellenlänge einen entscheidenden Einfluss auf die Effizienz. Je kürzer und damit energiereicher die Strahlung ist, desto geringer ist der Wirkungsgrad der LED und desto höher sind die Herstellungskosten. Im Gegensatz zur konventionellen UV-Trocknungsmethode benötigen LEDs keine Anlaufzeit, sie sind sofort betriebsbereit. Mit ihnen ist somit eine getaktete Arbeitsweise möglich, während mit der im Dauerbetrieb laufenden Quecksilberdampfampe bei Nichtgebrauch mit mechanischen Shuttern gearbeitet werden muss.

Durch die Emission in einem engen Wellenlängenbereich wird mit dieser Technologie keine IR-Strahlung freigesetzt. Dadurch resultiert eine geringere Wärmeentwicklung an der Trocknungsstelle, wodurch weniger hohe Ansprüche an die Kühlung und an den Bedruckstoff gestellt werden müssen. Dies bietet Vorteile beim Einsatz von temperaturempfindlichen Materialien, wie beispielsweise Folien. Jedoch kann auf eine Kühlung nicht völlig verzichtet werden, da steigende Temperaturen einen negativen Einfluss auf die Lebensdauer der Leuchtdioden haben und auch der Wirkungsgrad der LED abnimmt. Meist wird dabei eine Wasserkühlung eingesetzt, die durch kompakte Bauweise nur einen minimalen Platzaufwand benötigt.

Gegenüberstellung der Gefährdungen von Trocknern mit Quecksilberdampfampfen oder LEDs

- **Material**

Herkömmliche UV-Lampen enthalten im Inneren sehr giftiges Quecksilber. Derartige Lampen müssen nach dem Austausch fachgerecht entsorgt werden.

Die sehr viel kleineren Dioden enthalten zwar keine giftigen Substanzen, dürfen aber trotzdem nicht mit dem Hausmüll entsorgt werden. Durch die extrem lange Lebensdauer der LEDs (ca. 15.000 Stunden) ist ein Wechsel aber nur sehr selten nötig.

- **Strahlung**

Quecksilberdampfampfen emittieren sowohl UV-Strahlung als auch Strahlung im sichtbaren Bereich. Um sich vor der Strahlung zu schützen, müssen die Lampen vollständig und lichtdicht abgeschirmt werden. Undichte Stellen können wegen des sichtbaren Anteils der Strahlung mit dem bloßen Auge erkannt werden.

Die Strahlung der UV-LEDs ist für das menschliche Auge nicht sichtbar. Jedoch kann der direkte Blick in eine UV-LED-Strahlungsquelle trotzdem den Augen schaden. Daher darf hier (genauso wie bei der herkömmlichen UV-Strahlungsquelle) der Blickkontakt zur Diode nicht möglich sein. Die Strahlung muss vollständig und strahlungsdicht abgeschirmt sein, so dass keine Gesundheitsgefahr für die beschäftigten und vorbeigehenden Personen besteht. Das gilt auch für eventuell austretendes UV-Streulicht. Das Öffnen der Strahlen-Schutzeinrichtung muss ein sofortiges Abschalten der LEDs zur Folge haben.

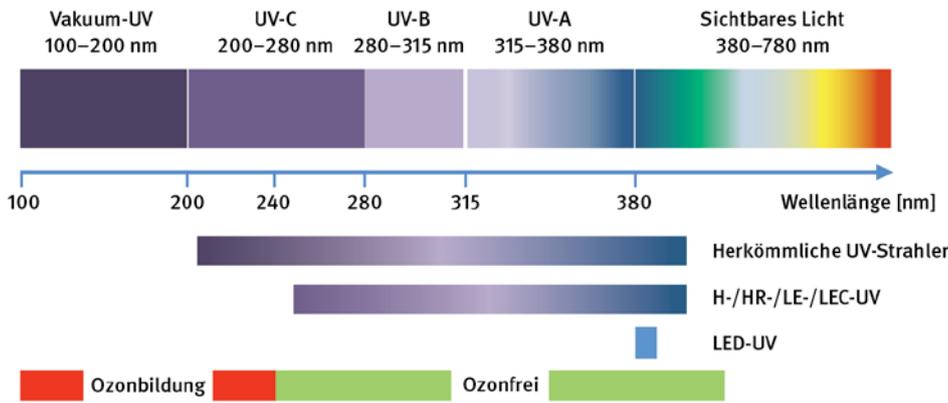
- **Absaugung**

Bei den meisten herkömmlichen UV-Lampen wird das Reizgas Ozon erzeugt. Diese Stelle muss mit stationären Luftabsaugungen ausgestattet sein, um den Austritt in den Arbeitsraum zu verhindern. Die Absaugung dient zum Abtransport entstehender Wärme und zum Entfernen flüchtiger gesundheitsschädlicher Stoffen.

Obwohl durch die Emission von Strahlung im nahen UV-Bereich bei der Trocknung mittels dotierten Quecksilberdampfampfen oder UV-LEDs kein Ozon gebildet wird, kann trotzdem eine Absaugung am Trockner erforderlich sein, da z. B. im Falle einer nicht vollständigen Aushärtung der Druckfarbe auch hier flüchtige gesundheitsgefährdende Moleküle entstehen können.

Farben und Lacke für dotierte Quecksilberstrahler und UV-LEDs

Die Fotoinitiatoren in UV-Farben und -Lacken müssen bei der Einstrahlung einer bestimmten Wellenlänge die Reaktion zur Aushärtung der Druckfarbe auslösen. Die konventionellen UV-Farben und -Lacke sind abgestimmt auf das Linien-Spektrum von UV-Mitteldrucklampen. Sie sind daher mit dem UV-LED-System nicht ausreichend aushärtbar. Insbesondere wegen des schmalen Wellenlängenbereichs der UV-LEDs müssen die Fotoinitiatoren an die Wellenlänge der LED-Strahlung angepasst werden. Die Schwierigkeit liegt jedoch darin, dass diese Wellenlänge in einem ähnlichen Bereich liegt wie die langwelligeren UV-Anteile des Tages- bzw. Kunstlichtes. Es müssen also neue Farbsysteme entwickelt werden, die im Wellenlängenbereich der UV-LEDs aushärten, ohne dabei durch das Tageslicht eine vorzeitige Polymerisation der Druckfarbe im Farbkasten zu bewirken.



Emissionsspektren von herkömmlichen Quecksilberstrahlern, eisendotierten Quecksilberstrahlern und LED-Strahlern

Die Entwicklung der UV-LED-Technologie bietet mittlerweile interessante Möglichkeiten beim Einsatz in den verschiedenen Druckverfahren. Es haben sich schon einige Druckbereiche herausgebildet, bei denen die Vorteile der LEDs genutzt werden können. Beispielsweise werden sowohl im Rahmen der großformatigen Inkjet-Drucker als auch im Offsetbereich zum Teil schon serienmäßig UV-LED-Trocknungseinheiten verwendet.

Schutzmaßnahmen vor Strahlung

Direkter Blickkontakt zum UV-Strahler muss unmöglich sein. Reflektierte Strahlung muss soweit abgeschirmt sein, dass keine Gesundheitsgefahren für die an der Anlage beschäftigten und vorbeigehenden Personen bestehen, d. h. die Bestrahlungsstärke der ultravioletten Strahlung darf sowohl im Bereich regelmäßiger Arbeitsplätze als auch an Stellen, die gelegentlich von Personen

eingenommen werden, die Grenzwerte der Kategorie 1 der EN 12198-1 nicht überschreiten. Mittels eines speziellen Messgerätes kann die Einhaltung der zulässigen Grenzwerte ($1,0 \times 10^{-3} \text{ W/m}^2$ für UV-A/B/C-Strahlung, Grenzwert für 8-Stunden-Schicht gemäß EN 12198-1 bzw. EN 1010-1) für die effektive Bestrahlungsstärke E_{eff} gemessen werden. Dies muss dokumentiert sein. Die Höhe der UV Strahlungsemission ist entscheidend von der Einbaulage des Trockners in der Druckmaschine abhängig. Eine Bewertung kann daher nur für eine entsprechende Kombination zwischen der Druckmaschine und dem UV-Trockner erfolgen.

Kategorie der Strahlenemission	E_{eff} [W/m ²] (180–400 nm)	Maßnahmen, Information, Ausbildung
0	$E_{\text{eff}} \leq 0,0001$	–
1	$0,0001 < E_{\text{eff}} \leq 0,001$	Mögliche Beschränkungen, Informationen
2	$E_{\text{eff}} > 0,001$	Beschränkungen, Informationen, evtl. Ausbildung

Wechselbeziehung der wirksamen UV-Bestrahlungsstärke und Kategorie der Strahlenemission



UV-Endtrockner- bzw. UV-Zwischentrocknermodul (herausziehbar)

Ozon

Ozon entsteht bei herkömmlichen UV-Trocknern, wenn die UV-Strahlen mit dem Sauerstoff der im Gehäuse des UV-Strahlers befindlichen Atmosphäre reagieren. Die Höhe der Ozonkonzentration ist abhängig vom verwendeten Strahlertyp, der Art der Luftführung in der Maschine sowie der Gestaltung des Abluftsystems, das üblicherweise betreiberseitig installiert wird. Das sich bildende Ozon darf nicht in gefahrbringender Konzentration in den Arbeitsraum entweichen und muss erforderlichenfalls an der Entstehungsstelle abgesaugt oder weggeführt werden. Die Absaugung für Ozon muss so beschaffen sein, dass ein Betreiben des Trockners nur bei laufender Absaugung möglich ist. Die Einhaltung des zulässigen Grenzwerts für Ozon (bis Januar 2006: 0,1 ppm gemäß TRGS 900) muss gemessen und dokumentiert sein.



Einfache Messung der Ozonkonzentration mit einem Prüfröhrchen

Schutzmaßnahmen beim Einsatz des Inertgases Stickstoff

Bisweilen wird die Strahlungshärtung unter Sauerstoffausschluss/-reduzierung („Inertisierung“) durchgeführt, so z. B. in der Beschichtungstechnik („Silikonisierung“). Der zur Inertisierung verwendete Stickstoff wird in der Regel in flüssiger Form (Temperatur -196 °C) bevorratet. Über einen Verdampfer wird der Stickstoff in einen gasförmigen Zustand überführt. Mittels Rohrleitungssystemen wird dann der gasförmige Stickstoff an die jeweiligen mit UV-Inertgas-Trocknung ausgerüsteten Trocknermodule verteilt. Um zu verhindern, dass flüssiger Stickstoff bis zur Druckmaschine vordringen kann, ist eine Temperaturüberwachung der Stickstoffzuführung unbedingt erforderlich. Beim Unterschreiten einer kritischen Grenztemperatur muss die Stickstoffzuführung zur Druckmaschine automatisch unterbrochen werden.

Stickstoff ist normaler Bestandteil der Atemluft und ungiftig. Durch erhöhte Stickstoffkonzentrationen kann jedoch eine Verdrängung des Luftsauerstoffs erfolgen, wobei Erstickungsgefahr entstehen kann. Durch Luftaustausch muss eine Aufkonzentration des Stickstoffs in der Atemluft vermieden werden. Rohr- und Schlauchleitungen sind gegen Beschädigungen geschützt zu verlegen. Es müssen regelmäßige Kontrollen der Zuleitungen erfolgen. Bei Leckagen besteht Erstickungsgefahr. Installation und Wartung der Anlage sind unbedingt durch autorisierte Fachfirmen durchzuführen.

Abschaltung

Die UV-Anlagen müssen so konzipiert sein, dass bei einer Betriebsstörung (z. B. Übertemperatur) keine ungehärteten Produkte anfallen. Nicht ausgehärtete Makulatur kann zu Problemen bei Hautkontakt führen. Bei einfachen Betriebsstörungen der UV-Anlage wird an Bogenoffsetmaschinen beispielsweise der Anleger abgestellt, und die in der Maschine befindlichen Produkte zu Ende gedruckt. Bei Rollendruckmaschinen wird der Druckvorgang sofort beendet. Der Papierlauf wird gestoppt, wenn die laufende Produktion das letzte Element der Trockneranlage verlassen hat.

Elektrische Ausrüstung und Steuerung

Die elektrische Ausrüstung muss den Anforderungen der EN 60204-1 entsprechen.



Einsatz des Inertgases Stickstoff in UV-Trocknungsanlagen

Zur Überprüfung der sicherheitsrelevanten Signale und deren steuerungstechnischer Verknüpfung müssen folgende Fragestellungen mittels Nachweis durch den Hersteller beantwortet werden:

- Führt das Betätigen des Not-Stopp-Tasters zur vollständigen Abschaltung des Trockners?
- Schaltet der Trockner erst dann auf Volllast, wenn an der Maschine die Druckanstellung erfolgt?
- Schaltet der Trockner nach dem Signal »Druck ab« unverzüglich auf Teillast?
- Ist ein Betrieb des Trockners nur bei laufender Absaugung möglich?

Diese sicherheitsrelevanten Funktionen müssen nach EN ISO 13849-1 steuerungstechnisch im Performance Level PL_r = d umgesetzt sein. Die Anlage muss im Notfall schnell und sicher abgeschaltet werden können.

Brandschutz

Es muss darauf geachtet werden, dass keine Entzündung von Material durch die Strahler erfolgen kann. Zur Vermeidung eines Brandes darf die volle Leistung des UV-Trockners nur bei laufender Maschine auf das Druckgut abgegeben werden. Der Anlagenhersteller muss genaue Angaben machen, welche Brandschutzmaßnahmen er vorschreibt, z. B. muss bei Abschaltung des Strahlers die Absaugung/ Lüftung einen ausreichenden Nachlauf zur Wärmeabfuhr haben.

Trennung von Wascheinrichtung und UV-Trockner

Ein besonderes Gefährdungspotenzial stellt der gleichzeitige Einsatz von UV-Trockner und Wascheinrichtungen für Gummituch- oder Druckzylinder in einer Maschine dar. Die in den Wascheinrichtungen verwendeten Lösemittel können unter der Wärmeeinwirkung des Trockners (800–950 °C Röhrentemperatur) zu einem explosionsfähigen Lösemittel-Luft-Gemisch verdampfen und gezündet werden. Eine Verschleppung von Waschmitteln aus automatischen Zylinder- oder Walzenwascheinrichtungen durch den Bedruckstoff muss daher verhindert sein.

An Rollendruckmaschinen wird in der Regel bei laufender Papierbahn gereinigt. Hier sind vor Inbetriebnahme Messungen zur Verifizierung der Konzentrationsbegrenzung im Trockner erforderlich (kleiner 25 % der UEG des verwendeten Waschmittels), um mögliche Explosionsgefahren zu verhindern (EN 1539 sowie EN 1010-2).

Bei Bogenoffsetmaschinen wurde in der Vergangenheit üblicherweise eine Verriegelung zwischen Wascheinrichtung und UV-Trockner eingebaut, damit der Waschvorgang erst dann in Gang gesetzt werden kann, wenn die Temperatur am Trockner gefahrlos gering ist. Neuerdings sind verschiedene Systeme auf dem Markt, bei denen der gefahrlose Betrieb des UV-Trockners im Standby-Modus

während des Waschprozesses messtechnisch nachgewiesen wurde. Solche Messungen setzen umfangreiche Kenntnisse und einen hohen messtechnischen Aufwand voraus.

Die Schlauchleitungen zur Förderung des Waschmittels zu den Waschbalken der Gummituch- und Druckzylinder-Wascheinrichtungen müssen so verlegt sein (in resistenten Ausführung, EN 1127-1), dass Leckagen an Schlauchleitungen oder Kupplungen nicht dazu führen können, dass Lösemittel unbeabsichtigt in heiße Bereiche des Durchlauftrockners eindringen kann. Eine sichere Methode besteht darin, alle Schlauchleitungen und Kupplungsstücke nur außerhalb der Druckmaschinenseitenwände zu verwenden oder durch dauerhafte Maßnahmen wie Trennbleche vom UV-Trockner abzuschotten. Vor allem bei Schlauchleitungen muss eine beschleunigte Alterung durch die Einwirkung von UV-Strahlung berücksichtigt werden.

Farb- und Lacknebel

Wenn Farb- und Lacknebel (Aerosole) in gesundheitsgefährdender Menge auftreten, müssen sie beseitigt werden, z. B. durch eine Absauganlage mit Filtereinheiten.



Farbnebelabsaugung am Druckwerk einer Bogenoffsetmaschine

Mechanische Sicherheit

Detailliert muss überprüft werden, dass keine Einzug-, Schnitt-, Stoß-, Fang-, Quetsch- oder Scherstellen, etwa durch die Schließbewegung des Shutters, an den Trocknern oder ihren Anlagenteilen bestehen. Bei der Blechverarbeitung muss auf eine exakte und saubere Qualität geachtet werden. Scharfe Ecken und Kanten können zu Verletzungen führen.

Ableitung hoher Berührungstemperaturen

UV-Trocknung ist trotz Wasser- und Luftkühlung der Strahler mit einer hohen Energieeinbringung in die Druckmaschine verbunden. Dementsprechend müssen die Strahlergehäuse gegen einen unbeabsichtigten Zugriff verkleidet sein. Nach mehrstündiger Laufzeit des UV-Trockners ist der von außen zugängliche Bereich um den Strahler herum auf überhöhte Oberflächentemperaturen zu überprüfen. Verbrennungsgefahren können durch verbesserte Wärmedämmung und Kühlung oder trennende Schutzeinrichtungen verhindert werden. Für die üblichen Materialien gilt eine maximal zulässige Berührungstemperatur von 60 °C (EN ISO 13732-1). Teile von UV-Trocknern, die nach dem Öffnen verriegelter Schutzeinrichtungen zugänglich sind und die die Temperaturgrenzwerte überschreiten, müssen mit einem entsprechenden Warnhinweis gekennzeichnet sein.

Lärm

In der Regel sind die UV-Trocknungsaggregate keine besonderen Lärmerzeuger. Die Geräuschemission resultiert in der Regel aus der Druckmaschine, in die der Trockner eingebaut ist. Die Lärmemission muss gemessen und dokumentiert sein.

Ergonomie

Müssen UV-Trockneranlagen oder Teile für Reinigungs- und Wartungsarbeiten ausgebaut werden, sind geeignete Handgriffe oder Griffmulden vorzusehen.

Zugänglichkeit

Wenn Aufstiege und Zugangspodeste für die Reinigung und Wartung erforderlich sind, müssen sie der EN 1010-1 entsprechen. Sämtliche Zugänge und Podeste müssen mit geeigneten Handgriffen ausgerüstet sein.

Verlegung der Zuleitungen zur Maschine

Auf der Antriebsseite der Maschine befinden sich in der Regel die Schaltschränke für Trockner, Erfassungseinrichtungen und Kühlaggregate. Zwischen diesen und der Druckmaschine werden eine Vielzahl von Elektroleitungen, Wasserleitungen (Kühlwasser) sowie Abluftkanälen (Ozon- und Wärmeabsaugung) verlegt. Diese Leitungen müssen richtig verlegt und stolperfrei abgedeckt werden.

Unterlagen

Für jede UV-Trocknungsanlage muss eine Betriebsanleitung in der jeweiligen Landessprache des Betreibers vorliegen.

3 Laser

Laser kommen in vielen Bereichen des Drucks und der Papierverarbeitung zum Einsatz, so z. B. als Laser-Belichter, als Laser-Drucker, zur Gravur der Rasterwalzen und Tiefdruckzylinder und als Laser-Schneidanlage.

Laser können je nach Bauart Strahlung in Wellenlängenbereichen von 100 nm bis 1 mm emittieren. Die Laser-

strahlung unterscheidet sich von den meisten anderen bekannten Strahlungsarten durch die Strahlenbündelung. Hierdurch können hohe Strahlungsintensitäten übertragen werden.

Die größte Gefährdung für den Menschen ergibt sich bei frei zugänglicher Laserstrahlung durch Erwärmung des bestrahlten Gewebes, die zu Verbrennungen führen kann. Darüber hinaus können durch entsprechende Bestrahlung chemische Reaktionen im Gewebe ausgelöst werden.

Durch sichtbares Laserlicht ist das menschliche Auge besonders gefährdet. Die speziellen optischen Eigenschaften des Auges führen dazu, dass das Licht, welches durch die Pupille tritt, punktförmig auf der Netzhaut abgebildet wird und damit im Vergleich zum Ausgangsstrahl zu einer etwa 100.000 Mal höheren Bestrahlung des stark pigmentierten Gewebes führt.

Als Folge kann eine teilweise Verbrennung der Netzhaut oder im Extremfall der vollkommene Verlust des Sehvermögens auftreten.

Dagegen kann die Haut wesentlich höhere Expositionen an Laserstrahlenergie ertragen als das menschliche Auge. Extreme Bestrahlungsstärken können jedoch auch hier zu Pigmentierung, Geschwürbildung und Verkohlung der Haut führen sowie darunter liegende Organe schädigen. Wesentliche Parameter zur Abschätzung der Gefährdung des Menschen sind die Wellenlänge, der Energieinhalt und die Impuls-Charakteristik des Laserstrahls. Abhängig von diesen Gefährdungsparametern können nach EN 60825-1 „Sicherheit von Lasereinrichtungen; Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien“ Lasereinrichtungen in die folgenden Klassen eingeteilt werden (Wellenlängenbereich 180 nm bis 1 mm):

Hinweis: Die Laserklasse 1C betrifft Geräte zur kosmetischen/therapeutischen Laserbehandlung der Haut und wird nicht betrachtet.

Klasse 1

Die zugängliche Laserstrahlung (GZS) ist unter vernünftigerweise vorhersehbaren Bedingungen ungefährlich.

Anmerkung

Die vernünftigerweise vorhersehbaren Bedingungen sind beim bestimmungsgemäßen Betrieb eingehalten.

Der Grenzwert der zugänglichen Strahlung (GZS) der EN 60825-1 im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 1.400 nm zur Klassifizierung eines Lasers ist zwischen 100 s und 30.000 s gleich. Deshalb sind bei Langzeitwirkungen Belästigungen nicht auszuschließen.

Klasse 1M

Die zugängliche Laserstrahlung liegt im Wellenlängenbereich von 302,5 nm bis 4.000 nm und ist für das Auge ungefährlich, solange der Querschnitt nicht durch optische Instrumente (Lupen, Linsen, Teleskope) verkleinert wird!

Anmerkung

Sofern keine optisch sammelnden Instrumente verwendet werden, die den Strahlungsquerschnitt verkleinern, besteht bei Lasereinrichtungen der Klasse 1M eine vergleichbare Gefährdung wie bei Lasereinrichtungen der Klasse 1.

Bei Einsatz optisch sammelnder Instrumente können vergleichbare Gefährdungen wie bei Klasse 3R oder 3B auftreten.

Klasse 2

Die zugängliche Laserstrahlung liegt im sichtbaren Spektralbereich (400 nm bis 700 nm). Sie ist bei kurzzeitiger Einwirkungsdauer (bis 0,25 s) auch für das Auge ungefährlich. Zusätzliche Strahlungsanteile außerhalb des Wellenlängenbereiches von 400–700 nm erfüllen die Bedingungen für Klasse 1.

Anmerkung

Bei Lasereinrichtungen der Klasse 2 ist das Auge bei zufälliger, kurzzeitiger Einwirkung der Laserstrahlung, d. h. bei Einwirkungsdauern bis 0,25 s nicht gefährdet. Lasereinrichtungen der Klasse 2 dürfen deshalb ohne weitere Schutzmaßnahmen eingesetzt werden, wenn sichergestellt ist, dass weder ein absichtliches Hineinschauen für die Anwendung über längere Zeit als 0,25 s, noch wiederholtes Hineinschauen in die Laserstrahlung bzw. spiegelnd reflektierte Laserstrahlung erforderlich ist.

Von dem Vorhandensein eines Lidschlussreflexes zum Schutz der Augen darf in der Regel nicht ausgegangen werden: Für kontinuierlich strahlende Laser der Klasse 2 beträgt der Grenzwert der zugänglichen Strahlung (GZS) $P_{\text{grenz}} = 1 \text{ mW}$ (bei $C_6 = 1$).

Klasse 2M

Die zugängliche Laserstrahlung liegt im sichtbaren Spektralbereich von 400 nm bis 700 nm. Sie ist bei kurzzeitiger Einwirkungsdauer (bis 0,25 s) für das Auge ungefährlich, solange der Querschnitt nicht durch optische Instrumente (Lupen, Linsen, Teleskope) verkleinert wird! Zusätzliche Strahlungsanteile außerhalb des Wellenlängenbereiches von 400–700 nm erfüllen die Bedingungen für Klasse 1M.

Anmerkung

Sofern keine optischen Instrumente verwendet werden, die den Strahlungsquerschnitt verkleinern, besteht bei Lasereinrichtungen der Klasse 2M eine vergleichbare Gefährdung wie bei Lasereinrichtungen der Klasse 2.

Bei Einsatz optisch sammelnder Instrumente können vergleichbare Gefährdungen wie bei Klasse 3R oder 3B auftreten.

Klasse 3A

Die zugängliche Laserstrahlung wird für das Auge gefährlich, wenn der Strahlungsquerschnitt durch optische Instrumente verkleinert wird. Sie ist für das Auge ungefährlich, solange der Querschnitt nicht durch optische Instrumente (Lupen, Linsen, Teleskope) verkleinert wird!

Ist dies nicht der Fall, ist die ausgesandte Laserstrahlung im sichtbaren Spektralbereich (400 nm bis 700 nm) bei kurzzeitiger Einwirkungsdauer (bis 0,25 s), in den anderen Spektralbereichen auch bei Langzeitbestrahlung, ungefährlich.

Anmerkung

Bei Lasereinrichtungen der Klasse 3A handelt es sich um Laser, die nach der alten Norm klassifiziert worden sind.

Sofern keine optischen Instrumente verwendet werden, die den Strahlungsquerschnitt verkleinern, besteht bei Lasereinrichtungen der Klasse 3A, die nur im sichtbaren Spektralbereich emittieren, eine vergleichbare Gefährdung wie bei Lasereinrichtungen der Klasse 2. Bei Lasereinrichtungen der Klasse 3A, die nur im nicht-sichtbaren Spektralbereich emittieren, besteht eine vergleichbare Gefährdung wie bei Lasereinrichtungen der Klasse 1.

Klasse 3R

Die zugängliche Laserbestrahlung liegt im Wellenlängenbereich von 302,5 nm bis 10^6 nm und ist gefährlich für das Auge. Die Leistung bzw. die Energie beträgt maximal das Fünffache des Grenzwertes der zulässigen Strahlung der Klasse 2 im Wellenlängenbereich von 400 nm bis 700 nm.

Anmerkung

Lasereinrichtungen der Klasse 3R sind für das Auge potenziell gefährlich wie Lasereinrichtungen der Klasse 3B. Das Risiko eines Augenschadens wird dadurch verringert, dass der Grenzwert der zugänglichen Strahlung (GZS) im sichtbaren Wellenlängenbereich auf das Fünffache des Grenzwertes der zugänglichen Strahlung für Klasse 2, in den übrigen Wellenlängenbereichen auf das Fünffache des Grenzwertes der zugänglichen Strahlung für Klasse 1, begrenzt ist.

Klasse 3B

Die zugängliche Laserstrahlung ist gefährlich für das Auge, häufig auch für die Haut.

Das direkte Blicken in den Strahl bei Lasern der Klasse 3B ist gefährlich. Ein Strahlbündel kann sicher über einen diffusen Reflektor betrachtet werden, wenn folgende Bedingungen gleichzeitig gelten:

- der minimale Beobachtungsabstand zwischen Schirm und Hornhaut des Auges ist 13 cm
- die maximale Beobachtungsdauer 10 s
- es treten keine gerichteten Strahlanteile auf, die ins Auge treten können

Ein Strahlenbündel kann nur dann über einen Diffusor betrachtet werden, wenn keine auf das Auge gerichteten Strahlanteile auftreten.

Eine Gefährdung der Haut durch die zugängliche Laserstrahlung besteht bei Lasereinrichtungen der Klasse 3B, wenn die Werte der maximal zulässigen Bestrahlung (MZB) überschritten werden.

Klasse 4

Die zugängliche Laserstrahlung ist sehr gefährlich für das Auge und gefährlich für die Haut. Auch diffus gestreute Strahlung kann gefährlich sein. Die Laserstrahlung kann Brand- und Explosionsgefahr verursachen.

Anmerkung

Lasereinrichtungen der Klasse 4 sind Hochleistungslaser, deren Ausgangsleistungen bzw. -energien die Grenzwerte der zugänglichen Strahlung (GZS) für Klasse 3B übertreffen.

Die Laserstrahlung von Lasereinrichtungen der Klasse 4 ist so intensiv, dass bei jeglicher Art von Exposition der Augen oder der Haut mit Schädigungen zu rechnen ist.

Außerdem muss bei der Anwendung von Lasereinrichtungen der Klasse 4 immer geprüft werden, ob ausreichende Maßnahmen gegen Brand- und Explosionsgefahren getroffen sind.

Das Gefährdungspotenzial der Lasereinrichtungen erfordert zahlreiche Sicherheitsmaßnahmen, die im Einzelnen in der Norm EN 60825-1 festgelegt sind. Folgende Bestimmungen sind besonders zu beachten:

- Kennzeichnung des Laserstrahlbereiches (ab Klasse 2)
- Schutzeinrichtungen und persönliche Schutzausrüstung

Weitere Gefahren, die mit dem Betrieb von Lasern verbunden sein können, sind z. B. Brand- und Explosionsgefahren, Luftverschmutzung durch verdampfendes Material, Gefahren durch UV- und IR-Begleitstrahlung sowie Gefahren infolge hoher elektrischer Spannungen (teilweise über 1 kV) und der in den Kondensatorbänken gespeicherten Energie.

SICHERHEITSMASSNAHMEN BEIM EINSATZ VON LASERSTRAHLEN

Anforderungen/Abschnitt	Klassifizierung				
	Klasse 1/1M	Klasse 2/2M	Klasse 3R	Klasse 3B	Klasse 4
Beschreibung der Gefahrenklasse	Sicher unter vernünftigerweise vorhersehbaren Bedingungen	Niedrige Leistung; Augenschutz normalerweise durch Lidschlussreflex gewährleistet	Wie Klasse 2; direktes Blicken in den Strahl mit optischem Gerät kann gefährlich sein	Direktes Blicken in den Strahl kann gefährlich sein	Hohe Leistung; diffuse Reflexion kann gefährlich sein
Schutzgehäuse	In allen Klassen notwendig; Zugang begrenzt bis auf den für die Erfüllung der Funktion der Einrichtung erforderlichen Zugang				
Sicherheitsverriegelung im Schutzgehäuse	Verhindert das Entfernen der Abdeckung, solange die Werte der zugänglichen Strahlung nicht niedriger liegen als die Strahlungsgrenzwerte (GZS) für die zugeordnete Klasse				
Fernbedienung	Nicht notwendig			Erlaubt einfache Ergänzung der Anlage durch externe Sicherheitsverriegelung	
Schlüsselschalter	Nicht notwendig			Laser kann nicht betrieben werden, wenn der Schlüssel abgezogen ist	
Strahlwarnung	Nicht notwendig			Erzeugt Warnzeichen, optisch oder akustisch, wenn Laser eingeschaltet ist oder wenn Kondensatorbänke gepulster Laser geladen sind	
Abschwächer	Nicht notwendig			Ein Mittel neben Ein-/Aus-Schalter, um den Strahl zeitweise zu unterbrechen	
Lage der Steuerorgane	Nicht notwendig		Steuerorgane sind so einzuordnen, dass Justiervorgänge ohne Zugang zu Strahlung über den Strahlungsgrenzwerten von Klasse 1 oder Klasse 2 möglich sind		
Beobachtungsoptik	Emissionswerte an Einblicköffnungen müssen unter den GZS-Werten der Klasse 1 liegen, wenn anwendbar				
Richtungsveränderliche Strahlung	Versagen des Ablenkmechanismus darf nicht zur Erhöhung der Klasse führen				
Kennzeichnung der Klasse	Gefahrensymbol und geforderter Text		Gefahrensymbol einschließlich festgelegtem Wortlaut		
Kennzeichnung der Strahlaustrittsöffnung	Nicht notwendig		Entsprechend dem festgelegten Wortlaut		
Kennzeichnung der Serviceöffnung	Entsprechend der Klasse der zugänglichen Strahlung notwendig				
Kennzeichnung der Überbrückung der Sicherheitsverriegelung	Unter bestimmten Bedingungen entsprechend der Klasse des verwendeten Lasers notwendig				
Benutzerinformation	Bedienungshandbücher müssen Anweisungen für den sicheren Betrieb enthalten				
Verkaufs- und Serviceinformation	Werbebrochüren müssen Warnschilder entsprechend der Klasse wiedergeben; Handbücher müssen Sicherheitsinformationen enthalten				
Medizinische Geräte (siehe auch IEC 601-2-22)	Besondere Kalibrierungsanweisungen erforderlich Besondere Kalibrierungsanweisungen und Messgeräte sowie Strahlauftreffanzeige erforderlich.				

Anmerkung: Diese Tabelle bietet eine leicht überschaubare Zusammenfassung der Anforderungen. Bezüglich der vollständigen Anforderungen siehe Text der EN 60825-1.

4 Lärm

Lärm kann zu Gehörschäden und anderen Krankheitserrscheinungen führen. Lärm kann generell die Gesundheit gefährden und die Arbeit in allen Bereichen des Arbeitslebens (Fertigung, Dienstleistung, Büro etc.) erschweren, z. B. durch:

- ein erhöhtes Unfallrisiko infolge des Überhörens von Signalen und Warnrufen oder infolge von Fehlverhalten durch Ermüdung,
- verminderte Arbeitsleistung, insbesondere bei Tätigkeiten mit hohen geistigen Anforderungen,
- kombinierte Belastung, zusammen mit Ganzkörperschwingungen, Hitze, Kälte, Zugluft, Gefahrstoffen oder bei Zeitdruck und komplexen Arbeitstätigkeiten.

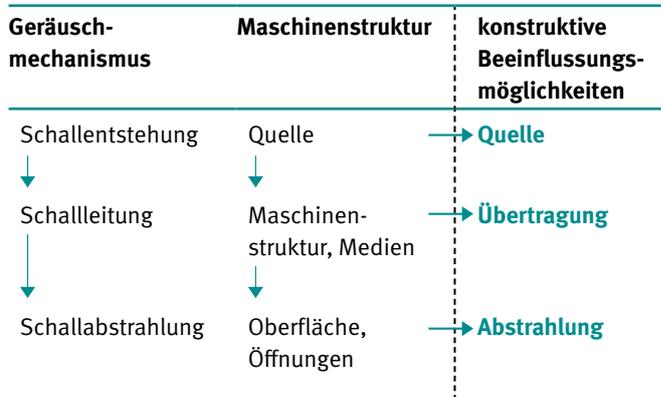
Im Februar 2006 wurde die Lärmrichtlinie 2003/10/EG „...über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Lärm)“ erlassen. Aufgrund der darin erfolgten gesetzlichen Verschärfung gewinnt die Lärmreduzierung von Maschinen immer mehr an Bedeutung.

An erster Stelle der Lärmschutzmaßnahmen in der neuen Lärm-Richtlinie steht die Emissionsminderung durch die Auswahl von Arbeitsmitteln, die möglichst wenig Lärm verursachen. Besonders effektiv sind in diesem Zusammenhang Maßnahmen zur Lärmreduzierung an der Quelle. Diese sind wirksamer als ergänzende Schutzmaßnahmen, z. B. die Kapselung der Maschine. Denn diese können Nachteile beinhalten, z. B. verringerte Wahrnehmung nützlicher Informationen durch das Bedienungspersonal, unerwünschte Erhitzung, Verkleinerung der Öffnungen für Werkstückzuführung und -entnahme.

Methodisches Vorgehen

Das Ziel, eine möglichst lärmarme Maschine zu entwickeln, ist in der Regel nur durch methodisches Vorgehen erreichbar. Grundlegende Gestaltungsregeln basieren auf der europäischen Norm EN 11688-1 „Akustik-Richtlinien für die Gestaltung lärmarmen Maschinen und Geräte – Teil 1: Planung“. Weiterhin sollen einige konstruktive Beispiele in diesem Kapitel eine erste Orientierungshilfe geben.

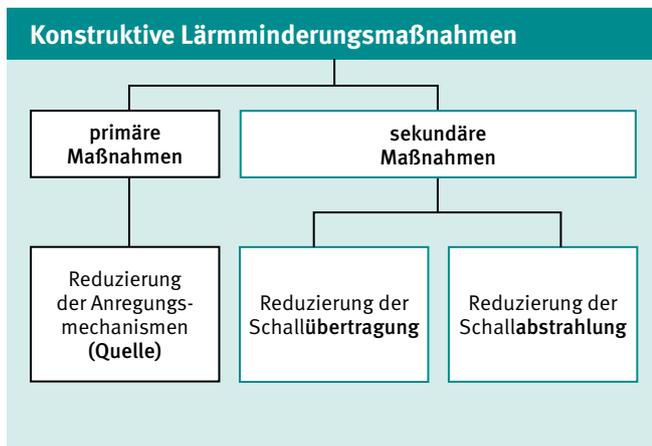
Für eine systematische Vorgehensweise muss sich der Konstrukteur zunächst über die Geräuschmechanismen und deren Beeinflussungsmöglichkeiten in Kenntnis setzen.



Schallleitungskette in Anlehnung an EN 11688

Der Geräuschmechanismus setzt sich zusammen aus: Schallentstehung, -leitung und -abstrahlung. Diese drei Mechanismen bilden die so genannte „Schallleitungskette“. Jedes Glied dieser Kette kann mehr oder weniger beeinflusst werden. In Bezug auf eine reale Maschinenstruktur kann, aufgrund von Wechselkräften innerhalb der Bauteile der Maschine, parallel zur Schallentstehung die Schallquelle gesehen werden. Die Schallleitung erfolgt dann über die Maschinenstruktur und die Medien (z. B. Flüssigkeit), so dass letztlich die Schallenergie über die Bauteiloberflächen bzw. Öffnungen als Luftschall abgestrahlt wird.

Hieraus ergeben sich die prinzipiellen Beeinflussungsmöglichkeiten an der Quelle, Übertragung und Abstrahlung zur Konstruktion lärmarmen Produkte. Diese sind nach dem bewährten Muster in primäre und sekundäre Maßnahmen untergliedert:



Gliederung in primäre und sekundäre Maßnahmen

Wo nicht durch konstruktive Gestaltung bereits an der Schallquelle ausreichend niedrige Pegel realisiert werden können, müssen diese durch sekundäre Lärminderungsmaßnahmen sichergestellt werden. Hier kommt insbesondere die Lärminderung auf den Übertragungswegen, z. B.

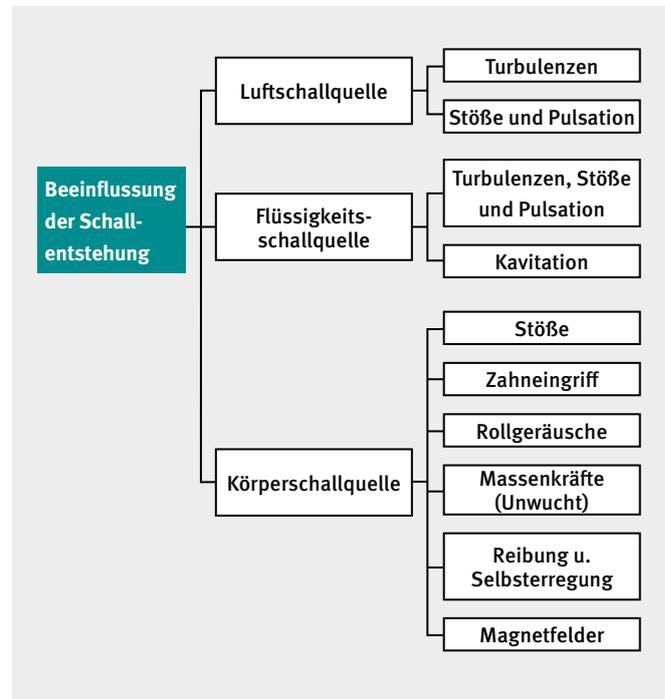
- durch Kapselung und Körperschallisolierung der Schallquellen oder
- Abschirmwände und Schalldämpfer sowie die Lärminderung am Empfangsort, z. B. durch schallgedämmte Leitstände

in Frage.

Bei der Untersuchung der Maschine hinsichtlich des Geräuschverhaltens empfiehlt sich die folgende Vorgehensweise:

- 1 Unterteilung der Maschine in Geräusch erzeugende (aktive) und Geräusch übertragende (passive) Komponenten
- 2 Ermittlung von Luft-, Flüssigkeits- und Körperschallquellen
- 3 Verfolgung von Luft-, Flüssigkeits- und Körperschallübertragungswegen
- 4 Bestimmung der Abstrahlflächen der Maschine
- 5 Feststellung der stärksten Anteile an der Geräusch-erzeugung (Quelle, Übertragungswege, abstrahlende Flächen)

Anschließend lassen sich entsprechend den nachfolgenden Konstruktionsregeln der EN 11688 die Beeinflussungsmöglichkeiten festlegen.



Konstruktionsregeln zur Beeinflussung der Schallentstehung

Beeinflussung der Schallentstehung

• Beeinflussung der Luftschallquellen

Die Lärmentstehung durch Luftschallquellen kann z. B. vermindert werden durch

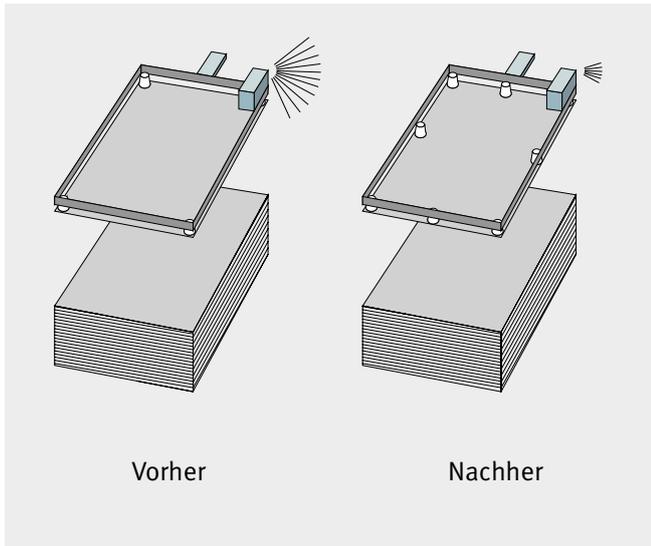
- Verminderung des Arbeitsdrucks,
- Minimierung der Strömungsgeschwindigkeit (z. B. Entlüftungsschalldämpfer),
- Optimierung von Freistrahlauslässen mit dem Ziel, die Geschwindigkeitsänderungen im Freistrahlschnitt zu minimieren (z. B. Blasluft über Vierröhrendüse),
- Minimierung der Umfangsgeschwindigkeit von Rotoren.

Beispiel: Papierförderanlage

Die Papierbögen werden mittels Saugnäpfen erfasst und transportiert, indem ein Unterdruck in den Saugnäpfen erzeugt wird. Bei Erreichen der Ablageposition wird der Unterdruck abgebaut, so dass der Papierbogen herabfallen kann. Dabei entsteht an der Ansaug- bzw. Ausblasdüse das Strömungsgeräusch.

Notwendige Maßnahmen:

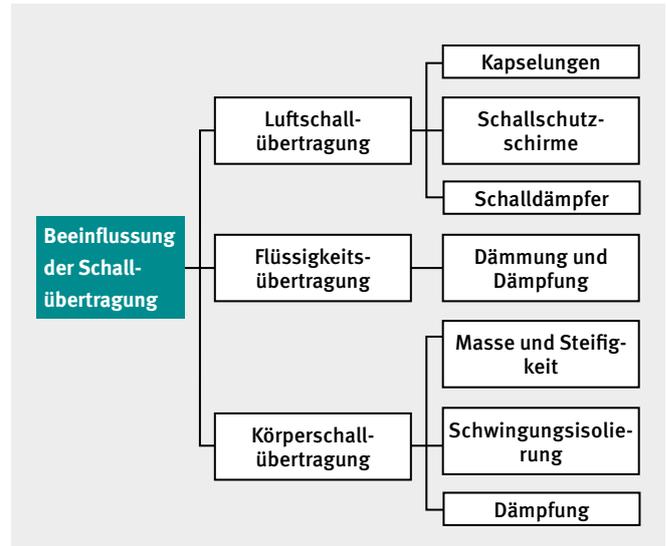
- Reduzierung des Unterdrucks z. B. um 0,5 bar; damit wird der Schallpegel deutlich vermindert.
- Verdopplung der Anzahl der Saugnäpfe, um die für den sicheren Papiertransport geforderte gesamte Ansaugkraft sicherzustellen.



Papierförderanlage vor und nach der Lärmreduzierung

Beeinflussung der Schallübertragung

Die Kapselung der kompletten Maschine oder von Teilaggregaten durch vollständig geschlossene Gehäuse ist eine häufig angewendete sekundäre Lärmreduzierungsmaßnahme. Allerdings ist sie meist sehr kostenintensiv.



Konstruktionsregeln zur Beeinflussung der Schallübertragung

Beeinflussung der Körperschallquellen

Die Lärmmentstehung durch Körperschallquellen kommt quasi auf indirektem Weg zustande. Meist wird eine Maschinenstruktur durch wechselnde Betriebskräfte zu Schwingungen angeregt, diese werden von dort weitergeleitet und an akustischen Schwachstellen, z. B. geeignete Oberflächen, als Luftschall abgestrahlt. Körperschallquellen können u. a. beeinflusst werden durch:

- Verringerung von Zahnradgeräuschen, z. B. durch
 - Verzögerung des Kraftanstiegs an der Einstiegsstelle durch Schrägverzahnung statt Geradverzahnung,
 - Einsatz von Kunststoffzahnradern (bei geringen Belastungen).
- Verminderung von Rollgeräuschen, z. B. durch
 - Verwendung von Gleitlagern (statt Wälzlagern),
 - Verbesserung der Nachstellbarkeit von Lagern,
 - Verwendung von Kunststoffrollen in Rollenbahnen anstelle von Metallrollen.
- enge Fertigungstoleranzen
- hohe Oberflächengüte bei Kraftübertragungen
- Beseitigung von Unwuchten rotierender Teile
- Einsatz von Zahnriemen statt Ketten oder Radgetrieben

Ein sinnvoller Einsatz ergibt sich daher insbesondere dann,

- wenn eine Haube bereits aus sicherheitstechnischen Überlegungen existiert, die sich dann in eine Schallschutzkapselung umwandeln lässt oder
- wenn der Lärmrichtwert auch bei Durchführung primärer Lärmreduzierungsmaßnahmen nicht eingehalten werden kann.

Konstruktionsregeln für Schallschutzkapseln

Bei der Ausführung von Schallschutzkapseln müssen unbedingt folgende Grundsätze beachtet werden:

- Schalltechnische Dichte Ausführung der Konstruktion (Dichtungen bei Türen und Klappen); auch kleine Spalte oder Löcher (z. B. Schlitze, Fugen) sind von Bedeutung und müssen abgedichtet werden.
- Verwendung von **festen Blechen (schalldämmendem Material)** für die äußere Hülle der Schallschutzkapsel.
- Auskleidung der Kapselinnenwände mit **schallabsorbierendem Material** (unbrennbar, widerstandsfähig, nicht fasernd, reinigbar).

- Verwendung von **Schalldämpfern an Öffnungen** für Lüftung, Kabel, Rohre, Materialtransport usw., wenn notwendig.
- **Entkopplung** der Schallschutzkapsel von der Maschine durch Vermeidung von festen Verbindungen bzw. Verringerung der Anzahl von Befestigungspunkten.

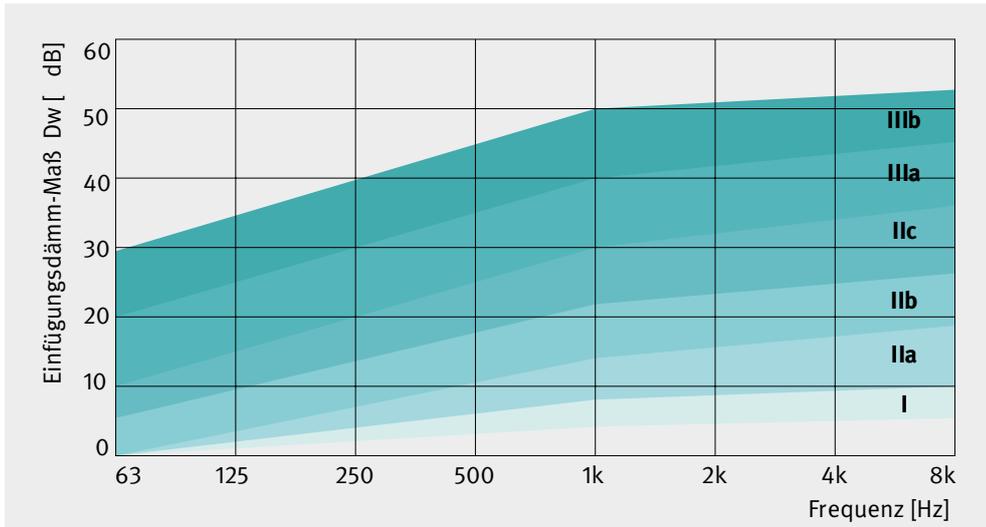
In der nachfolgenden Tabelle sind Kapselkonstruktionen in verschiedenen Ausführungsarten und deren mögliche Wirksamkeit aufgelistet. Die Kapselkonstruktionen sind dabei in drei Gruppen eingeteilt. Gruppe I ist eine einfache schalldämmende Matte, Gruppe II repräsentiert die einschalige Kapsel und Gruppe III die gemauerte oder zweischalige Kapsel.

AUSFÜHRUNGSARTEN VON KAPSELUNGEN UND DEREN WIRKSAMKEIT (VDI 2711, ERSATZLOS ZURÜCKGEZOGEN)

Gruppe	Kapselkonstruktion	Flächengewicht* der Kapselwandung	Zulässige Öffnungs- fläche (Anteil der Kapseloberfläche) ^o	A-bewertete Schallpegelminderung (je nach Spektrum) D _{pA}
I	schalldämmende Matte	5 bis 6 kg/m ²	gesamte Öffnungs- fläche < 10%	3 bis 10 dB
IIa	nicht schallabsorbierend ausgekleidete einschalige Kapsel	5 bis 15 kg/m ²	gesamte Öffnungs- fläche < 5%	5 bis 15 dB
IIb	schallabsorbierend ausgekleidete einschalige Kapsel	5 bis 15 kg/m ²	gesamte Öffnungs- fläche < 0,5%	7 bis 25 dB
IIc	schallabsorbierend ausgekleidete einschalige Kapsel	20 bis 25 kg/m ²	gesamte Öffnungs- fläche < 0,1%	10 bis 30 dB
IIIa	schallabsorbierend ausgekleidete zweischalige Kapsel oder schwere, einschalige Kapsel (gemauert)	5 bis 10 kg/m ² je Schale, etwa 100 kg/m ²	gesamte Öffnungs- fläche < 0,01%	20 bis 40 dB
IIIb	schallabsorbierend ausgekleidete zweischalige Kapsel oder schwere, einschalige Kapsel (gemauert)	10 bis 15 kg/m ² je Schale, etwa 400 kg/m ²	Durchführung und Zerlegbarkeit mög- lichst vermeiden	30 bis 50 dB

* ohne Tragkonstruktion, schallabsorbierende Auskleidung und Abdeckung (Das gesamte Wandungsgewicht kann das Mehrfache dieses Gewichts betragen)

^o ohne Berücksichtigung ggf. mit Schalldämpfern versehener Öffnungen



Erreichbare Einfügungsdämmmaße D_w * in Abhängigkeit von der Frequenz

* Differenz des von einer Schallquelle abgestrahlten Schallleistungspegels ohne und mit Kapselung.
 D_w berücksichtigt die Frequenzabhängigkeit des Schalldämmmaterials.

Sonderfall: Schallschutzhaube (kleine Kapsel)

Schallschutzhauben haben zur leichten Handhabung geringe Masse und bestehen zur Prozessbeobachtung teilweise aus durchsichtigen Materialien. Oft bildet der Maschinenrahmen die Stützstruktur für die Kapsel.

Das Einfügungsdämmmaß einer Schallschutzhaube ist besonders abhängig vom Elastizitätsmodul E der verwendeten Materialien und der Dicke die Kapselplatten.

Undichtigkeiten zwischen Schallschutzhaube und Rahmen sind mit elastischen Bändern abzudichten.

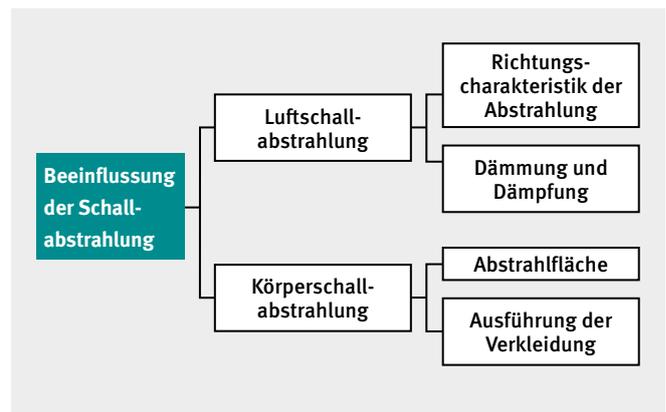
Aufgrund von Platzmangel können meistens keine wirksamen Schalldämpfer eingebaut werden. Daher sollten notwendige Öffnungen möglichst klein gehalten werden. Die Nebenwegübertragung von Körperschall (z. B. über das Papier) ist vorzugsweise durch Schwingungsdämpfung zu mindern.

Konstruktionsregeln zur Beeinflussung von Körperschallübertragung

Hierbei sollten folgende Grundsätze beachtet werden:

- Erhöhung der Masse im Anregungsbereich (nur für mittlere und hohe Frequenzen)
- Erhöhung der Steifigkeit im Anregungsbereich (nur für hohe Frequenzen)
- Schwingungsisolierung der Quelle
- Verstärkung der Dämpfung (wirksam bei mittleren Frequenzen)
- Reflexion an Unstetigkeitsstellen, bei hohen Frequenzen mit zusätzlicher Dämpfung an der Quellenseite (nur für mittlere und hohe Frequenzen).

Beeinflussung der Schallabstrahlung



Konstruktionsregeln zur Beeinflussung der Schallabstrahlung

Eine Verminderung der Luftschallabstrahlung kann z. B. durch

- Anordnung von Öffnungen an der günstigen Seite (Richtcharakteristik der Schallabstrahlung) und
- Verwendung von Schalldämpfern o. Schallschirmen vor der Öffnung erzielt werden.

Eine Verminderung der Körperschallabstrahlung kann z. B. durch

- Verkleinerung der abstrahlenden Fläche und
- Anwendung von Verkleidungen mit geringerem Abstrahlgrad, z. B. gelochte Platten oder Verkleidung mit Dämpfungsbelägen, erreicht werden.

Konstruktionsbeispiele

Konstruktionsbeispiele für den Aufbau und Zusammenbau bzw. Einbau von Kapselementen, für die Gestaltung schallgedämpfter Öffnungen zur Belüftung, zum Materialtransport und sonstigen Wanddurchführungen sowie Beispiele für Abdichtungen und elastische Lagerungen zur Unterbindung der Körperschallübertragung sind in der EN ISO 15667 „Leitfaden für den Schallschutz durch Kapseln und Kabinen“ aufgeführt.

Leitfaden zur Messung und Bestimmung der Emissions-Schalldruckpegel an Druck- und Papierverarbeitungs-maschinen

Jeder Hersteller oder Inverkehrbringer ist zur verbindlichen und nachprüfaren Information über die Lärmemissionen der Maschine verpflichtet. Im Rahmen der europäischen Harmonisierung müssen die Lärm-Emissionswerte seit Oktober 2003 nach der europäischen Norm EN 13023 „Geräuschemessverfahren für Druck- und Papierverarbeitungs-, Papierherstellungs- und Ausrüstungsmaschinen – Genauigkeitsklasse 2 und 3“ sowie weiteren europäischen Rahmenmessnormen bestimmt werden.

Zur Bestimmung der Emissions-Schalldruckpegel an Druck- und Papierverarbeitungs-maschinen hat das Sachgebiet Druck und Papierverarbeitung die Prüfstellen-Info Nr. 917 erarbeitet. Diese Prüfstellen-Info ist für Maschinenhersteller gedacht, die eigene Messungen durchführen möchten.

Es ist ein Leitfaden, mit dessen Hilfe die notwendigen Messungen durchgeführt und die benötigten Emissions-Kennwerte bestimmt werden können.

Diese Prüfstellen-Info beinhaltet neben den normativen Zusammenfassungen auch Hilfsblätter für die Messungen und die Bestimmung der Kennwerte sowie ein Muster-Schallmessprotokoll.

Es ist jedoch empfehlenswert, die notwendigen Normen vorliegen zu haben, da Schallmessungen ausreichende Routine in der Praxis erfordern. Insbesondere bei geringer Messerfahrung kann der Leitfaden das abschnittsweise Einarbeiten in die Rahmenmessnormen nicht ersetzen. Zur Durchführung der Messung muss die maschinenspezifische Norm EN 13023 vorliegen. Diese Norm enthält die für jede Maschinenart festgelegten Messpunkte und Betriebsbedingungen.

5 PUR-Schmelzklebstoff-Auftragssysteme

Die nachfolgenden Informationen beziehen sich auf PUR-Vorschmelzgeräte sowie auf PUR-Schmelzklebstoff-Auftragssysteme in Klebebindemaschinen, in denen bestimmungsgemäß reaktive PUR-Schmelzklebstoffe auf der Basis von Diphenylmethandiisocyanat (MDI) eingesetzt werden.

Grundsätzlich ist das Verfahren der PUR-Klebebindung technisch so zu gestalten, dass in keinem Betriebszustand gesundheitsschädigende Isocyanat-Emissionen frei werden können.

Schutzmaßnahmen

Der Hersteller einer Maschine oder Anlage, auf der Gefahrstoffe verarbeitet werden können, muss bei der Konstruktion sicherstellen, dass die Anwender ungefährdet arbeiten können. Dies gilt grundsätzlich auch, wenn die Maschine oder Anlage zur Verarbeitung von emissionsarmen, reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen vorgesehen ist. Dazu muss er technische Schutzmaßnahmen realisieren und dem Anwender Hinweise auf organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen im Sinne der bestimmungsgemäßen Verwendung in der Betriebsanleitung geben. Die Schutzmaßnahmen und Hinweise muss der Hersteller in seiner Technischen Dokumentation festhalten. Zusätzlich müssen in der Betriebsanleitung die technischen Maßnahmen aufgelistet sein.

Sicherheitstechnische Maßnahmen bei der Konstruktion

- Vorschmelzgeräte und Auftragssysteme müssen so gestaltet sein, dass beim Betrieb keine gesundheitsschädlichen Dämpfe austreten können, z. B. durch
 - gasdichte Schmelzklebstoff-Erwärmung,
 - Erfassung möglicher Dämpfe durch weitgehend geschlossene Konstruktion,
 - Absaugung mit mindestens 500 m³/h am Klebebinder oder direkte Quellabsaugung am Auftragssystem.

Hinweis:

Schlitzdüsenbeleimsysteme sind emissionsarm. Reinigungsarbeiten fallen nicht an. Beim Aufbewahren des heißen Auftragssystems außerhalb der geschlossenen Auftragsanlage gibt es keine Emissionen, da die Schlitzdüse verschlossen ist.



Sensor zur Überwachung der Absaugung



Absaugung am Klebebinder mit Aktivkohlefilter

- Im Vorschmelzgerät und im Auftragssystem müssen Überhitzungen des reaktiven PUR-Schmelzklebstoffs über die vom Klebstoff-Hersteller angegebenen Verarbeitungstemperatur (in der Regel 130 °C) technisch verhindert werden, z. B. durch Temperaturregelung mit separater Grenztemperaturüberwachung für alle beheizten Einrichtungen.

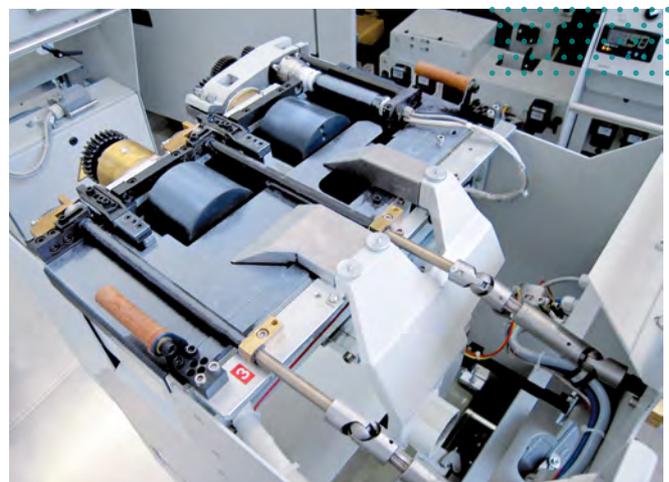


Vorschmelzgerät in Leimaggregat integriert

❖ Hinweis:

Das Vorschmelzgerät ist emissionsarm, wenn es mit einer Temperaturbegrenzung bis maximal 100 °C ausgerüstet ist, so dass beim Beschicken des Vorschmelzgerätes kein MDI in die Atemluft austritt.

- Bei Vorschmelzgeräten muss für die Dauer des Nachfüllvorgangs mit reaktivem PUR-Schmelzklebstoff eine wirksame Absaugung mit mindestens 150 m³/h und eine Abführung der Dämpfe nach außen oder über einen geeigneten Filter vorgesehen werden. Bei in den Klebebinder integrierten Vorschmelzgeräten kann die zusätzliche Absaugung am Vorschmelzer entfallen, wenn die Dämpfe beim Fasswechsel von der Absaugung am Klebebecken mit erfasst werden.
- Ein Verspritzen heißen Klebstoffs, z. B. durch Bersten der PUR-Schmelzklebstoff-Gebinde beim Ausblasen der Zuleitung und der leeren Fässer (Fass-Schmelzgerät), muss technisch verhindert sein (z. B. durch eine berst-sichere Abdeckung).
- Beim Rüsten und bei Störungsbeseitigung am Klebebinder, beim Herausziehen, Aufheizen, Aufbewahren und Abkühlen des Auftragssystems außerhalb des Klebebinders oder bei Reinigungsarbeiten am Auftragssystem ist technisch zu gewährleisten, dass keine gesundheitsschädigenden MDI-Emissionen austreten können. Dies ist z. B. möglich durch
 - Abdeckung des Beckens, Einschub in eine abgesaugte Reinigungsstation oder unter eine Ablufthaube oder
 - Abdeckung des Beckens und direkte Absaugung am Leimaggregat.
- Werden nach Ende der Produktion das Walzenbecken herausgefahren, der Klebstoff abgelassen, die Walzen ausgebaut und gereinigt, ist eine Absaugung für diese Tätigkeiten vorzusehen.
- Ablassmöglichkeit des reaktiven PUR-Schmelzklebstoffes innerhalb des abgesaugten Klebebenders.



Direktabsaugung am PUR-Leimgerät



Ablufthaube

- Überwachung der Absaugung durch entsprechende Sensoren; bei Ausfall der Absaugung muss eine Warnung erfolgen. Der Klebebinder muss leerlaufen. Danach darf keine Produktion mehr möglich sein.
- Muster-Messungen als Nachweis zur Einhaltung der Arbeitsplatzgrenzwerte für 2,2'-MDI, 2,4'-MDI und 4,4'-MDI oder der Totalkonzentration reaktiver Isocyanatgruppen (TRIG) mit einem anerkannten Messverfahren.

Hinweise in der Betriebsanleitung

Die Hinweise für Schutzmaßnahmen in der Betriebsanleitung sind immer von den jeweiligen betrieblichen Bedingungen abhängig. Daher zeigen die nachfolgend aufgeführten Hinweise nur eine Auswahl und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Technische und organisatorische Schutzmaßnahmen

- Gewährleistung einer ausreichenden Arbeitsraumbelüftung nach ASR A3.6 und VDI 2262; bei zusätzlicher Luftbefeuchtung muss auf die Vorschriften der Berufsgenossenschaft für Betrieb, Reinigung und Wartung von Luftbefeuchtern hingewiesen werden.
- Für die Verarbeitung von reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen dürfen nur geeignete Vorschmelzgeräte und Auftragssysteme verwendet werden.
- Gewährleistung einer hinreichend wirksamen Absaugung im Bereich des Auftragssystems und des Vorschmelzgerätes (Mindestabluftmenge am Auftragssystem min. 500 m³/h und am Vorschmelzgerät min. 150 m³/h).
- Herstellervorgaben zur Entnahme des heißen Auftragssystems aus der Klebebindemaschine, insbesondere bei Auftragssystemwechsel sowie beim Reinigen (z. B. bei Entnahme des Auftragssystems Deckel auflegen; Atemschutz benutzen; sofort unter Absaugung schieben; Restmenge PUR innerhalb der Klebebindemaschine ablassen).
- Nur unbeschädigte PUR-Schmelzklebstoff-Gebinde dürfen verwendet werden. Entleerte Gebinde mit noch heißen Resten nicht offen stehen lassen sowie Gebinde vor Sonneneinstrahlung schützen.



PUR-Leimwerk im Klebebinder

- Hinweise auf Restgefährdung bei Nichtbeachtung der bestimmungsgemäßen Verwendung: Akut kann MDI zu Reizerscheinungen der Augen und des Atemtraktes führen sowie durch Veränderungen am Immunsystem eine Erkrankung der Atemwege und der Lunge hervorrufen.
- Zur-Verfügung-Stellen der Ergebnisse der Mustermessungen für Verwender als Nachweis zur Einhaltung der Arbeitsplatzgrenzwerte für 2,2'-MDI, 2,4'-MDI und 4,4'-MDI oder der Totalkonzentration reaktiver Isocyanatgruppen (TRIG) bei bestimmungsgemäßer Verwendung. Hinweis, dass bei wesentlichen Veränderungen am Auftragssystem oder am Vorschmelzgerät oder bei Klebstoffen mit mehr als 4 % monomeren MDI bzw. bei einer Überschreitung der vorgegebenen Verarbeitungstemperatur Messungen durch den Verwender erforderlich sind.
- Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen sind bei einer Arbeitsweise entsprechend der bestimmungsgemäßen Verwendung anzubieten. Werden Tätigkeiten nicht bestimmungsgemäß ausgeführt, muss der Anwender im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung nachweisen, dass der Arbeitsplatzgrenzwert eingehalten ist und dass kein regelmäßiger Hautkontakt besteht. Ist dies nicht der Fall, müssen arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen entsprechend dem Grundsatz G 27 „Isocyanate“ durchgeführt werden.
- Hinweis der Erstellung einer Betriebsanweisung für Tätigkeiten mit PUR-Schmelzklebstoffen durch den Anwender auf der Basis des Sicherheitsdatenblattes und der Betriebsanleitung; die Mitarbeiter müssen über die bestimmungsgemäße Verwendung und die Restgefahren regelmäßig unterwiesen werden.

Persönliche Schutz- und Hygienemaßnahmen bei Tätigkeiten mit reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen

- Ist insbesondere beim Herausziehen des heißen Auftragsystems aus dem Klebebinder, bei dessen Reinigung oder beim Nachfüllen des Schmelzklebstoffs ein Auftreten von MDI in der Atemluft nicht vollständig auszuschließen, muss für diese Arbeiten eine Atemschutzmaske mit einem Filter A (braun) oder B (grau) zur Verfügung gestellt werden. Auf die Benutzung muss hingewiesen werden.
- Hautkontakt, z. B. beim Auspacken des Schmelzklebstoffs, beim Reinigen oder bei der manuellen Handhabung der frischen Produkte, muss vermieden werden. Die Verwendung von geeigneten Arbeitshandschuhen, z. B. beschichtete Baumwollhandschuhe, ist erforderlich.
- Beim Nachfüllen des Schmelzklebstoffs und bei Reinigungsarbeiten müssen thermisch beständige Arbeitshandschuhe, z. B. Lederhandschuhe, getragen werden. Besteht die Gefahr, dass der heiße Schmelzklebstoff verspritzt, ist eine Schutzbrille zu benutzen.
- Bei Arbeitsende und vor Pausen Hände gründlich reinigen. Eine ausreichende Hautpflege der Beschäftigten ist sicherzustellen.
- Mit Schmelzklebstoff verunreinigte Kleidung muss umgehend gewechselt werden.

Gefahrstoffmessung

Von Isocyanaten können bei Nichteinhaltung des Arbeitsplatzgrenzwertes (AGW) oder bei Hautkontakt erhebliche Gesundheitsgefahren ausgehen.

Isocyanate werden vorwiegend über die Atemwege, aber auch über die Haut aufgenommen und können zu Reizerscheinungen der Augen und des Atemtraktes führen. Eine Gefährdung durch Isocyanate wird durch Geruch kaum wahrgenommen.

Die gesundheitsschädlichen Eigenschaften der Isocyanate beziehen sich auf die freien, noch nicht gebundenen Isocyanate in Form einatembarer Dämpfe oder Aerosole. In reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen sind zwischen $>0,1\%$ bis $4,0\%$ ungebundene Isocyanate enthalten, die bei Temperaturen über 100 °C in gesundheitsgefährlicher Konzentration in die Atemluft austreten können. Von Klebstoffen mit Isocyanat-Gehalten von $<0,1\%$ und von emissionsgeprüften Klebstoffen gehen bei bestimmungsgemäßer Verwendung nur sehr geringe Gesundheitsgefahren aus. Der verarbeitete, vollständig ausgehärtete Klebstoff birgt keine Gefahren mehr, wenn man von Zersetzungsprodukten im Brandfall absieht.

Aus diesem Grund muss die Wirksamkeit der technischen Schutzmaßnahmen mit Messungen bei Verwendung eines Standard-Klebstoffs ($>0,1$ bis 4%) durch den Hersteller nachgewiesen werden. Dabei muss die Einhal-

tung der Arbeitsplatzgrenzwerte für 2,4'-MDI und/oder 4,4'-MDI gemäß TRGS 900 oder der Totalkonzentration reaktiver Isocyanatgruppen (TRIG) gemäß TRGS 430 bei bestimmungsgemäßer Verwendung gewährleistet sein.

Detaillierte Informationen und praktische Hilfestellung zur Durchführung der Muster-Messungen wie Messbedingungen, Anordnung der Messpunkte, Anzahl der Messungen sowie der Beurteilung der Messergebnisse enthält das Infoblatt Nr. 904 des Fachausschusses Druck und Papierverarbeitung.

Abluft

Die Absaugung der Abluft muss so nah wie möglich an der Emissionsquelle erfolgen und dabei die Luftbewegung durch die Maschinenlaufgeschwindigkeit berücksichtigen.

Die Abluft kann über einen Ventilator bzw. die Einbindung in eine zentrale Absauganlage nach außen oder eine Abluftreinigung in den Raum zurück erfolgen. Ungereinigte, abgesaugte Luft darf nicht in den Arbeitsbereich zurückgeführt werden.

Die Absaugleistung muss mindestens $150\text{ m}^3/\text{h}$ am Vorschmelzgerät und mindestens $500\text{ m}^3/\text{h}$ am Auftragsystem betragen. Bei Einbindung in eine zentrale Absauganlage muss die Absaugleistung am Gerät oder Klebebinder mit einem Strömungsmesser geprüft werden.

Eine Abluftreinigung ist über Wasserfilter oder Aktivkohlefilter möglich. Die Wirksamkeit der Filter muss durch Vorher-/Nachher-Messungen nachgewiesen werden. Beim Einsatz von Aktivkohlefiltern muss ein Austauschintervall angegeben werden.

... Geeignete Werkstoffe:

- für Behälter, Rohre und Pumpen: Edelstahl, ferritischer Stahl, Kesselblech
- als Dichtungsmaterialien: Teflon (PTFE), fluorierter Polymerkautschuk (FKM, FPK, FFKM)

... Ungeeignete Werkstoffe:

Kupfer, andere Buntmetalle und Zink. Viele Kunststoffe und Gummis werden angegriffen und verspröden nach kurzer Zeit.

2.1.11 Druckbehälter und Druckgeräte

An Druckgeräte und Baugruppen von Druckgeräten, die einem **relativen Innendruck von mehr als 0,5 bar** ausgesetzt sind, werden spezielle Anforderungen an Bau und Ausrüstung, Prüfung und Konformitätsbewertung sowie Kennzeichnung gestellt.

Es wird hierbei grundsätzlich unterschieden zwischen:

Druckbehälter, nach EU-Richtlinie 2014/29/EU über die Bereitstellung einfacher Druckbehälter

Einfache Druckbehälter i. S. der Richtlinie sind serienmäßig hergestellte geschweißte Behälter,

- die zur Aufnahme von Luft oder Stickstoff bestimmt sind,
- die keiner Flammeneinwirkung ausgesetzt werden,
- deren Druck tragende Teile aus unlegiertem Qualitätsstahl oder Aluminium hergestellt sind,
- deren maximaler Betriebsdruck höchstens 30 bar beträgt,
- deren Druckinhaltsprodukt höchstens 10.000 bar x l beträgt,
- deren niedrigste Betriebstemperatur nicht unter -50 °C und deren höchste Betriebstemperatur bei Stahlbehältern nicht über 300 °C und bei Aluminiumbehältern nicht über 100 °C liegt und

- die einfach konstruiert sind, z. B. Zylinder mit gewölbten Böden.

Einfache Druckbehälter, beispielsweise Speicherbehälter in Druckluftherzeugern, müssen die wesentlichen Sicherheitsanforderungen des Anhangs I dieser Richtlinie erfüllen. Ausgenommen davon sind kleinere Druckbehälter deren Druckinhaltsprodukt $P_s \times V$ maximal 50 [bar l] beträgt. Diese müssen in Übereinstimmung mit der in einem Mitgliedsstaat geltenden guten Ingenieurpraxis hergestellt sein und benötigen keine Konformitätserklärung.

Konformitätsbewertungsverfahren

Hersteller von Druckbehälter mit einem Druckinhaltsprodukt $PS \times V > 50$ [bar l] müssen eine EU-Baumusterprüfung durch eine notifizierte Stelle nachweisen. Außerdem sind in Abhängigkeit der Größe des Druckinhaltsprodukts weitere Konformitätsbewertungsverfahren entsprechend nachstehender Tabelle erforderlich.

Druckinhaltsprodukt PS x V [bar x L]	Konformitätsbewertungsverfahren gemäß Anhang II der Richtlinie
≤ 50	Entfällt
> 50	Vor der Herstellung: EU Baumusterprüfung (Modul B)
50 < PS x V ≤ 200	Vor der Herstellung: EU Baumusterprüfung (Modul B) und zusätzlich vor dem Inverkehrbringen: interne Fertigungskontrolle <ul style="list-style-type: none"> • ohne überwachten Prüfungen der Behälter (Modul C) oder • mit regelmäßig überwachten Prüfungen der Behälter (Modul C1)
200 < PS x V ≤ 3.000	Vor der Herstellung: EU Baumusterprüfung (Modul B) und zusätzlich vor dem Inverkehrbringen: interne Fertigungskontrolle mit überwachten Prüfungen der Behälter <ul style="list-style-type: none"> • regelmäßig (Modul C1) oder • in unregelmäßigen Abständen (Modul C2)
> 3.000	Vor der Herstellung: EU Baumusterprüfung (Modul B) und zusätzlich vor dem Inverkehrbringen: interne Fertigungskontrolle mit regelmäßig überwachten Prüfungen der Behälter (Modul C1)

Kennzeichnung und Konformitätserklärung

Einfache Druckbehälter mit einer EU Baumusterprüfung (Behälter mit $P_s \times V > 50 \text{ bar} \times \text{L}$) müssen mit einer gut leserlichen und dauerhaften CE-Kennzeichnung sowie mit den beiden letzten Ziffern des Jahres, in dem die CE-Kennzeichnung angebracht wurde, gekennzeichnet sein. Hinter der CE-Kennzeichnung steht die Kennnummer der notifizierten Stelle, die in der Phase der Fertigungskontrolle tätig war.

Zusätzlich müssen die Druckbehälter mit folgenden Angaben ausgestattet sein:

- maximaler Betriebsdruck (PS in bar);
- maximale und minimale Betriebstemperatur (Tmax/min in °C);
- Fassungsvermögen des Behälters (V in L);
- Handelsname und Anschrift des Herstellers;
- Baumusterkennzeichnung und
- Serien- oder Chargenkennzeichnung des Behälters.

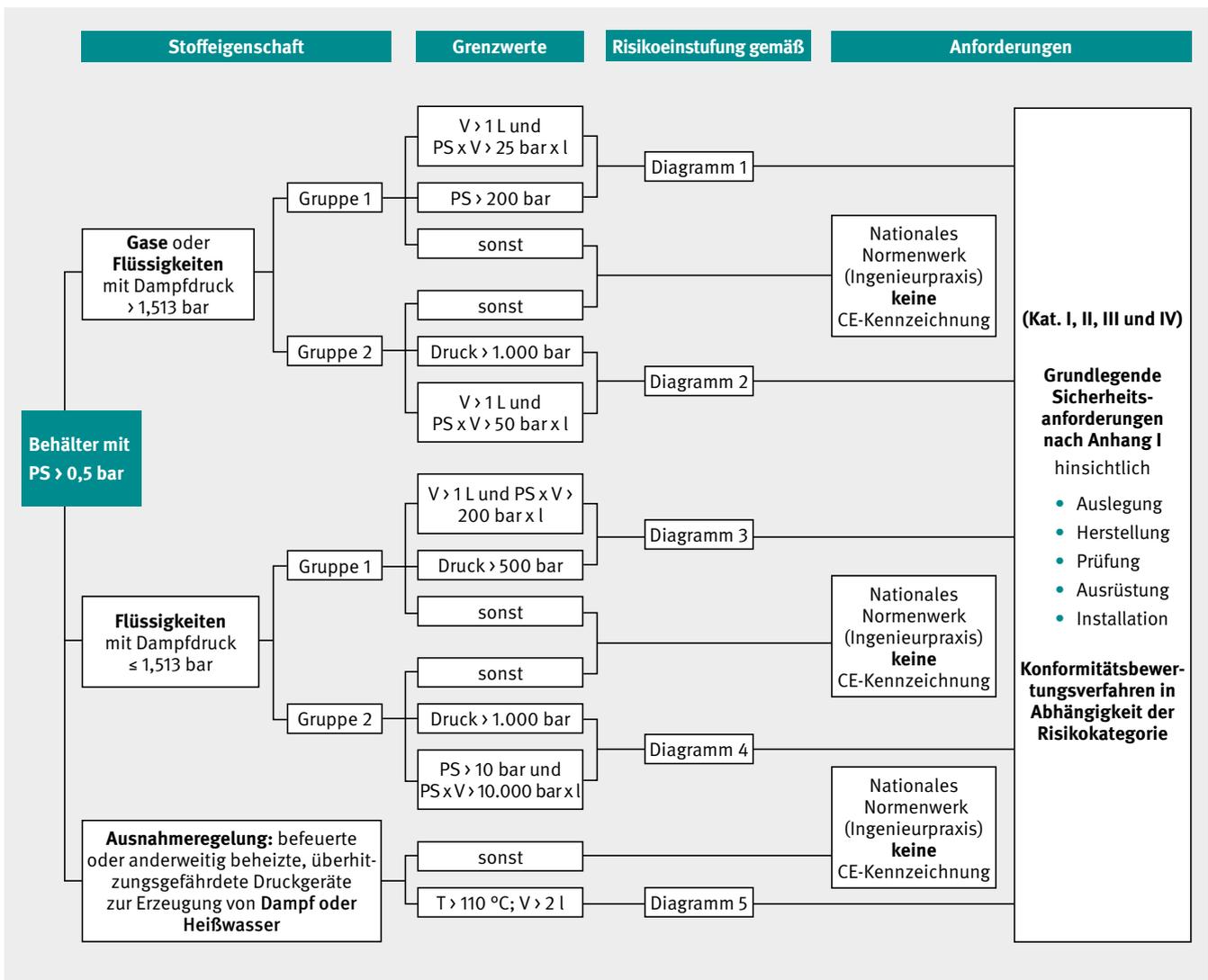
Betriebsanleitung

Dem Druckbehälter muss die Betriebsanleitung mit den notwendigen Sicherheitsinformationen, dem Verwendungsbereich, den Wartungs- und Aufstellungsbedingungen beigelegt sein.

Druckgeräte EU-Richtlinie 2014/68/EU über die Bereitstellung von Druckgeräten (DGRL)

Fällt ein Druckbehälter nicht unter die Richtlinie für einfache Druckbehälter, ist die DGRL anzuwenden. Druckgeräte gemäß DGRL sind:

- Behälter
- Rohrleitungen
- Ausrüstungsteile
 - mit Sicherheitsfunktion (z. B. Sicherheitsventile)
 - mit Druck haltendem Gehäuse (z. B. Absperrarmaturen).



Die DGRL grenzt bestimmte Druckgeräte aus, wenn diese z. B. von der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG erfasst werden und das Gefahrenpotenzial höchstens der Kategorie I entspricht. Ein Beispiel hierfür sind Hubzylinder innerhalb einer Maschine.

Die Richtlinie schließt allerdings auch solche Druckgeräte aus ihrem Anwendungsbereich aus, die entweder überdimensioniert sind oder die vorrangig für andere Beanspruchungen als Druck ausgelegt sind. Bei diesen Geräten stellt der Druck keinen wesentlichen Faktor für die Konstruktion dar, darüber hinaus sind sie vorrangig dafür ausgelegt, sich zu bewegen, zu drehen oder andere Funktionen als die Umschließung des Druckes zu erfüllen. Das können z. B. mit Wasserdampf beheizte Zylinder innerhalb einer Maschine sein.

Gemäß der DGRL werden Druckgeräte in Abhängigkeit des Gefahrenpotenzials in Kategorien (I-IV) eingestuft. Die Einstufung erfolgt unter Zuhilfenahme von

Diagrammen im Anhang II der DGRL und resultiert aus der gespeicherten Energie und der Stoffeigenschaft des eingesetzten Mediums. Entsprechend der Merkmale werden z. B. Fluide in zwei Gruppen eingeteilt:

- Gruppe 1: gefährliche Fluide (z. B. entzündbar, explosiv, giftig)
- Gruppe 2: alle anderen Fluide (z. B. gesundheitsschädlich, ätzend, reizend)

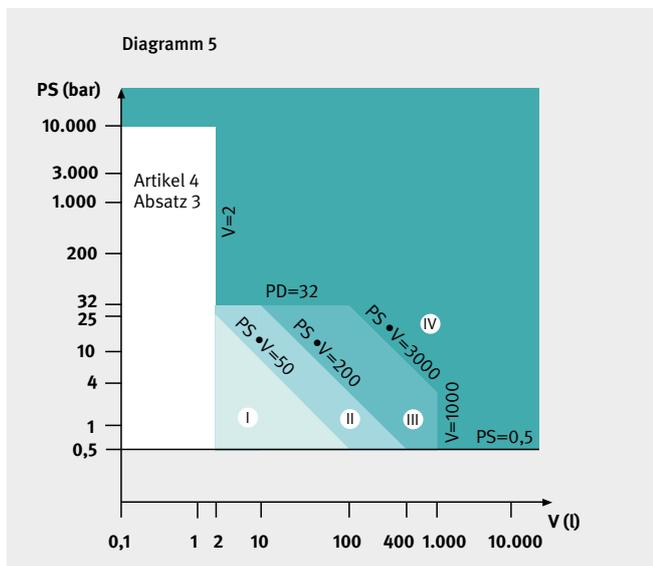
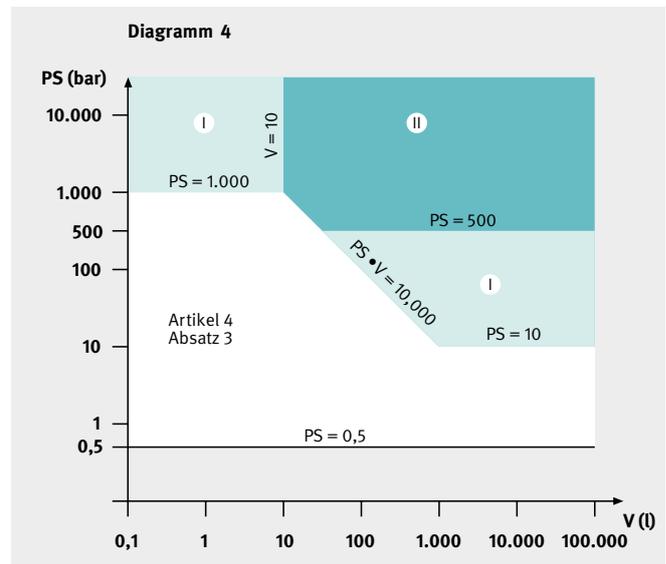
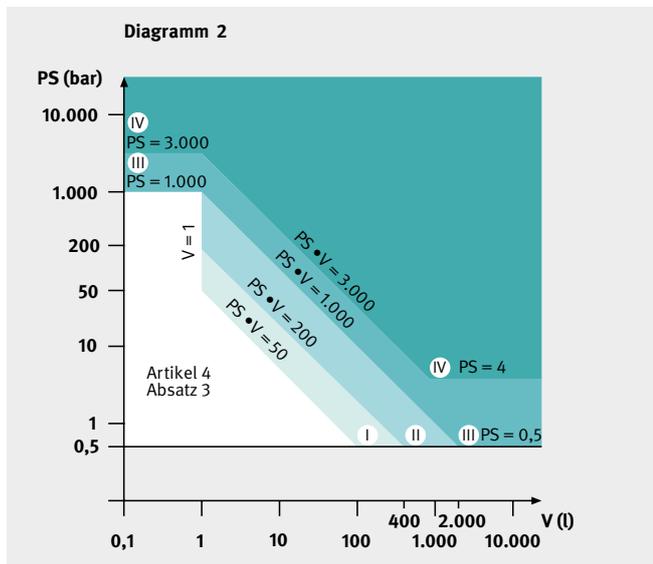


Diagramme 2, 4 und 5 Artikel 4, Anhang II für Druckbehälter und Fluide der Gruppe 2

Sicherheitsgerechtes Konstruieren von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen

Die meisten an **Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen** vorkommenden und unter Druck stehenden Fluide (z. B. Wasser, Hydrauliköle, Druckflüssigkeiten usw.) werden in die **Gruppe 2** eingeordnet.

Druckgeräte, die die in der DGRL beschriebenen **Grenzwerte überschreiten**, müssen

- die grundlegenden Sicherheitsanforderungen des Anhangs I der Richtlinie erfüllen,
- einem Konformitätsbewertungsverfahren unterzogen werden und
- eine CE-Kennzeichnung tragen.

Druckgeräte, die höchstens die in der DGRL beschriebenen **Grenzwerte erreichen** (Artikel 4, Absatz 3), müssen

- in Übereinstimmung mit der guten Ingenieurpraxis ausgelegt und hergestellt sein. D. h., dass diese Druckgeräte unter Berücksichtigung aller relevanten Faktoren, die ihre Sicherheit beeinflussen, zu entwerfen sind. Außerdem muss das Gerät so gefertigt und überprüft sein, dass, wenn es unter vorhersehbaren oder vernünftigerweise vorhersehbaren Bedingungen benutzt wird, seine Sicherheit während seiner vorgesehenen Lebensdauer gewährleistet ist.
- Benutzungsanweisungen beigefügt haben,
- mit der Herstelleradresse gekennzeichnet sein und
- dürfen keine CE-Kennzeichnung tragen.

Rohrleitungen im Bereich der Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen liegen i. d. Regel unterhalb der Grenzwerte. Diese sind bei Gasen der Gruppe 2, z. B. Druckluftleitungen, erst überschritten, wenn der Nenndurchmesser DN größer als 32 mm und das Produkt PS x DN größer als 1.000 ist. Bei Hydraulikleitungen sind die Grenzwerte überschritten, wenn der Druck PS größer als 10 bar, DN größer als 200 mm und das Produkt PS x DN größer als 5.000 ist.

Konformitätsbewertungsverfahren

Für das Konformitätsbewertungsverfahren sind den Kategorien I – IV Prüfmodule bzw. Prüfmodulkombinationen zugeordnet, die der Hersteller frei wählen kann.

Inhaltlich bestehen die Module im Wesentlichen aus drei Punkten:

- Beschreibung des Verfahrens, mit dem der Hersteller sicherstellt und erklärt, dass die betreffenden Druckgeräte die Anforderungen der Richtlinie erfüllen.
- Festlegung der von einer notifizierten Stelle durchzuführenden Prüfungen und Überwachungsmaßnahmen.
- Festlegung der zu erstellenden Unterlagen und Dokumentation.

Mit Ausnahme des Moduls A „Interne Fertigungskontrolle“, das auf Druckgeräte der Kategorie I angewendet wird, ist bei allen Modulen eine notifizierte Stelle beteiligt.

ZUORDNUNG ZWISCHEN KATEGORIE UND PRÜFMODULEN BZW. -KOMBINATIONEN

Kategorie	Wahl des Moduls ohne Qualitätssicherung (QS)	Wahl des Moduls mit Qualitätssicherung (QS)
I	A Interne Fertigungskontrolle	–
II	A2 Interne Fertigungskontrolle mit Überwachung der Abnahme	D1 QS Produktion E1 QS Produkt
III	B (Baumuster) + C2 Baumusterprüfung + Konformität der Bauart B (Entwurfsmuster) + F Entwurfsprüfung + Prüfung der Produkte	B (Entwurfsmuster) + D Entwurfsprüfung + QS Produktion B (Baumuster) + E Baumusterprüfung + QS Produkt H Umfassende QS
IV	G Einzelprüfung B (Baumuster) + F Baumusterprüfung + Prüfung der Produkte	B (Baumuster) + D Baumusterprüfung + QS Produktion H1 Umfassendes QS mit Entwurfsprüfung + Überwachung der Abnahme

Innerhalb der Kategorien II–IV hat der Hersteller die Auswahl zwischen Modulen mit Produktprüfung durch eine Benannte Stelle (stichprobenweise bzw. Einzelprüfung) oder Modulen mit QS-System.

Kennzeichnung und Konformitätserklärung

Druckgeräte, die unter eine Kategorie I – IV der Druckgeräterichtlinie fallen, müssen mit der **CE-Kennzeichnung** versehen sein. Für Geräte ab Kategorie II muss zusätzlich die **Kenn-Nummer der notifizierten Stelle** angebracht sein, die für die Fertigungskontrolle hinzugezogen wird.

Zusätzlich zur CE-Kennzeichnung stellt der Hersteller eine schriftliche EU-Konformitätserklärung aus. Die Konformitätserklärung enthält insbesondere folgende Angaben:

- Produkt-, Typen-, Chargen- oder Seriennummer
- Name und Anschrift des Herstellers und gegebenenfalls seines Bevollmächtigten
- Angabe der einschlägigen harmonisierten Normen
- angewandte Konformitätsbewertungsverfahren
- die gegebenenfalls für die Produktionsüberwachung zuständige notifizierte Stelle
- Verweise auf gegebenenfalls vorhandene Bescheinigungen und verwendete Spezifikationen

Auf dem Druckgerät sind folgende Angaben erforderlich:

- Identität des Herstellers (Name, Anschrift etc.)
- Herstellungsjahr

- Typ-, Seriennummer o. Ä.
- zulässige obere/untere Grenzwerte (max. Druck, max./min. Betriebstemperatur etc.)
- sonstige technische Daten (Volumen, Nennweite, Prüfdruck, Prüfdatum, Leistung etc.)
- erforderlichenfalls Warnhinweise

Betriebsanleitung

Alle Druckgeräte werden beim Inverkehrbringen mit einer Betriebsanleitung versehen, die alle notwendigen sicherheitsrelevanten Informationen zu **Montage, Inbetriebnahme, Benutzung und Wartung** enthält. Außerdem sind Angaben wie auf dem Fabrikschild und ggf. technische Dokumente, Zeichnungen und Diagramme für das Verständnis der Betriebsanleitung, zu machen. Weiterhin muss auf die Restgefahren und Gefahren bei unsachgemäßer Verwendung hingewiesen werden.

Abnahmeprüfung

Alle Druckgeräte unterliegen einer Abnahmeprüfung. Hier liegt die Schnittstelle zwischen den Beschaffenheitsanforderungen der DGRL und den Betriebsanforderungen der Betriebssicherheitsverordnung.

Die Abnahmeprüfung beinhaltet:

- Ordnungsprüfung (z. B. Unterlagen müssen den Bestimmungen der DGRL entsprechen)
- Prüfung der Ausrüstung
- Prüfung der Aufstellung
- Festlegung der Prüffristen der wiederkehrenden Prüfungen

2.2 Spezielle sicherheitstechnische Anforderungen an Baugruppen von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen

2.2.1 Schneidende Maschinen- und Werkzeugteile

Messer müssen in der Ruhe- und Arbeitsposition so gesichert sein, dass Verletzungen durch die Schneide nicht möglich sind.

Folgende Sicherungen sind erforderlich:

- **Feststehende Messer**
Die Messerschneide muss, soweit möglich, durch eine trennende Schutzeinrichtung gesichert sein.
- **Kreiswerkzeuge (Kreismesser, Perforiermesser, Rotationsschlitzwerkzeuge)**
An Schneidemaschinen mit Kreismessern müssen die Einzugstellen und der nicht zum Schneiden benutzte Teil des Kreismesserumfanges gegen unbeabsichtigtes Berühren gesichert sein, z. B. durch eine Schutzeinrichtung je Messer oder eine Schutzeinrichtung für die gesamte Arbeitsbreite (alle Messer).



Sicherung eines Rotationsmessers: Der Schutz muss das Messer bis auf die Schneidstelle verdecken.

2.2.2 Anleger, Ausleger (Stapelhub- und -absenkeinrichtungen)

Für die sichere Auslegung der Lastaufnahmemittel (z. B. Stahlgelenkketten) und Stapelhub- und -absenkeinrichtungen werden nach EN 1010-1 folgende Forderungen erhoben:

- Für Produktformatflächen über $2,5 \text{ m}^2$ muss die Bruchkraft der Stahlgelenkketten mindestens das 6-fache,
- für Produktformatflächen bis $2,5 \text{ m}^2$ mindestens das 3-fache der zulässigen statischen Belastung betragen.

Bei einem Bruch des Lastaufnahmemittels müssen Stapelhub- und -absenkeinrichtungen für Produktformatflächen über $2,5 \text{ m}^2$ mit einer Hubhöhe über $1,5 \text{ m}$ so gesichert sein, dass sich das Lastaufnahmemittel nicht mehr als 100 mm bewegen kann.

Die Gefahrstelle zwischen Stapeltragplattenkanten und Standflächen müssen wie folgt gesichert sein:

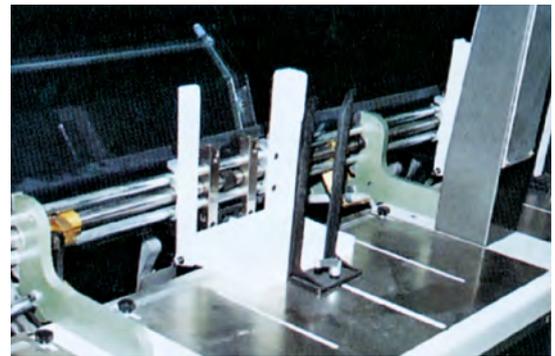
Ein automatisches Absenken darf grundsätzlich nur bis zu einer Höhe von 120 mm (Abstand zwischen Unterkante Platte und Flurebene) möglich sein.

Ein weiteres Absenken der Platte ist im Tippbetrieb möglich, wenn

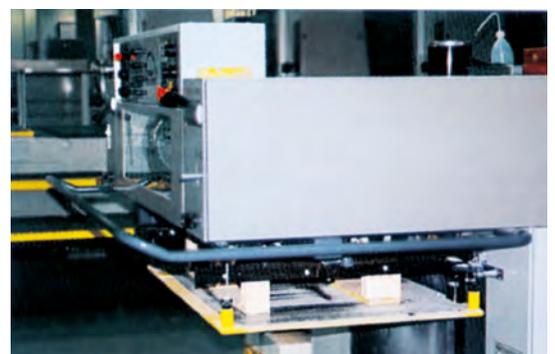
- Anleger (Produktformatflächen) maximal 1 m^2 groß sind,
- Ausleger (Produktformatflächen) maximal $0,175 \text{ m}^2$ groß sind.

Bei größeren Formaten muss zusätzlich mindestens eine der folgenden Maßnahmen getroffen werden:

- ausweichende, nicht schaltende, überkragende Blenden, deren Vorderkanten mindestens 250 mm über die gefahrbringenden Kanten hervorstehen
- BWS vor Stapeltragplattenkanten
- waagerechter Abstand von 300 mm zwischen der senkrechten Projektion des äußeren Maschinengestells und den Stapeltragplattenkanten; die abweisenden Teile des Maschinengestells dürfen dabei höchstens $1,5 \text{ m}$ über der Standfläche angeordnet sein. Tragarme, die in den Sicherheitsabstand (300 mm) hineinragen, müssen eine Mindestbodenfreiheit von 120 mm haben.
- Schaltleisten oder Schaltbügel
- Abstand zwischen Tiptaster und nächstgelegener Quetschstelle zwischen Platte und Standfläche muss mindestens 850 mm betragen (gilt nur für Anleger)

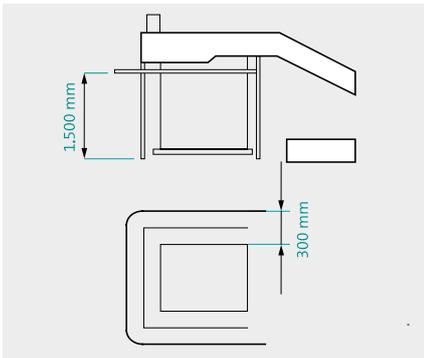


An Anlegern von Zusammentragmaschinen dürfen durch die Bewegungen der Vereinzlungselemente keine Verletzungsgefahren entstehen. Eine Sicherung ist z. B. durch Reststapelüberwachungen an den Anlegern möglich, an denen die Falzbögen von der Stapelunterseite der Maschine zugeführt werden.



Sicherung durch abweisende Teile des Maschinengestells an der Auslage einer Bogenoffsetmaschine

An Anlegern der Papierverarbeitung werden verschiedene Gefahrstellen durch das Material verdeckt. Das Material kann zur Sicherung der Gefahrstelle benutzt werden, wenn eine Reststapelsicherung gewährleistet, dass der Anleger zum Stillstand gekommen ist, bevor der letzte Bogen eingezogen oder entnommen worden ist. Ein Stillsetzen des Anlegers kann durch einen Positionsschalter und/oder eine Lichtschranke ausgelöst werden.

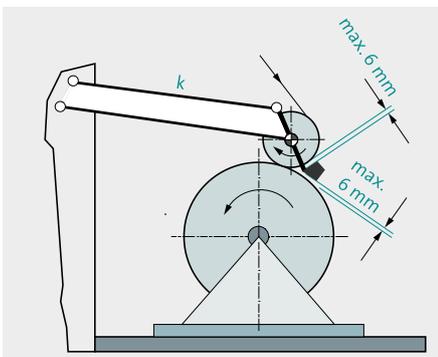


Sicherung durch abweisende Teile des Maschinengestells (Abmessungen)

2.2.3 Rollenab- und -aufwickleinrichtungen an Maschinen

Die Einzugsstellen zwischen Materialrolle und Anpresswalze, Tragwalze oder Stützwalze müssen an Rollenab- und -aufwickleinrichtungen von Maschinen durch trennende Schutzeinrichtungen oder Schutzeinrichtungen mit Annäherungsreaktion gesichert sein.

Die Sicherung muss bei jedem Materialrollendurchmesser wirksam sein. Ein seitlicher Zugriff in die Einzugsstelle muss hierbei verhindert sein.



Sicherung der Einzugsstelle an Rollenaufwickleinrichtungen mit Anpassung der Schutzeinrichtung an sich verändernde Rollendurchmesser

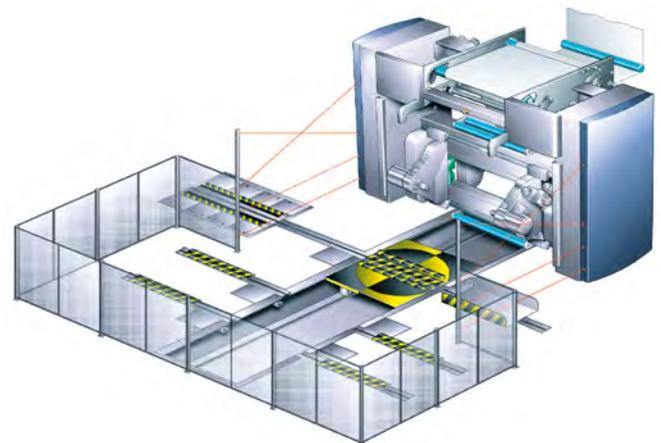


Sicherung des Gefahrenbereichs an einem Rollenwechsler einer Illustrationsoffsetdruckmaschine durch BWS

Die Spannkonen dürfen nur im Tipbetrieb eingefahren werden. Hierbei muss vom Standplatz am Tipptaster die Gefahrstelle zwischen den Spannkonen und der Materialrolle aus eingesehen werden können. Die Tippgeschwindigkeit von 5 m/min darf nicht überschritten werden.

Lassen sich Gefahrstellen zwischen Einhebearmen bzw. Rollenstern und Maschinengestell nicht durch konstruktive Maßnahmen vermeiden oder sichern, dürfen die Einhebearme bzw. der Rollenstern nur im Tipbetrieb bewegt werden können. Hierbei muss vom Bedienort des Tipptasters aus ebenfalls die Gefahrstelle eingesehen werden können.

Bei automatischer und manueller Rollenbestückung muss der gesamte Gefahrenbereich an der Abrollung durch berührungslös wirkende oder trennende Schutzeinrichtungen gesichert sein. Die Anforderungen an den halbautomatischen Rollentransport sind in der EN 1010-1 geregelt.



Bei Bereichssicherung durch BWS muss am Rollenwechsler eine zusätzliche Lichtschranke installiert sein, die während des Mutingvorgangs der beiden unteren Lichtschranken beim Durchfahren der Rolle aktiv bleibt.

2.3 Trocknungstechnik von Druckmaterialien

Der Begriff Trocknung steht für alle Vorgänge, die nach der Farbübertragung stattfinden und zu einer stabilen Verbindung zwischen Bedruckstoff und Druckfarbe führen. Die Druckfarbe wird dabei in einen festen Zustand überführt. In Abhängigkeit vom Aufbau der Druckfarbe kann die Trocknung durch chemische Reaktion (Oxidation und Polymerisation), physikalische Vorgänge (Wegschlagen, Verdunsten) oder durch die Kombination beider erfolgen.

2.3.1 Verdunstungstrocknung

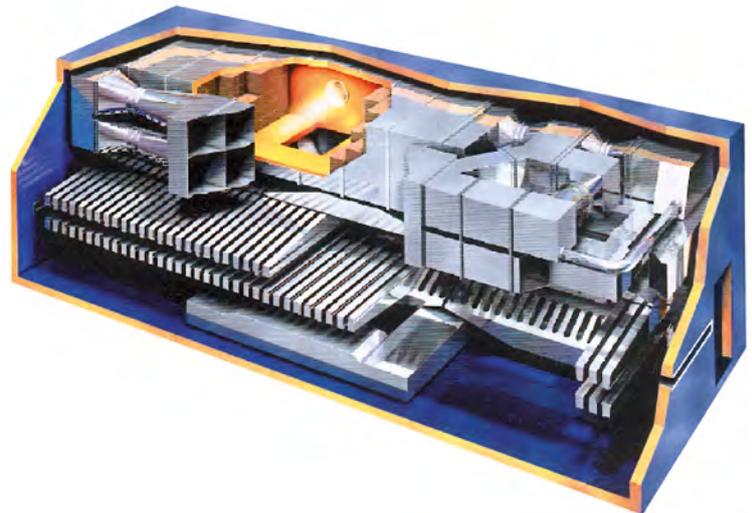
Im Rollenoffset (Heatset) werden spezielle Druckfarben verwendet, die einen hohen Anteil fest werdender Bindemittel und als Lösemittel ca. 35 % hoch siedende Mineralöle mit einem Siedebereich von 250 bis 290 °C enthalten. Bei Trocknungstemperaturen bis zu 315 °C verdunsten im Heißluftstrom bis ca. 85 % der eingesetzten Öle.

Die technische Lüftung der Lösemitteldurchlauftrockner (Heatset-/Schwebetrockner) muss so ausgelegt und betrieben werden, dass sich beim Verdampfen der Lösemittel aus der Farbe zu keinem Zeitpunkt im Inneren des Trockners gefährliche, explosionsfähige Lösemitteldampf/Luft-Gemische bilden können. Speziell für Lösemitteldurchlauftrockner muss die Lösemittelkonzentration im Inneren auf 40 % der UEG (untere Explosionsgrenze) bei Trocknungstemperatur begrenzt sein. Bei Erfüllung weitergehender Anforderungen entsprechend EN 1539 sind 60 % bzw. 65 % der UEG bei Trocknungstemperatur zulässig.

Bei vorgegebenem Abluftvolumen des Trockners kann der höchste zulässige Lösemitteldurchsatz, d. h. die maximale Lösemittelmenge pro Stunde, entsprechend Anhang B.2 der Europeanorm EN 1539 berechnet werden. Die Richtigkeit der Berechnungen ist bei Inbetriebnahme des Trockners messtechnisch zu überprüfen. Dabei sind die ungünstigsten Verhältnisse, die zu einer maximalen Lösemitteldampfkonzentration führen können, zu berücksichtigen:

- höchste Trocknertemperatur
- größte Bahngeschwindigkeit
- größte Papierbahnbreite
- Papiere mit niedrigem Flächengewicht
- maximaler Farbauftrag.

Beim Einsatz automatischer Gummituchwaschanlagen ist aus Gründen des Explosionsschutzes auf die korrekte Einstellung des Abluftvolumenstromes in Kombination mit dem höchstzulässigen Durchsatz an Waschmitteln



Heatset-Schwebetrockner
für Rollenoffsetmaschinen

beim Gummituchwaschen zu achten. Grundsätzlich ist der maximale Waschmitteldurchsatz beim Gummituchwaschen an das beim Waschen zur Verfügung stehende Abluftvolumen des Trockners anzupassen.

Durch eine Messung muss nachgewiesen werden, dass die eingebrachte Waschmittelmenge den maximal zulässigen Waschmitteldurchsatz nicht überschreitet. Die Messung muss ebenfalls unter den ungünstigsten Betriebsbedingungen durchgeführt werden, die zu einer maximalen Lösemitteldampfkonzentration im Trockner führen können:

- höchste Trocknertemperatur
- minimale Produktionsgeschwindigkeit (niedrigste Waschgeschwindigkeit)
- maximale Papierbahnbreite
- minimale Waschzeit
- maximale Waschmitteleingabe gemäß Berechnung.

In den Messberichten sind neben der Berechnung auch die entsprechenden maschinentechnischen Randbedingungen ausreichend zu dokumentieren.

Für die Trocknung von Druckfarben, die niedrig siedende Lösemittel enthalten, wie sie im Tief- und Flexodruck verwendet werden, kommen vorwiegend Prallstrahlrockner zum Einsatz. Die Trocknungstemperaturen liegen im Regelfall unter 100 °C.

Lösemittel	Zündtemperatur (°C)	Flammpunkt (°C)
Ethanol	400	12
Ethylacetat	470	-4
Toluol	535	6
Pentadekan (C ₁₅ H ₃₂)	220	122

2.3.2 Ultraviolett-(UV-)Trocknung

Der Einsatz von UV-Farben und UV-Lacken kann prinzipiell bei allen gängigen Druckverfahren z. B.

- UV-Flexodruck
- UV-Offsetdruck
- UV-Tiefdruck
- UV-Siebdruck und UV-Tampondruck
- UV-Inkjetdruck

erfolgen. Im Gegensatz zur konventionellen oder physikalischen Trocknung handelt es sich bei der UV-Trocknung um eine chemische Trocknung durch härtende UV-Strahlung. Bedingt durch die energiereiche UV-Strahlung der Trockner und die reaktiven UV-Farben und UV-Lacke sind besondere Maßnahmen für den Gesundheitsschutz notwendig. Das betrifft im Einzelnen den Hand- und Hautschutz gegenüber UV-Farben und UV-Lacken, den Schutz vor direkter oder indirekter UV-Strahlung und je nach Trocknertyp den Schutz vor Ozon.

Die Strahlung muss durch Abschirmung, Schutzfilter oder Blenden so abgeschirmt sein, dass keine gesundheitsgefährliche Strahlung nach außen treten kann.

Verkleidungen und Verdeckungen, die häufig oder für Rüstarbeiten abgenommen werden, müssen mit der Strahlungsquelle so gekoppelt sein, dass diese beim Öffnen oder Entfernen der Schutzeinrichtungen zwangsläufig abgeschaltet wird (DGUV Regel 113-002, Nr. 4.5.1).

Herkömmliche UV-Trockner sind generell mit ausreichend wirksamen Luftabsaugungen zu betreiben, um zu gewährleisten, dass neben der durch die UV-Strahlung erzeugten Wärme auch das gebildete Ozon nicht in den Arbeitsraum gelangen kann. Die Absaugung muss so beschaffen sein, dass ein Betreiben des UV-Trockners nur bei laufender Absaugung möglich ist.

Beim Parallelbetrieb von UV-Trocknern und automatischen Zylinderwaschanlagen besteht ein erhöhtes Brand- und Explosionsrisiko. Entweder sind Waschanlage und UV-Trockner gegeneinander zu verriegeln oder der zulässige gefahrlose Parallelbetrieb ist durch aussagefähige Messun-

gen (Oberflächentemperaturen und Lösemitteldampf-Konzentrationen im Nahbereich des Trockners im Inneren der Druckmaschine) gegenüber der Berufsgenossenschaft nachzuweisen.

2.3.3. Infrarot-(IR-)Trocknung

Infrarot-Beheizungen von Infrarot-Lösemitteldurchlauftrocknern müssen explosionsgeschützt ausgeführt sein. Das ist nicht notwendig, wenn durch geeignete Luftführung sichergestellt ist, dass die Beheizung nur von Frischluft umspült ist und mit Lösemitteln angereicherte Luft nicht zu den Teilen der Heizung gelangen kann, deren Temperatur über der Zündtemperatur liegt. Die Frischluftzufuhr an diesen Teilen muss so lange aufrecht erhalten bleiben, bis die Temperatur unter die Grenztemperatur (Grenztemperatur = 80 % Zündtemperatur) abgesunken ist. Bei Ausfall der Frischluftzufuhr oder bei Stillstand der Transporteinrichtung muss die Beheizung selbsttätig abschalten (siehe auch DGUV Regel 113-002, Nr. 4.3).

2.3.4 Elektronenstrahl-(ES-)Trocknung

An Elektronenstrahl-Durchlauftrocknern darf die Strahlenexposition für das Bedienpersonal bei dauerndem Aufenthalt in den allgemein zugänglichen Bereichen die für die Bevölkerung zugelassenen Werte nicht überschreiten. Bezüglich der zulässigen Grenzwerte für Störstrahlung (Röntgenstrahlung) sind die Strahlenschutzverordnung und die Röntgenverordnung zu beachten.

Für die konstruktive Ausführung gilt, dass Verkleidungen und Verdeckungen, die häufig oder für Rüstarbeiten abgenommen werden, so mit der Strahlungsquelle verriegelt sein müssen, dass vor Öffnen oder Entfernen der Schutzeinrichtungen die Strahlungsquelle zwangsläufig abgeschaltet wird. Dies gilt auch für Verkleidungen und Verdeckungen, die z. B. für Instandhaltungsarbeiten abgenommen werden, wenn sie innerhalb einer Arbeitsschicht mindestens einmal abgenommen werden. Darüber hinaus muss, soweit erforderlich, an den sicherheitsrelevanten Stellen des Elektronenstrahl-Durchlauftrockners eine Strahlungsüberwachung vorhanden sein (siehe auch DGUV Regel 113-002, Nr. 4.6 und RöV §5 in Verbindung mit §§ 2b, 19 RöV).

2.4 Kollaborierende Robotersysteme

Mit zunehmendem Maße werden in der Druck- und Papierverarbeitenden Industrie kollaborierende Robotersysteme (kurz Cobots), z. B. zum Ab stapeln von Erzeugnissen auf Paletten, eingesetzt.

Ziel einer Cobot-Applikation ist, die Zusammenarbeit von Mensch und Roboter ohne trennende Schutz einrichtungen zu ermöglichen. Viele Anwendungen mit dem Roboter sind eher kooperierend als kollaborierend. Das heißt, der Bediener arbeitet nicht Hand in Hand mit dem Roboter und Berührungen mit dem Roboter sind nicht vorgesehen. So ist beispielsweise der Abtransport voller Paletten aus einem Cobot-Abstapler und das Beschicken des Cobot-Abstaplers mit leeren Paletten eine kooperierende Tätigkeit.

2.4.1 Rechtliche Grundlagen

Der Roboter selbst ist im Sinne der Maschinenrichtlinie eine unvollständige Maschine. Das heißt, es sind nicht alle Risiken der Roboterbewegungen abgesichert. Dies obliegt dem Hersteller der fertigen Applikation. Er muss ein Konformitätsbewertungsverfahren und eine Risikobeurteilung durchführen, wobei er nicht nur die bestimmungsgemäße Verwendung betrachten, sondern vielmehr auch mögliche vorhersehbare Verwendungen in allen Betriebssituationen und insbesondere reflexive Handlungen z. B. zur Störungsbeseitigung in die Betrachtung einbeziehen muss.

2.4.2 Normen und erläuternde Schriften

Die Normen

- EN ISO 10218-1 „Industrieroboter – Sicherheitsanforderungen – Teil 1: Roboter“ und
- EN ISO 10218-2 „Industrieroboter – Sicherheitsanforderungen – Teil 2: Robotersysteme und Integration“

beschreiben Anforderungen an Industrieroboter und behandeln auch den kollaborierenden Betrieb.

Die Technische Spezifikation

- ISO/TS 15066 „Roboter und Robotikgeräte – Kollaborierende Roboter“

legt Sicherheitsanforderungen an kollaborierende Industrierobotersysteme und die Arbeitsumgebung fest und ergänzt die in ISO 10218-1 und ISO 10218-2 angeführten Anforderungen und Anleitungen zum Betrieb von kollaborierenden Industrierobotern.

Unter anderem sind dort Kraft- und Druckgrenzwerte für den Kontakt mit dem Menschen definiert (Tabelle 1).

Die DGUV-Information

- FB HM-080 „Kollaborierende Robotersysteme – Planung von Anlagen mit der Funktion Leistungs- und Kraftbegrenzung“

erläutert die ISO/TS 15066 und beschreibt allgemeine Anforderungen sowie ein Messverfahren, mit dem die Einhaltung der Grenzwerte überprüft werden kann.

Körperlokalisierung			Quasi statischer Kontakt (Klemmen)		Transienter Kontakt (Freier Stoß)	
Spezifische Lokalisation		Körperregion	Spitzendruck P_s [N/cm ²] (Anmerkung 1)	Kraft F_s [N] (Anmerkung 2)	Spitzendruck P_T Faktor (Anmerkung 3)	Kraft F_T Faktor (Anmerkung 3)
1	Stirnmittel	Schädel und Stirn	130	130	2	2
2	Schläfe		110			
3	Kaumuskel	Gesicht	110	65		
4	Halsmuskel	Nacken	140	150		
5	Dornfortsatz 7. Halswirbel		210			

6	Schultergelenk	Rücken und Schultern	160	210	2	2
7	Dornfortsatz 5. Halswirbel		210			
8	Brustbein	Brust	120	140		
9	Brustmuskel		170			
10	Bauchmuskel	Bauch	140	110		
11	Beckenknochen	Becken	210	180		
12	Deltamuskel	Oberarm und Ellenbogen	190	150		
13	Oberarmknochen		220			
14	Speichenknochen	Unterarm und Handgelenk	190	160		
15	Unterarmmuskel		180			
16	Armnerf		180			
17	Zeigefingerbeere d	Hand und Finger	300	140		
18	Zeigefingerbeere nd		270			
19	Zeigefingerendgelenk d		280			
20	Zeigefingerendgelenk nd		220			
21	Daumenballen		200			
22	Handinnenfläche d		260			
23	Handinnenfläche nd		260			
24	Handrücken d		200			
25	Handrücken nd	190				
26	Oberschenkelmuskel	Oberschenkel und Knie	250	220		
27	Kniescheibe		220			
28	Schienbein	Unterschenkel	220	130		
29	Wadenmuskel		210			

Tabelle 1: Biomechanische Grenzwerte

Anmerkung 1:

Die für den Spitzendruck angegebenen Werte wurden im Rahmen einer Studie durch eine unabhängige Institution ermittelt [7]. Es wurden 100 Probanden aus der Industrie sowie aus der Öffentlichkeit experimentell untersucht. Bei den angegebenen Grenzwerten handelt es sich um Schmerztrittsgrenzen, d. h. die Wahrnehmungsschwelle bei welcher ein empfundenes Druckgefühl in einen beginnenden Schmerz übergeht. Die angegebenen Spitzendrücke entsprechen dem in der Studie ermittelten dritten Quartil. Bei der Studie wurden speziell für diesen Zweck hergestellte Apparate benutzt. Die Studie wurde durch die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) beauftragt mit beratender Einbeziehung von ISO/TC/184/SC 2/WG 3 sowie DIN NAM 60-30-02-AA.

Anmerkung 2:

Die für die Kraft angegebenen Werte wurden im Rahmen einer für diesen Zweck vom Institut für Arbeitsschutz durchgeführten Literaturstudie ermittelt [8]. Es wurden 180 Literaturquellen ausgewertet. Die ange-

gebenen Grenzwerte beziehen sich auf Verletzungseintrittsgrenzen unterhalb AIS 1. Die Grenzwerte gelten nach bisheriger Erfahrung als hinreichend konservativ. Weitere Forschungen zur Spezifizierung der Kraftgrenzwerte sind in Vorbereitung.

Anmerkung 3:

Die Grenzwerte für transienten Kontakt sind als Faktor zu verwenden (Multiplikation der Werte für quasi statischen Kontakt). Sie entstammen den Literaturquellen [12, 13]. Nach Literaturangaben werden Faktoren von mindestens zwei ausgewiesen, jedoch in der Regel größer als zwei. Die angegebenen Grenzwerte gelten als hinreichend konservativ. Weitere Forschungen zur Spezifizierung von transienten biomechanischen Grenzwerten sind in Vorbereitung.

Literaturhinweis:

[7] Wissenschaftlicher Schlussbericht zum Vorhaben FP-0317 „Kollaborierende Roboter – Ermittlung der Schmerzempfindlichkeit an der

Mensch-Maschine-Schnittstelle“. Universitätsmedizin – Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin Obere Zahlbacher Straße 67. 55131 Mainz

[8] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV) vom 3. Februar 2015 (BGBl. I S. 49), zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 13. Juli 2015 (BGBl. I S. 1187) geändert.

[12] Yamada, Suita, Ikeda, Sugimoto, Miura, Nakamura: Evaluation of Pain tolerance based on a biomechanical method for Human-Robot Coexistence. Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers. 1997. Page 2814–1819

[13] D. Mewes, F. Mauser: Safeguarding Crushing Points by limitation of Forces. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (Jose), Vol. 9, No. 2, 177–191

2.4.3 Anforderungen & Maßnahmen

Das meistens am Cobot umgesetzte Schutzkonzept basiert auf der sicheren Begrenzung physikalischer Größen wie Kraft und Geschwindigkeit der Roboterbewegungen. Es sind aber noch weitere Bedingungen zu erfüllen, die im Folgenden beschrieben werden.

Die wichtigsten Anforderungen an eine Cobot-Applikation sind:

- Bei bestimmungsgemäßer und vorhersehbarer Verwendung ist der Kontakt mit dem Kopf und Kehlkopf von Personen auszuschließen! Ansonsten sind nur sehr geringe Geschwindigkeiten und bewegte Massen erlaubt, um die Grenzwerte einzuhalten oder der Arbeitsbereich des Roboters muss z. B. durch trennende Schutzeinrichtungen gesichert werden.
- Der Roboter darf nur ohne Schutzeinrichtungen betrieben werden, wenn die Kräfte oder Drücke die Grenzwerte der ISO/TS 15066 nicht überschreiten!
- Für die Beurteilung müssen also die Kräfte und Drücke, die bei Kontakt mit dem Bediener auftreten können, bekannt sein. Diese müssen anhand von Messungen an kritischen Punkten durchgeführt und in einem Messprotokoll dokumentiert werden. Für diese Messungen ist Spezialausrüstung erforderlich, das z. B. bei der BG ETEM, dem Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA) oder oft auch bei den Roboter-Integratoren vorhanden ist.
- Sind Kräfte oder Drücke zu hoch oder muss der Kopf geschützt werden, kann der Arbeitsbereich des Roboters z. B. durch berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen wie Laserscanner überwacht werden. Die Abstände dieser Schutzeinrichtungen müssen so bemessen sein, dass die Roboterbewegung rechtzeitig so rechtzeitig verlangsamt ist, dass beim Kontakt des Bedieners mit dem Roboter sichere Werte für Kraft und Druck eingehalten sind. Hilfestellung bietet die Norm EN ISO 13855 über Annäherungsgeschwindigkeiten.
- Besondere Gestaltungsmaßnahmen gelten beim Greiferarm mit seinem Greiferwerkzeug. Er muss das Produkt nicht nur sicher festhalten sondern insbesondere sich mit dem Takt der Produktion bewegen. Dennoch muss seine Geschwindigkeit so gewählt sein, dass die auftretenden Kräfte und Drücke bei Kontakt mit einem Menschen möglichst gering sind. Deshalb sollte der

Greifer aus flexiblen Material bestehen und mit Rundungen großer Radien ausgeführt sein. Maßnahmen wie z. B. die magnetisch wirkende Halterung des Greifers, so dass er bei Kontakt abfällt, sind denkbar. In Folge des Abfallens könnte der Roboter über die Steuerung stillgesetzt werden. Um beim Aufnehmen des Produkts durch den Greifer die Schergefahr für die Hände zu vermeiden, sollte der Greifer z. B. durch Federkraft nach oben ausweichend gestaltet sein.

- Die vom Cobot bewegten Produkte müssen bei der Risikobeurteilung mitberücksichtigt werden. Durch unnachgiebiges oder scharfkantiges Material können gefährliche Stoßstellen existieren. Und Produkte, die herabfallen oder herausgeschleudert werden, dürfen nicht zu einer Gefährdung führen. Der reflexartige Zugriff eines Mitarbeiters bei herabgefallenen Produkten ist immer zu erwarten.
- Aufnahme- und Ablagestellen sowie möglicherweise vorhandene Hubeinrichtungen müssen konstruktiv sicher gestaltet sein. Anderenfalls sind geeignete Schutzeinrichtungen zu integrieren.
- Die Steuerung des Cobots integriert Sicherheitsfunktionen wie z. B. eine sicher begrenzte Geschwindigkeit, die Begrenzung des Bewegungsraums des Roboterarms, die sichere Stillstandsüberwachung etc.. Daher müssen die Steuerungen durch eine zugelassene Prüfstelle zertifiziert sein!
- Außerhalb des Gefahrenbereichs ist mindestens ein Not-Halt-Befehlsgerät sowie ein Quittier-Taster erforderlich. Nach Betätigung des Not-Halt muss der Cobot sofort stoppen und der Wiederanlauf darf erst nach manueller Quittierung erfolgen.
- Wenn keine trennenden Schutzeinrichtungen verwendet werden, sollte der maximale Bewegungsbereich des Cobots deutlich markiert sein.
- Nur die geprüfte Gesamtapplikation darf ortsveränderlich sein, unter Einhaltung von Sicherheitsabständen zu feststehenden Elementen.
- Administrative Veränderungen an sicherheitsrelevanten Einstellungen im Programm müssen mittels geeigneter Maßnahmen (z. B. Passwort) verhindert sein.
- Das Übergabeprotokoll der Cobot-Applikation muss die Prüfsumme des Sicherheitsprogramms beinhalten. Die aktuelle Prüfsumme muss jederzeit auslesbar sein. Damit könnte nachvollzogen werden, ob Änderungen an der Konfiguration stattgefunden haben.

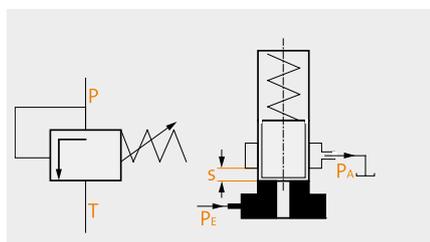
Anhang

Bildzeichen von Ventilen, Stell- und Steuergliedern

Druckregelventile

- **Einstellbares Druckbegrenzungsventil (Überdruckventil; DBV):**

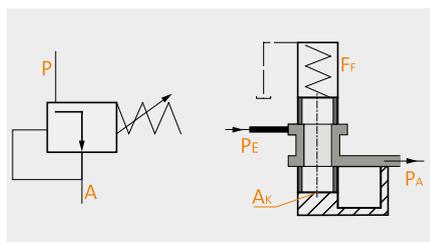
Das DBV hat die Aufgabe, den Systemdruck auf einen bestimmten vorgegebenen Wert zu begrenzen. In ihm wird der Eingangsdruck des Ventils geregelt. Bei Erreichen oder Überschreiten des über die Feder vorgegebenen Druckwertes wird der Durchgang geöffnet und das Druckmedium fließt entweder in den Tank zurück (Hydraulik) oder wird ins Freie abgelassen (Pneumatik).



Symbol / Druckbegrenzungsventil als Schieberventil (Hydraulik)

- **Einstellbares Druckregelventil (Druckminderventil; DRV):**

Das DRV mindert den Ausgangsdruck (Verbraucherdruck) unter den Druck des Fluidsystems und hält ihn konstant.



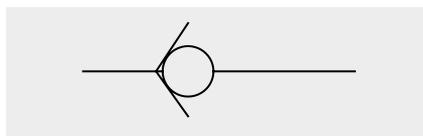
Symbol / (2-Wege-)Druckregelventil (Hydraulik)

Entsprechend der Aufgabe des Druckregelventils, den Ausgangsdruck zu regeln, wird dieser auf die Stirnseite AK des Steuerkolbens geleitet und dort mit der Kraft FF der Regelfeder verglichen. Die Kräfte am Ventilschieber sind stets ausgeglichen.

- **Rückschlagventile**

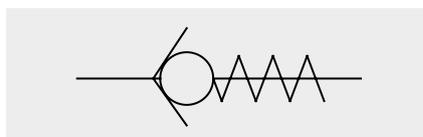
- **Einfaches Rückschlagventil**

Das einfache Rückschlagventil gibt den Durchfluss in einer Richtung frei und sperrt ihn in der Gegenrichtung vollständig. Der Dichtkörper (Kugel, Platte oder Kegel) wird allein durch die Druckkraft der Druckflüssigkeit auf den Sitz gedrückt.



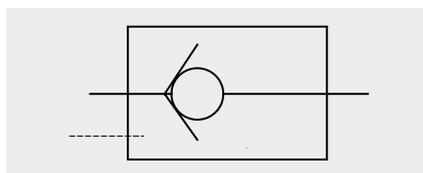
- **Rückschlagventil mit Rückstellfeder**

Beim Rückschlagventil mit Rückstellfeder wird der Dichtkörper mittels einer Rückstellfeder auf den Sitz zurückgedrückt. Erst bei definiertem Druck (Federkraft) erfolgt die Öffnung.



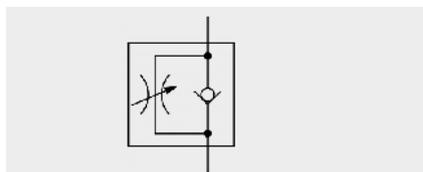
- **Entsperrbares Rückschlagventil**

Bei einem entsperrbaren Rückschlagventil besteht die Möglichkeit, die Sperrung durch ein Steuersignal aufzuheben. Damit wird das Ventil wahlweise in beide Richtungen durchströmbar. Dadurch können z. B. Zylinder in Zwischenstellungen angehalten werden. Die Absperrung kann durch Druckausfall oder durch ein gezieltes Steuersignal eingeleitet werden.



- **Drosselrückschlagventile**

Das Drosselrückschlagventil vereint Rückschlagventil und Drossel. Beide Elemente sind parallel zueinander angeordnet. Diese Ventile dienen in der Fluidtechnik der Geschwindigkeitsreduzierung in einer Bewegungsrichtung.



• **Drosselventile**

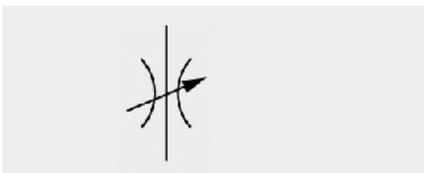
– **Nicht verstellbares Drosselventil**

Beim nicht verstellbaren Drosselventil erfolgt die Beeinflussung des Volumenstroms über eine konstante Verengung des Querschnitts.



– **Einstellbares Drosselventil**

Beim einstellbaren Drosselventil lässt sich die Verengung des Querschnitts und somit die Beeinflussung des Volumenstroms verändern. Die Einstellung des Drosselventils erfolgt entweder von Hand, mechanisch, pneumatisch oder elektrisch.

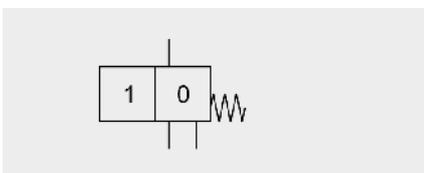


Wegeventile (WV)

Symboldarstellung und Bezeichnung der Wegeventile

• **Schaltstellungen**

Jede einzelne Schaltstellung eines Wegeventils wird durch ein Quadrat dargestellt. Die einzelnen Schaltstellungen können mit den Zahlen 0, 1 und 2 bezeichnet. Die Stellung 0 bleibt der Ruhestellung (Sperrstellung) vorbehalten, während mit den Zahlen 1 und 2 die Durchflussstellungen bezeichnet werden.



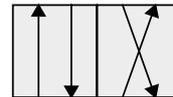
z. B. Zwei-Wegeventil mit Feder

Verbindungen und Durchflussrichtungen von Wegeventilen

ANGABE DER VERBINDUNGEN IN DER SYMBOLDARSTELLUNG

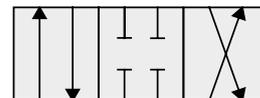
1 Innerhalb der Quadrate (Schaltstellungen) werden die jeweiligen Verbindungen durch Linien dargestellt.

2 Die Durchflussrichtung wird mit einem Pfeil angegeben
Beispiel



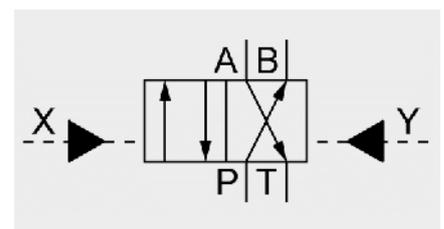
3 Sperrungen werden durch Querstriche innerhalb der Quadrate dargestellt

Beispiel



Die Anschlüsse des Ventils können durch festgelegte Bezeichnungen angegeben werden

Anschluss	Hydraulik	Pneumatik
Arbeitsleitung	A, B, C, ...	2, 4 (gerade Zahl)
Druckleitung	P	1
Abfluss (zum Tank)	T, R, S, ...	3, 5 (ungerade Zahl)
Steuerleitung	X, Y, Z, ...	12, 14
Leckölleitung	L	

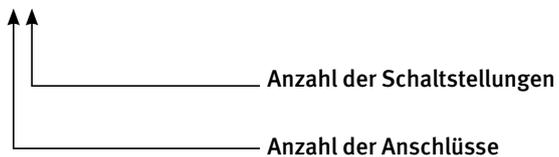


Beispiel
Ventil mit Anschluss und Steuerung

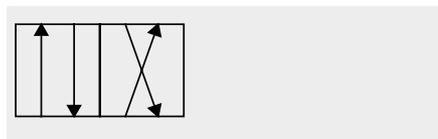
• **Bezeichnung der Wegeventile**

Die Wegeventile werden einerseits durch die Anzahl der Anschlüsse, andererseits durch die Anzahl der möglichen Schaltstellungen bezeichnet:

x/y-Wegeventil



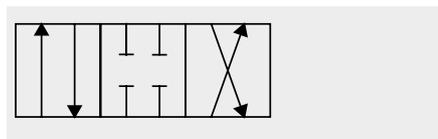
Beispiele



Anzahl der Anschlüsse: 4

Anzahl der Schaltstellungen: 2

Bezeichnung des Wegeventils: 4/2-Wegeventil



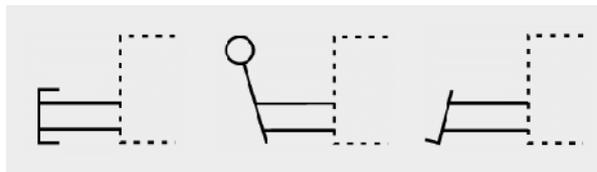
Anzahl der Anschlüsse: 4

Anzahl der Schaltstellungen: 3

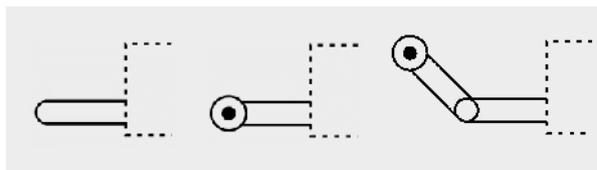
Bezeichnung des Wegeventils: 4/3-Wegeventil

• **Betätigung der Wegeventile**

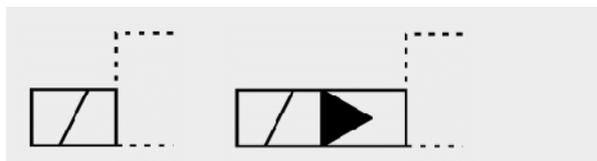
– **Betätigung mit Hand oder Fuß**



– **Mechanische Betätigung**



– **Elektromagnetische Betätigung**



Richtlinien und Normen

Europäische Richtlinien

- Lärmrichtlinie 2003/10/EG
- Maschinenrichtlinie 2006/42/EG
- Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU
- Richtlinie über einfache Druckbehälter 2014/29/EU
- ATEX-Richtlinie 2014/34/EU

Normen

▶ EN 286-1

Einfache unbefeuerte Druckbehälter für Luft oder Stickstoff – Teil 1: Druckbehälter für allgemeine Zwecke

▶ EN ISO 13854

Sicherheit von Maschinen – Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens von Körperteilen

▶ EN 482

Exposition am Arbeitsplatz – Verfahren zur Bestimmung der Konzentration von chemischen Arbeitsstoffen – Grundlegende Anforderungen an die Leistungsfähigkeit

▶ EN ISO 13851

Sicherheit von Maschinen – Zweihandschaltung, funktionelle Aspekte, Gestaltungsleitsätze

▶ EN 614-1

Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Gestaltungsgrundsätze – Teil 1: Begriffe und allgemeine Leitsätze

▶ EN 614-2

Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Gestaltungsgrundsätze – Teil 2: Wechselwirkungen zwischen der Gestaltung von Maschinen und den Arbeitsaufgaben

▶ EN ISO 14123-1

Sicherheit von Maschinen – Minderung von Gesundheitsrisiken, die auf Gefahrstoffemissionen von Maschinen zurückzuführen sind – Teil 1: Grundsätze und Festlegungen für Maschinenhersteller

▶ EN ISO 14123-2

Sicherheit von Maschinen – Minderung von Gesundheitsrisiken, die auf Gefahrstoffemissionen von Maschinen zurückzuführen sind – Teil 2: Methodik beim Aufstellen von Überprüfungsverfahren

▶ EN 689

Exposition am Arbeitsplatz – Messung der Exposition durch Einatmung chemischer Arbeitsstoffe – Strategie zur Überprüfung der Einhaltung von Arbeitsplatzgrenzwerten

▶ EN 894-1

Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen – Teil 1: Allgemeine Leitsätze für Benutzer-Interaktion mit Anzeigen und Stellteilen

▶ EN 894-2

Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen – Teil 2: Anzeigen

▶ EN 894-3

Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen – Teil 3: Stellteile

▶ EN ISO 14120

Sicherheit von Maschinen – Trennende Schutzeinrichtungen – Allgemeine Anforderungen an Gestaltung und Bau von feststehenden und beweglichen trennenden Schutzeinrichtungen

▶ EN 1005-2

Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 2: manuelle Handhabung von Gegenständen in Verbindung mit Maschinen und Maschinenteilen

▶ EN 1005-3

Sicherheit von Maschinen – Menschliche körperliche Leistung – Teil 3: Empfohlene Kraftgrenzen bei Maschinenbetätigung

▶ EN 1010-1

Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsanforderungen an Konstruktion und Bau von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen – Teil 1: Gemeinsame Anforderungen

▶ EN 1010-2

Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsanforderungen an Konstruktion und Bau von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen – Teil 2: Druck- und Lackiermaschinen einschließlich Maschinen der Druckvorstufe

▶ EN 1010-3

Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsanforderungen an Konstruktion und Bau von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen – Teil 3: Schneidemaschinen

▶ EN 1010-4

Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsanforderungen an Konstruktion und Bau von Druck- und Papierverarbeitungsmaschinen – Teil 4: Buchbinderei-, Papierverarbeitungs- und Papierveredelungsmaschinen

► EN ISO 14122-2

Sicherheit von Maschinen – Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen – Teil 2: Arbeitsbühnen und Laufstege

► EN ISO 14122-3

Sicherheit von Maschinen – Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen – Teil 3: Treppen, Treppenleitern und Geländer

► EN ISO 14122-4

Sicherheit von Maschinen – Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen – Teil 4: Ortsfeste Steigleitern

► EN 14986

Konstruktion von Ventilatoren für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen

► EN 60079-0

Explosionsgefährdete Bereiche – Teil 0: Betriebsmittel – Allgemeine Anforderungen

► EN 60079-1

Explosionsgefährdete Bereiche – Teil 1: Geräteschutz durch druckfeste Kapselung: „d“

► EN 60204-1

Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen

► EN 60825-1

Sicherheit von Lasereinrichtungen – Teil 1: Klassifizierung von Anlagen und Anforderungen

► EN 60947-5-1

Niederspannungsschaltgeräte – Teil 5-1 – Steuergeräte und Schaltelemente – Elektromechanische Steuergeräte

► EN 61310-1

Sicherheit von Maschinen – Anzeigen, Kennzeichen und Bedienen – Teil 1: Anforderungen an sichtbare, hörbare und tastbare Signale

► EN 61310-2

Sicherheit von Maschinen – Anzeigen, Kennzeichen und Bedienen – Teil 2: Anforderung an die Kennzeichnung

► EN 61496-1

Sicherheit von Maschinen – Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen

Bezugsquelle für Normen

Beuth Verlag GmbH
Burggrafenstraße 6
10787 Berlin
www.beuth.de

Rechtsgrundlagen, Broschüren, DGUV Regeln und Informationen

Verordnungen

- Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV)
- Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV)

Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)

- TRGS 402: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition
- TRGS 420: Verfahrens- und stoffspezifische Kriterien (VSK) für die Ermittlung und Beurteilung der inhalativen Exposition
- TRGS 430: Isocyanate – Gefährdungsbeurteilung und Schutzmaßnahmen
- TRGS 723: Gefährliche explosionsfähige Gemische – Vermeidung der Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Gemische
- TRGS 900: Arbeitsplatzgrenzwerte
- TRGS 905: Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder, fortpflanzungsgefährdender Stoffe

DGUV Regeln und DGUV Informationen

- DGUV Regel 109-002: Arbeitsplatzlüftung – Lufttechnische Maßnahmen
- DGUV Regel 113-002: Sicherheitsregeln für Durchlauffrockner von Druck- und Papierverarbeitungsanlagen
- DGUV Information 203-079: Auswahl und Anbringung elektromechanischer Verriegelungseinrichtungen für Sicherheitsfunktionen
- DGUV Information 213-715: Verwendung von reaktiven PUR-Schmelzklebstoffen bei der Verarbeitung von Holz, Papier und Leder

VDI-Richtlinien

- VDI 2262 Blatt 1–4: Luftbeschaffenheit am Arbeitsplatz – Minderung der Exposition durch luftfremde Stoffe
- VDI 2263: Staubbrände und Staubexplosionen; Gefahren, Beurteilung, Schutzmaßnahmen

Broschüren und Prüfstellen-Infos

- Broschüre MB034, BG ETEM: UV-Trocknung
- Broschüre MB049, BG ETEM: Voraussetzungen für das Inverkehrbringen von Maschinen in den Europäischen Wirtschaftsraum
- DP-Prüfstellen-Info 904: Anforderungen an PUR-Schmelzklebstoff-Auftragsysteme in Klebbindemaschinen und an PUR Vorschmelzgeräte
- DP-Prüfstellen-Info 917: Bestimmung der Emissions-Schalldruckpegel an Druck- und Papierverarbeitungsanlagen

**Berufsgenossenschaft
Energie Textil Elektro
Medienerzeugnisse**

Gustav-Heinemann-Ufer 130
50968 Köln
Telefon 0221 3778-0
Telefax 0221 3778-1199

Bestell-Nr. MB050



www.bgetem.de



facebook.com/bgetem



youtube.com/dieibgetem



twitter.com/bg_etem



instagram.com/bg__etem



xing.to/bgetem



de.linkedin.com/company/bgetem



www.bgetem.de/ganzsicher