

Sicherheit von Maschinen

S. Bonhagen, Oldenburg

Die neu erschienene Vornorm DIN CLC/TS 62046 (VDE V 0113-211):2009-04 „Sicherheit von Maschinen, Anwendung von Schutzausrüstungen zur Anwesenheitserkennung von Personen“ spezifiziert Anforderungen an Auswahl, Positionierung, Konfiguration und Inbetriebnahme von Schutzeinrichtungen zum Erkennen von Personen. Ziel ist es, den Schutz von Personen vor gefährbringenden Teilen von Maschinen in industriellen Anwendungen sicherzustellen.

1 Auswahl von Schutzmaßnahmen

Diese Spezifikation behandelt die Möglichkeit der Anwendung von **berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen (BWS) nach IEC 61496 (alle Teile) sowie Schaltmatten und Schaltplatten nach ISO 13856-1**. Es werden die Merkmale der Maschinen, der Schutzeinrichtung und der Umgebung sowie die menschliche Interaktion durch Personen im Alter von 14 Jahren und darüber berücksichtigt.

Bei der Herstellung von Maschinen ist der Konstrukteur, Planer und Errichter aufgefordert, diese Maschinen als „sichere Maschinen“ zu konstruieren. Die Norm baut auf dem Grundgedanken der DIN EN ISO 12100-1 „Sicherheit von Maschinen – Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze – Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodologie“ auf und stellt eine Erweiterung der 2. Stufe zur Risikominderung durch Schutzeinrichtungen dar.

Die beschriebenen Verfahren basieren auf der Grundlage, dass eine Risikobeurteilung nach DIN EN ISO 14121 „Sicherheit von Maschinen – Risikobeurteilung – Teil 1: Leitsätze“ durchgeführt wurde und Maßnahmen zur Beseitigung oder Verminderung von Risiken durch inhärent sichere Konstruktion und Absicherung durch Schutzmaßnahmen berücksichtigt wurden. Unter **inhärenter Sicherheit** versteht man, dass ein technisches System derart konstruiert ist, dass es auch nach dem Ausfall externer Komponenten sicher arbeitet.

Die folgenden Merkmale sind bei dem Auswahlverfahren zu berücksichtigen, wenn Schutzeinrichtung und erforderlichenfalls weitere Schutzmaßnahmen als Mittel zur Risikominderung bewertet werden:

- Maschinenmerkmale;
- Umgebungsmerkmale;
- menschliche Eigenschaften;
- Merkmale der Schutzeinrichtung.

Autor

Sven Bonhagen ist Fachplaner für Elektro- und Informationstechnik sowie Dozent am BFE Oldenburg.

2 Schutzeinrichtungen

Die in dieser Norm beschriebenen berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen (BWS) werden typischerweise gewählt, wenn der Maschinenbetrieb häufigen Zugang, Eingreifen des Personals, Zuführen von Material oder einen guten Überblick über die Maschine oder das Verfahren erfordert (Bild 1). BWS finden auch dann Anwendung, wenn zu bevorzugende feste trennende Schutzeinrichtungen aus produktionstechnischen Gründen nicht angewandt werden können.

Einige Eigenschaften bestimmter Maschinen können jedoch die Verwendung von BWS als alleinige Schutzmaßnahme ausschließen. Beispiele dieser Maschineneigenschaften sind:

- die Möglichkeit eines Auswurfes von Material, Spänen oder Teilen von Komponenten durch die Maschine;
- das Risiko einer Verletzung durch thermische oder andere Strahlung;
- inakzeptable Lärmpegel;
- eine Umgebung, durch die die Funktion der Schutzeinrichtung nachteilig beeinflusst werden kann (z. B. durch Temperatur, Verschmutzung, Strahlung) und
- ein Material, bei dessen Be- oder Verarbeitung die Wirksamkeit der Schutzmaßnahme beeinflusst werden kann (z. B. durch Reflexionen).

1 Darstellung einer BWS mit einer Mehrstrahl-Sicherheits-Lichtschanke an einem Ausleger einer Bogendruckmaschine

Das ist die Bearbeitungsstation, in der die bedruckten Papierbögen automatisch auf einer Palette abgelegt werden. In diesen Bereich muss das Bedienpersonal eingreifen können, um z. B. Paletten aus- und einzufahren oder Druckproben zu entnehmen

Quelle: Leuze electronic



Dort, wo solche Situationen vorliegen, können zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen erforderlich sein. Ein Beispiel für eine zusätzliche Maßnahme, die unter solchen Umständen angewandt werden kann, sind örtliche trennende Schutzeinrichtungen zur Verhinderung des Auswerfens.

2.1 BWS als Schutzeinrichtung mit Annäherungsreaktion

Die BWS lässt sich auf **zwei Arten** einsetzen. Beim Einsatz als Schutzeinrichtung mit Annäherungsreaktion soll die BWS Personen, die sich einer laufenden Maschine nähern, erkennen und eine sofortige Stillsetzung der Maschine veranlassen. **Die Stillsetzung der Maschine muss so schnell erfolgen, dass ein Erreichen der Gefahrenbereiche durch die Person oder Gliedmaßen dieser Person nicht möglich ist.**

Diese Form der Schutzeinrichtung ist nur für Maschinen anwendbar, bei denen die Nachlaufzeit bestimmbar und bekannt ist. Der Sicherheitsabstand der BWS zu dem Gefahrenbereich muss so groß gewählt werden, dass beim Durchschreiten der BWS und dem anschließenden Erreichen des Gefahrenbereiches die gefährliche Situation nicht mehr besteht. Die Sicherheitsabstände lassen sich für jeden Maschinentyp unter Berücksichtigung der Ansprechzeit der Schutzeinrichtung, der maschinenspezifischen Stillsetzzeit sowie Zuschlägen für Leistungsverluste und anderen Faktoren und Toleranzen berechnen.

Der **Mindestabstand der Schutzeinrichtung mit Annäherungsreaktion** von der Gefährdung an der Maschine (Gefahrenbereich) ist mit der aus DIN EN ISO 13855 „Sicherheit von Maschinen – Anordnung von Schutzeinrichtungen im Hinblick auf Annäherungsgeschwindigkeiten von Körperteilen“ übernommenen Gleichung zu berechnen:

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

S Mindestabstand in mm von der Gefährdung an der Maschine (Gefahrenbereich) zum Erkennungspunkt, zur Erkennungslinie, -fläche oder zum Erkennungsbereich

K Parameter in mm/s, abgeleitet aus Daten über Annäherungsgeschwindigkeiten des Körpers oder von Körperteilen

T Nachlauf des gesamten Systems in s

C zusätzlicher Abstand in mm, basierend auf dem Eindringen des Körpers oder von Teilen des Körpers in Richtung Gefährdung an der Maschine (Gefahrenbereich) vor Auslösung der Schutzeinrichtung mit Annäherungsreaktion

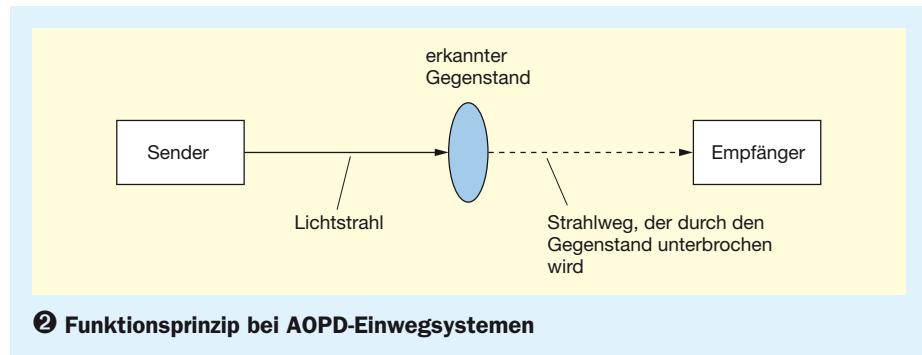
Für den Sicherheitsabstand muss das Sensordetektionsvermögen der Schutzeinrichtung in Bezug zu menschlichen Eigenschaften einschließlich der Annäherungsgeschwindigkeit, das Eindringen von Körperteilen, die Möglichkeiten des Umgehens sowie der Nachlauf des Gesamtsystems berücksichtigt werden.

Bei bewegten Teilen von Maschinen (zum Beispiel Lochpressen, Flächenschleifern) oder bewegten Werkstücken, durch die sich der Mindestabstand verringern kann, muss der verwendete Mindestabstand von der maximalen Ausdehnung des bewegten Teils zur Annäherungsrichtung aus gelten. Es ist immer der kritischste Fall zu bewerten, das gilt z. B. für die höchste Werkzeuggeschwindigkeit, den kleinsten Abstand zwischen der BWS und dem Gefahrenbereich und die größtmöglichen Werkstückgrößen und -gewichte.

Bei einigen Maschinen kann, zum Beispiel aufgrund einer großen Schwungmasse, die Nachlaufzeit so hoch sein, dass die BWS als Schutzeinrichtung mit Annäherungsreaktion nicht ohne weitere Maßnahmen anwendbar ist, da die erforderlichen Sicherheitsabstände zu groß werden. Bei solchen Maschinen können ggf. konstruktive Veränderungen in Betracht gezogen werden, wie beispielsweise

- Auswahl von Schutzeinrichtungen mit besserem Sensordetektionsvermögen oder schnellerer Ansprechzeit;
- Verringerung der Gesamt-Anhaltezeit (der Gesamt-Nachlaufzeit), z. B. durch verbessertes Bremsen, verringerte Geschwindigkeit oder Trägheit;
- Verringerung des Nachlaufes des Gesamtsystems, z. B. durch festverdrahtete Verbindungen anstelle eines Feldbusses, Verwendung von Komponenten mit schnellerer Ansprechzeit, verringerter Anzahl der zwischengeschalteten Einrichtungen;
- Verwendung einer anderen Annäherungskonfiguration zur Verminderung des Eindringens in Richtung Gefährdung, z. B. Anheben von am Boden eingebauten Schutzeinrichtungen mit Annäherungsreaktion, so dass der Zuschlag für den ersten Schritt verringert wird.

Erforderlichenfalls müssen ergänzende Schutzmaßnahmen vorgesehen sein, um sicherzustellen, dass eine Annäherung an den Gefahrenbereich der Maschine nur durch das Schutzfeld der Schutzeinrichtung mit Annäherungsreaktion möglich ist und unerwarteter Anlauf der Maschine nicht möglich ist, nachdem eine Person durch das Schutzfeld der



2 Funktionsprinzip bei AOPD-Einwegsystemen

Schutzeinrichtung mit Annäherungsreaktion zum Gefahrenbereich der Maschine gelangt ist.

Diese ergänzenden Schutzmaßnahmen können beispielsweise Folgendes beinhalten:

- Barrieren, um sicherzustellen, dass die Annäherung einer Person an die Gefährdung aus Richtungen, die nicht durch die Schutzeinrichtung abgesichert sind, nicht möglich ist;
- Vorsehen einer Wiederanlaufsperrung;
- Vorsehen einer Anwesenheitsüberwachungseinrichtung;
- Maßnahmen, um zu verhindern, dass sich eine Person zwischen der Schutzeinrichtung und dem Gefahrenbereich befindet.

2.2 Anwesenheitsüberwachungseinrichtung

Eine BWS in der Funktion als Anwesenheitsüberwachung erkennt kontinuierlich die Anwesenheit einer Person oder eines Teils einer Person in ihrem Schutzfeld. Wenn die BWS eine Person detektiert, signalisiert sie der Steuerung der Maschine, in einem nicht gefahrbringenden Zustand zu verbleiben. Beim Ansprechen der BWS gehen die Ausgangsschaltenelemente (OSSDs) in den AUS-Zustand über und verbleiben im AUS-Zustand, bis die Person oder der Teil einer Person das Schutzfeld verlassen hat und die Ausrüstung zurückgestellt wurde.

Die Schutzeinrichtung wird verwendet, wenn es einer Person, die sich im Gefahrenbereich der Maschine aufhält, nicht möglich sein soll, die Maschine in Gang zu setzen.

Wenn eine Schutzeinrichtung nur als Anwesenheitsüberwachung verwendet wird, muss sie erforderlichenfalls zusammen mit anderen Sicherheitsmaßnahmen (beispielsweise einer verriegelten trennenden Schutzeinrichtung) verwendet werden, um sicherzustellen, dass die Maschine sich in einem nicht gefahrbringenden Zustand befindet, bevor ein Zugang möglich ist.

Das Schutzfeld von Anwesenheitsüberwachungseinrichtungen muss so angeordnet und konfiguriert sein, dass eine Person im gesamten Gefahrenbereich erkannt wird. Ergänzende Maßnahmen können erforderlich sein, um sicherzustellen, dass ein Umgehen des Schutzfeldes nicht möglich ist, beispielsweise durch Verbleiben zwischen Schutzfeld

und Gefahrenbereich oder durch Eingreifen in den Gefahrenbereich. Beispiele für Maßnahmen zur Verhinderung des Verbleibs zwischen Schutzfeld und Gefahrenbereich sind:

- angeschrägte Oberflächen, um ein Stehen auf Maschinenrahmen/-füßen zu verhindern, und
- keine vorstehenden Teile, welche ein Erklettern ermöglichen, an Innenflächen von Umzäunungen.

2.3 Menschliche Eigenschaften

Die Konstruktion der Maschine und die Anordnung der Schutzeinrichtungen muss so erfolgen, dass die Annäherungsgeschwindigkeit und -richtung der Person, der zu erkennende Teil der menschlichen Anatomie (z. B. Finger, Hand, Bein, ganzer Körper) und die menschliche Interaktion mit der Maschine, einschließlich vorhersehbarer Fehlanwendung, berücksichtigt werden.

Die Schutzeinrichtung und gegebenenfalls zusätzliche Schutzmaßnahmen müssen so gewählt und eingebaut werden, dass ein Zugang zum Gefahrenbereich aus allen Richtungen verhindert wird. Erforderlichenfalls sind zusätzliche Schutzmaßnahmen wie z. B. feste trennende Schutzeinrichtungen, verriegelte trennende Schutzeinrichtungen oder Abtrennungen notwendig.

Die Schutzeinrichtung muss so ausgewählt und mit anderen Schutzmaßnahmen eingebaut sein, dass die Möglichkeit einer Gefährdung von Personen durch z. B.

- Über-, Unter- oder Umgreifen von Schutzfeldern;
- Hinüberbeugen über Schutzfelder;
- Übersteigen von Schutzfeldern;
- Stehen mit gespreizten Beinen über bodengleich angeordneten Schutzfeldern;

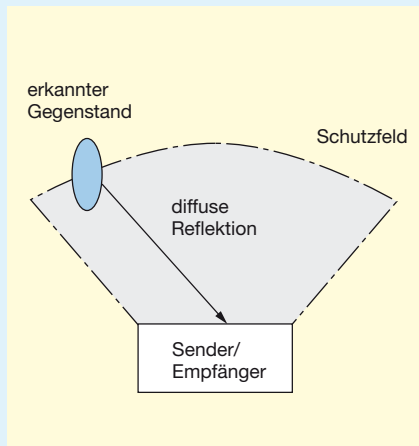
Anzeige

megacom

ist ein deutscher Hersteller für
Schwesternrufanlagen

drahtlos und drahtgebunden, mit und ohne
Sprache, zu einem hervorragenden
Preis-Leistungs-Verhältnis.

Nähere Infos unter Telefon 04191 90850
oder www.megacom-gmbh.de



3 Funktionsprinzip einer AOPDDR

4 Anwendungsszenario einer AOPDDR mit einem Sicherheits-Laserscanner und Darstellung des Schutzfeldes

Quelle: Leuze electronic



- Umpositionierung des Sensorteils der Schutzeinrichtung;
- Ablenkung des Strahls (der Strahlen) durch reflektierende Flächen, die eine Veränderung des Schutzfeldes verursachen minimiert wird. Der Maschinenkonstrukteur ist aufgefordert, vorhersehbare Manipulationen durch den Maschinenbediener zu erkennen und durch geeignete technische Maßnahmen auszuschließen.

2.4 Merkmale der Schutzeinrichtungen

Diese Norm behandelt BWS, die die folgenden Sensortechnologien verwenden:

- **aktive opto-elektronische Schutzeinrichtungen (AOPD)**, bestehend aus Lichtvorhängen und ein- oder mehrstrahligen Lichtschranken nach DIN CLC/TS 61496-2 (VDE V 0113-202):2008-02 „Sicherheit von Maschinen – Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen – Teil 2: Besondere Anforderungen an Einrichtungen, welche nach dem aktiven opto-elektronischen Prinzip arbeiten“
- **aktive opto-elektronische diffuse Reflektion nutzende Schutzeinrichtungen (AOPDDR)** nach DIN IEC 61496-3 (VDE 0113-203):2005-08 „Sicherheit von Maschinen – Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen – Teil 3: Besondere Anforderungen an aktive optoelektronische diffuse Reflektion nutzende Schutzeinrichtungen (AOPDDR)“.

Bei einer **AOPD** wird das Prinzip der Unterbrechung eines Lichtstrahls oder mehrerer Lichtstrahlen zwischen dem Sender und dem Empfänger der AOPD genutzt. Wenn ein undurchsichtiger Gegenstand (z. B. eine Person oder ein Teil einer Person) einen Lichtstrahl unterbricht, empfängt der Empfänger das ausgesandte Licht nicht mehr und es wird ein Ausgangssignal erzeugt. Das Prinzip ist in Bild 2 dargestellt, auch die Sicherheitseinrichtung in Bild 1 arbeitet nach diesem Prinzip.

Bei AOPD-Einwegsystemen sind weitere Ausführungen möglich, so kann zum Beispiel der

Lichtstrahl über Spiegel umgelenkt werden, damit ein größerer, umschlossener Bereich abgedeckt werden kann. Bei retro-reflektiven Systemen sind Sender und Empfänger im selben Gehäuse angeordnet und der Lichtstrahl wird über einen Reflektor zurück zum Empfänger reflektiert.

Eine **AOPDDR** besteht aus einem Sender und einem Empfänger, die in demselben Gehäuse angeordnet sind. Das ausgesendete Licht wird durch diffuse Reflektion von einem Gegenstand reflektiert und die AOPDDR bestimmt den Standort des Gegenstandes. Wenn ein Gegenstand innerhalb des definierten Schutzfeldes erkannt wird, wird ein Ausgangssignal erzeugt. Dieses Prinzip ist in Bild 3 dargestellt, Bild 4 zeigt ein mögliches Anwendungsszenario unter Verwendung eines Sicherheits-Laserscanners.

Eine AOPDDR empfängt vom Gegenstand reflektiertes Licht; daher führt ein Fehler am Sender (keine Lichtaussendung) oder am Empfänger zum Verlust des Detektionsvermögens. Daher verursacht bei einem Fehler des Senders die Fehlererkennungsfunktion der AOPDDR einen Verriegelungszustand innerhalb der spezifizierten Ansprechzeit.

Das Schutzfeld kann normalerweise in verschiedenen Formen konfiguriert werden, um feststehende Hindernisse zu berücksichtigen und die unerwünschte Erzeugung eines Ausgangssignals zu vermeiden, welches zu einem AUS-Zustand bei der AOPDDR führt. AOPDDRs können in **Kombination als Schutzeinrichtung mit Annäherungsreaktion und Anwesenheitsüberwachungseinrichtung** verwendet werden, um eine Maschine bei Annäherung einer Person stillzusetzen und den Anlauf der Maschine während der Anwesenheit einer Person im Gefahrenbereich zu verhindern. Eine weitere Möglichkeit der Erkennung von Personen besteht durch **Schaltmatten und Schaltplatten**, die durch das Gewicht einer Person auf der Matte oder der Platte ausgelöst werden. Sie erzeugen ein Signal mithilfe von zum Beispiel mechanischen Kontakten, faseroptischen Sensoren, pneumatischen Sensoren.

Anforderungen an Schaltmatten und Schaltplatten sind in DIN EN 1760-1:1997-09 „Sicherheit von Maschinen – Druckempfindliche Schutzeinrichtungen – Teil 1: Allgemeine Leitsätze für die Gestaltung und Prüfung von Schaltmatten und Schaltplatten“ enthalten.

2.5 Funktionen der Maschinensteuerung

Zu den Funktionen der Maschinensteuerung, die für die Anwendung von Schutzeinrichtungen erforderlich sein können, gehören die Überwachung externer Steuerungsteile (EDM), die Nachlaufzeitüberwachung (SPM), die Überbrückung, die Ausblendung, die einfache/doppelte Unterbrechung, die Anlaufsperrung und die Wiederanlaufsperrung. Diese Funktionen des Steuerungssystems werden in der Norm detailliert erläutert.

3 Anwendungshinweise

Die Norm enthält viele weitere Informationen zur

- Positionierung und Konfiguration des Schutzfeldes der Schutzeinrichtung;
 - Verbindung mit dem sicherheitsbezogenen Steuerungssystem;
 - Funktion der Schutzeinrichtung;
 - Klassifizierung von Schutzeinrichtungen;
 - Nachlaufzeitüberwachung;
 - Überbrückung (Muting);
 - Wiedereinleitung eines Maschinenzyklus durch die Schutzeinrichtung (Taktbetrieb);
 - Anlaufsperrung;
 - Wiederanlaufsperrung;
 - Besondere Anforderungen für die Anwendung von besonderen Schutzeinrichtungen;
 - Inspektion und Prüfung und
 - Informationen für den sicheren Gebrauch.
- In den Anhängen findet der Praktiker weitere wertvolle Hinweise und Anwendungsbeispiele zur Umsetzung der Norm.