

Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen

Dr. Peter Kocher

SCHMERSAL

Definition

In der Einleitung der für BWS relevanten EN 61496-1 [1] wird eine solche wie folgt definiert:

„Eine berührungslos wirkende Schutzeinrichtung (BWS) ist an Maschinen angebracht, die ein Risiko der Körperverletzung bergen. Sie bietet Schutz, indem sie die Maschine veranlasst, einen sicheren Zustand einzunehmen, bevor eine Person in eine Gefahr bringende Situation geraten kann.“

Weder diese Definition noch der englische Titel der EN 61496, „Safety of machinery – Electro-sensitive protective equipment“, lassen zunächst darauf schließen, dass diese Schutzeinrichtung berührungslos wirkt. Zudem sind in Anhang IV, Abschnitt B der EG-Maschinenrichtlinie [2] „Elektrosensible Personenschutzeinrichtungen, z.B. Lichtschranken, Schaltmatten, elektromagnetische Detektoren“ genannt. In der englischen Fassung ist dies mit „Electro-sensitive devices ...“ beschrieben. Dies könnte den Schluss nahelegen, die Reihe EN 61496 würde auch Schaltmatten, elektromagnetische Detektoren usw. beschreiben.

Aus dem Inhalt der Norm ergibt sich aber, dass der deutsche Titel der Norm, „Sicherheit von Maschinen – Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen“ präziser ist, denn sie beschäftigt sich tatsächlich ausschließlich mit BWS, während andere Sicherheitsbauteile in anderen Normen behandelt werden – z.B. Schaltmatten, Schaltleisten und andere druckempfindliche Schutzeinrichtungen in der EN 1760, elektromagnetische Detektoren in der EN 60947-5-3 usw.

Demzufolge versteht man unter berührungslos wirkenden Schutzeinrichtungen (BWS) Lichtschranken, Lichtgitter, Lichtvorhänge, Scanner, Ultraschallsysteme und dergleichen.

Normen

Um die in der EG-Maschinenrichtlinie geforderten harmonisierten Normen zu erarbeiten, begann das CENELEC/TC 44X die Arbeit an der EN 50100. Von den ersten beiden Teilen dieser Norm, EN 50100-1 und EN 50100-2 wurden abstimmungsreife Entwürfe erarbeitet, die immer noch häufig als prEN 50100-1 und prEN 50100-2 zitiert werden.

Die Arbeit des CENELEC/TC 44X wurde gemeinsam mit dem IEC/TC 44 fortgesetzt, weshalb die Norm die neue Bezeichnung IEC 61496 bekam.

Folgende Teile der EN 61496 existieren oder sind geplant:

EN 61496-1: Sicherheit von Maschinen – Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen
Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen

Entsprechend ihrem Titel beschreibt dieser Teil der Norm Aspekte, die allen BWS gemeinsam sind. Insbesondere werden vier Typen von BWS definiert (BWS Typ 1 bis BWS Typ 4), die sich in ihren Anforderungen an das Fehlverhalten unterscheiden. Dieser Teil der Norm wurde unverändert von der IEC übernommen.

EN 61496-2: Sicherheit von Maschinen – Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen
Teil 2: Spezielle Anforderungen an Einrichtungen, welche nach dem aktiven opto-elektronischen Prinzip arbeiten (AOPDs)

Dieser Teil der Norm ist so aufgebaut, dass nur die Abweichungen oder Ergänzungen zum Teil 1 aufgeführt sind. Er beschreibt Aspekte, die den AOPDs (active opto-electronic protective devices) eigen sind. Ein AOPD ist dabei „ein Gerät, das die im festgelegten Schutzfeld von einem

Sicherheit im System. Schutz für Mensch und Maschine.

K. A. Schmersal GmbH
Industrielle Sicherheitsschaltssysteme
Postfach 24 02 63, 42232 Wuppertal
Mödinghofe 30, 42279 Wuppertal

Telefon: +49-(0) 2 02-64 74-0
Telefax: +49-(0) 2 02-64 74-1 00
E-Mail: info@schmersal.de
Internet: <http://www.schmersal.com>

undurchsichtigen Gegenstand hervorgerufene Unterbrechung der im Gerät selbst erzeugten optischen Strahlung durch Messung mit optoelektronischen Sendeelementen feststellt“, also Lichtschranken, Lichtgitter und Lichtvorhänge. Dieser Teil existiert erst als IEC 61496-2 [3] und wurde von CENELEC noch nicht angenommen.

EN 61496-3: Sicherheit von Maschinen – Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen
Teil 3: Spezielle Anforderungen an Einrichtungen, welche nach dem aktiven optoelektronischen Prinzip arbeiten und auf diffuse Reflexion reagieren (AOPDDRs)

Auch dieser Teil der Norm ist so aufgebaut, dass nur die Abweichungen oder Ergänzungen zum Teil 1 aufgeführt sind. Er beschreibt Aspekte, die den AOPDDRs (active optoelectronic protective devices responsive to diffuse reflection) eigen sind. Ein AOPDDR ist dabei „ein Gerät, das die im festgelegten zweidimensionalen Schutzfeld von einem undurchsichtigen Gegenstand hervorgerufene diffuse Reflexion der im Gerät selbst erzeugten optischen Strahlung durch Messung mit optoelektronischen Sendeelementen feststellt“. Unter diesen Teil der Norm fallen die Scanner. Sie beschränkt sich jedoch nicht nur auf Geräte, die das zweidimensionale Schutzfeld durch Abtasten mit einem Lichtstrahl aufbauen, sondern umfasst auch optoelektronische Taster.

Dieser Teil existiert erst als IEC 61496-3 [4] und wurde von CENELEC noch nicht angenommen.

Weitere Teile der Norm werden zur Zeit noch erarbeitet.

Um die grenzüberschreitende Verständigung zu erleichtern, werden in der deutschen Fassung die englischen Abkürzungen verwendet, wie z.B. AOPD oder AOPDDR. Lediglich für den Begriff „Berührungslos wirkende Schutzeinrichtung“ wird die gebräuchliche und präzisere Abkürzung BWS an Stelle der englischen Abkürzung ESPE (Electro-sensitive protective equipment) benutzt.

Typen von BWS

In der EN 61496-1 werden vier Typen von BWS definiert (BWS Typ 1 bis BWS Typ 4). Diese Typen unterscheiden sich in erster Linie in ihren Anforderungen an die Fehlererkennung. Im Wesentlichen kann gesagt werden, dass eine BWS Typ n die Anforderungen der Kategorie n nach EN 954-1 [5] erfüllen muss. Weil die EN 61496-1 unverändert von der IEC übernommen wurde, verweist der Text in der Norm jedoch nicht auf die EN 954-1, die ja keine IEC-Norm ist, sondern beschreibt diese Anforderungen explizit.

Kurz zusammengefasst gilt für die Typen von BWS ungefähr Folgendes:

BWS Typ 1: Anforderungen noch in Beratung, daher in der Norm nicht festgelegt.

BWS Typ 2: Eine BWS Typ 2 muss eine Einrichtung für einen periodischen Test besitzen, um einen gefahrbringenden Ausfall aufzudecken.

BWS Typ 3: Anforderungen noch in Beratung, daher in der Norm nicht festgelegt.

BWS Typ 4: Bei einer BWS Typ 4 muss ein einzelner Fehler im Allgemeinen dazu führen, dass die BWS in den Verriegelungszustand geht. Dadurch wird der Fehler erkannt. Kann der Fehler nicht erkannt werden, so darf er keinen gefahrbringenden Ausfall verursachen. Das Auftreten weiterer Fehler darf nicht zu einem gefahrbringenden Ausfall führen.

Hinweis: Im deutschen Sprachraum werden gelegentlich noch die (nicht genormten) Abkürzungen BWS-T für BWS Typ 2 und BWS-S für BWS Typ 4 verwendet.

Gemäß EN 954-1 kann bei einer Steuerung der Kategorie 2 ein einzelner Fehler zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen, wenn er nicht rechtzeitig durch den periodischen Test entdeckt wird. Bei einer Steuerung der Kategorie 4 hingegen führt ein einzelner Fehler per Definition nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion. Daher ist zweifellos die Aussage erlaubt, dass die Fehlertoleranz bei einer BWS Typ 4, die ja der Kategorie 4 nach EN 954-1 entspricht, höher ist, als bei einer BWS Typ 2, die der Kategorie 2 nach EN 954-1 entspricht.

Der (normative) Anhang B zur EN 61496-1 beschreibt Fehler, die bei der Fehleranalyse ausgeschlossen werden dürfen. Beispielsweise darf bei einer BWS Typ 2 ein Kurzschluss zwischen zwei beliebigen Leitern ausgeschlossen werden, wenn sie dauerhaft verbunden und durch einen Kabelkanal oder eine Armierung gegen externe Beschädigung geschützt sind. Bei einer BWS Typ 4 hingegen darf ein solcher Fehler nicht ausgeschlossen werden und muss daher entweder ohne Einfluss auf die Sicherheitsfunktion bleiben oder die BWS in den sicheren Zustand überführen.

Außer durch das Verhalten im Fehlerfall unterscheiden sich die Typen auch in ihren Anforderungen an die EMV-Störfestigkeit. In der EN 61496-1 werden für verschiedene Arten von EMV-Einflüssen allgemeine Anforderungen gestellt und für BWS Typ 4 zusätzliche Anforderungen genannt, die natürlich zu einer höheren Störfestigkeit führen.

Einsatzgebiete, Vor- und Nachteile

Hierzu sei nochmals die Definition zitiert: „Eine berührungslos wirkende Schutzeinrichtung (BWS) ist an Maschinen angebracht, die ein Risiko der Körperverletzung bergen. Sie bietet Schutz, indem sie die Maschine veranlasst, einen sicheren Zustand einzunehmen, bevor eine Person in eine gefahrbringende Situation geraten kann.“

Sicherheit im System. Schutz für Mensch und Maschine.

In diesem Sinne können BWS überall dort verwendet werden, wo die Maschine jederzeit so schnell einen sicheren Zustand einnehmen kann, dass Verletzungen vermieden werden.

Beispiel 1: Handbeschickte Presse

Eine trennende Schutzeinrichtung (Schutzverdeck oder Schutzgitter), die nach jedem Einlegen des Werkstücks manuell oder automatisch in ihre Schutzstellung gebracht werden muss, würde die Produktionsgeschwindigkeit markant herabsetzen und wäre umständlich zu handhaben. Dadurch bestünde die Gefahr, dass die Schutzeinrichtung umgangen wird.

Daher werden hier häufig BWS, vor allem in der Form von Lichtgittern oder Lichtvorhängen, eingesetzt (Abb. 1). Unterbricht die Bedierson mit einem Körperteil einen oder mehrere Lichtstrahlen, so wird die Maschine in den sicheren Zustand versetzt.

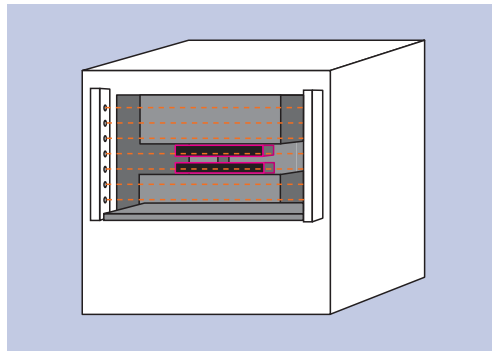


Abb. 1 Einsatz einer BWS (Lichtgitter) bei einer handbeschickten Presse

Beispiel 2: Fahrerloses Transportsystem

Die Schutzeinrichtung eines fahrerlosen Transportsystems soll im Verkehrsweg stehende Personen oder Gegenstände erkennen (Abb. 2). Da die Schutzeinrichtung auf dem sich bewegenden Fahrzeug mitgeführt werden muss, können BWS, die auf der Unterbrechung eines oder mehrerer Lichtstrahlen beruhen, nicht verwendet werden. Daher ist es hier sinnvoll, eine BWS einzusetzen, die auf die reflektierte Strahlung reagiert. Mit einem Scanner lässt sich hier ein sinnvolles Schutzfeld spezifizieren.

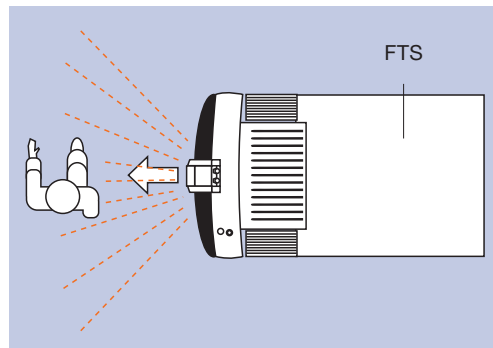


Abb. 2 Einsatz einer BWS (Scanner) bei einem fahrerlosen Transportsystem (FTS)

Beispiel 3: Schleifmaschine

Die Schutzziele für eine Schleifmaschine müssen auch den Schutz einer Person vor wegfliegenden Teilen umfassen. Eine BWS stellt zwar einen wirksamen Schutz vor dem Eingreifen in eine Gefahrenstelle dar, kann aber nicht vor wegfliegenden Teilen, seien dies Werkstücke oder abbrechende Teile des Werkzeugs, schützen. Daher ist in diesem Beispiel an Stelle einer BWS eine trennende Schutzeinrichtung einzusetzen (Abb. 3).

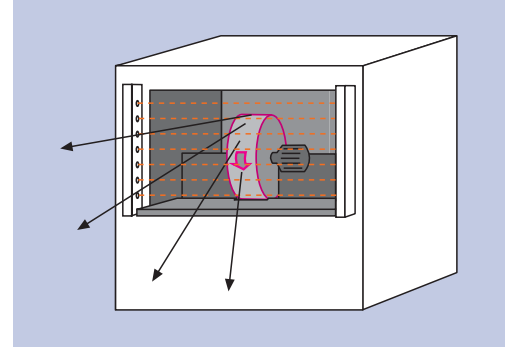


Abb. 3 Ungeeigneter Einsatz einer BWS bei einer Schleifmaschine

Anbindung an Steuerungen

Aufgrund der Ergebnisse der in der Maschinenrichtlinie [2], Anhang I geforderten Gefahrenanalyse oder aufgrund von ausdrücklichen Anforderungen in harmonisierten C-Normen wird der Hersteller einer Maschine in Fällen, in denen ein Fehler in der BWS ein hohes Risiko darstellt, eine BWS Typ 4 einsetzen (Abb. 4).

Damit allein ist aber die Forderung nach hoher Sicherheit keineswegs erfüllt. Vielmehr muss auch die Anbindung der BWS an die sicherheitsbezogenen Teile der Steuerung in die Gefahrenanalyse und die daraus resultierenden Maßnahmen einbezogen werden.

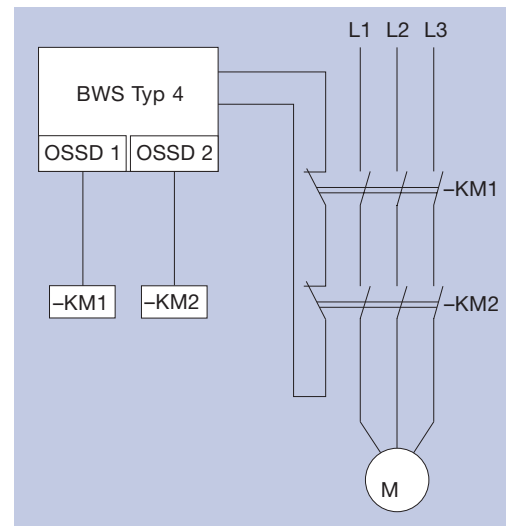


Abb. 4 Anbindung einer BWS Typ 4 an die Steuerung einer Maschine

Sicherheit im System. Schutz für Mensch und Maschine.

Häufig trifft man in der Praxis nämlich den Fall an, dass zwar eine hochwertige BWS Typ 4 verwendet wird, diese aber die Maschine nur über ein einziges Element (Relais, Schütz, Ventil oder dergleichen) abschaltet. Die BWS für sich allein betrachtet verliert aufgrund ihrer Eigenschaften bei Auftreten eines Fehlers die Sicherheitsfunktion nicht und der Fehler wird erkannt, indem sie in den sicheren Zustand geht. Wenn aber das einzige Abschaltetelement fehlerhaft wird, also das Schütz verschweißst oder das Ventil hängen bleibt, dann wird die BWS völlig wirkungslos. Die Eigenschaften der Fehler-sicherheit und der Fehlererkennung, wie sie in der EN 954-1 beschrieben sind, müssen also von den Sensoren der BWS, über deren Auswerteeinheit bis zu den Elementen, die schlussendlich die gefährdende Energie abschalten, durchgezogen werden. Es muss gewährleistet sein, dass für die gesamte Sicherheitsfunktion, die geforderte, dem Risiko angemessene sicherheitstechnische Leistungsfähigkeit vorhanden ist.

Einmal mehr zeigt sich an diesem Beispiel, dass ein korrektes Sicherheitskonzept nur dadurch entstehen kann, dass alle an der Entwicklung einer Maschine beteiligten Personen ganzheitlich zusammenarbeiten.

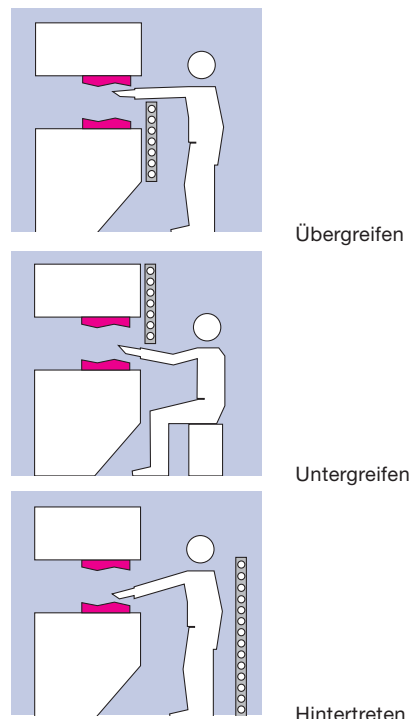


Abb. 5 Übergreifen, Untergreifen und Hintertreten einer BWS

Klassische Fehler, vorhersehbarer Missbrauch

Wie bei jeder Schutzeinrichtung ist es auch bei BWS wichtig, dass sie richtig installiert und angewendet werden.

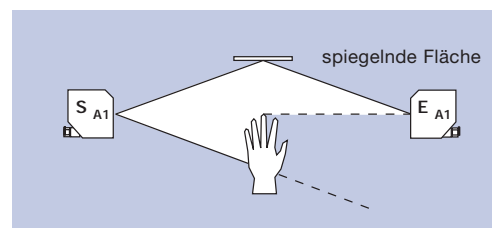
Hintertreten, Umgreifen von BWS:

Beispielsweise ist wegen der Reaktionsgeschwindigkeit der BWS und wegen der Annäherungsgeschwindigkeiten von Körperteilen ein gewisser Abstand zur Gefahrenstelle nötig. Vielfach wird die BWS zwar unter Berücksichtigung des erforderlichen Abstands installiert, aber es wird nicht berücksichtigt, dass ein Eingreifen in die Gefahrenstelle nicht nur über den Weg möglich ist, der mit der BWS abgesichert wird, sondern häufig auch über andere Wege, z.B. zwischen BWS und Maschine (Hintertreten, Umgreifen) von der Rückseite der Maschine her. Solche Wege müssen ebenfalls abgesichert werden, am besten mit trennenden Schutzeinrichtungen (Abb. 5).

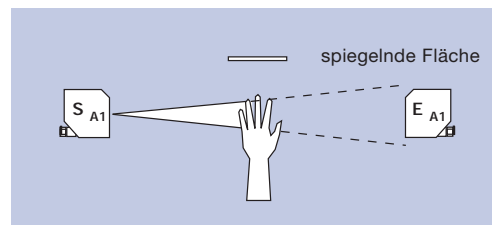
Außerkräftsetzen einer BWS durch Reflexion:

BWS, die auf die Unterbrechung eines oder mehrerer Lichtstrahlen reagieren, bergen die Gefahr, dass die Reflexion an einem Gegenstand den Lichtstrahl über einen Umweg vom Sender zum Empfänger leitet, obwohl der Lichtstrahl auf dem direkten Weg durch ein Hindernis, z.B. durch ein Körperteil unterbrochen wurde (Abb. 6). Die BWS wird dadurch völlig außer Kraft gesetzt. Unabhängig davon, ob dies unbeabsichtigt durch einen Gegenstand (Werkstück, metallische Teile der Einrichtung o.ä.) oder absichtlich (vorhersehbarer Missbrauch) erfolgt, muss der Hersteller

der BWS damit rechnen und entsprechende Gegenmaßnahmen ergreifen. Die EN 61496-2 stellt deshalb besondere Anforderungen an den effektiven Abstrahlwinkel (EAA, effective aperture angle) von solchen BWS. Auch hier werden je nach Typ der BWS unterschiedliche Anforderungen gestellt, die bei BWS Typ 4 höher sind (kleinerer zulässiger Abstrahlwinkel) als bei BWS Typ 2.



Trotz Eingreifen in die Gefahrenstelle wird der Lichtstrahl nicht unterbrochen



Durch kleinen Abstrahlwinkel wird der Lichtstrahl sicher unterbrochen

Abb. 6 Außerkräftsetzen einer BWS durch Reflexion

Sicherheit im System. Schutz für Mensch und Maschine.

Berechnung, Anordnung

Für den Mindestabstand einer BWS mit Verwendung aktiver opto-elektronischer Schutzvorrichtungen (AOPD) gilt gemäß EN 999 [6] folgende allgemeine Formel: $S = (K \times T) + C$

Dabei ist:

S der Mindestabstand (in Millimetern), gemessen vom Gefahrenbereich zum Erkennungspunkt, zur Erkennungslinie, zur Erkennungsebene oder zum Schutzfeld, je nachdem, welche Art BWS betrachtet wird;

K ein Parameter (in Millimetern je Sekunde), abgeleitet von Daten über Annäherungsgeschwindigkeiten des Körpers oder von Körperteilen (siehe auch Anhang B der EN 999);

T die Nachlaufzeit des gesamten Systems (in Sekunden), also die Summe aus der Zeit zwischen Auslösen der BWS bis zur Signalübergabe der Schutzvorrichtung und der Beseitigung des Risikos;

C ein zusätzlicher Abstand in Millimetern, der das Eindringen in den Gefahrenbereich vor Auslösen der Schutzvorrichtung zu Grunde legt.

Bei der Anwendung der allgemeinen Formel unterscheidet die EN 999 unter anderem folgende zwei Fälle:

- 1) „Berührungslos wirkende Schutzvorrichtungen bei Verwendung aktiver opto-elektronischer Schutzvorrichtungen mit einem Detektionsvermögen von maximal 40 mm Durchmesser“:

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

Dabei ist:

$K = 2000 \text{ mm/s}$;

$C = 8 (d - 14 \text{ mm})$, jedoch nicht kleiner als 0; d ist das Detektionsvermögen der Einrichtung in Millimetern

Damit ergibt sich:

$$S = (2000 \text{ mm/s} \times T) + 8 (d - 14 \text{ mm})$$

Diese Gleichung gilt für alle Mindestabstände S von 100 mm bis 500 mm. Wird bei Verwendung dieser Gleichung das Ergebnis S größer als 500 mm, so wird für den Parameter K folgender Wert verwendet:

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

Damit ergibt sich:

$$S = (1600 \text{ mm/s} \times T) + 8 (d - 14 \text{ mm})$$

Für Anwendungen in nicht-industrieller Umgebung, z.B. bei Anwesenheit von Kindern, muss S in jedem Fall um 75 mm erhöht werden.

- 2) „Berührungslos wirkende Schutzvorrichtungen bei Verwendung aktiver opto-elektronischer Schutzvorrichtungen mit einem Detektionsvermögen größer als 40 mm und kleiner oder gleich 70 mm“:

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

Dabei ist:

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

$C = 850 \text{ mm}$;

Damit ergibt sich:

$$S = (1600 \text{ mm/s} \times T) + 850 \text{ mm}$$

Für die Höhe der Strahlen gilt Folgendes:

Höhe des untersten Strahls: kleiner oder gleich 300 mm (in nicht-industrieller Umgebung kleiner oder gleich 200 mm),

Höhe des obersten Strahls: größer oder gleich 900 mm.

Für BWS, die mit mehreren Einzelstrahlen arbeiten, werden folgende Höhen empfohlen:

Anzahl der Strahlen	Höhe über Bezugsebene (in Millimeter)
4	300, 600, 900, 1200
3	300, 700, 1100
2	400, 900

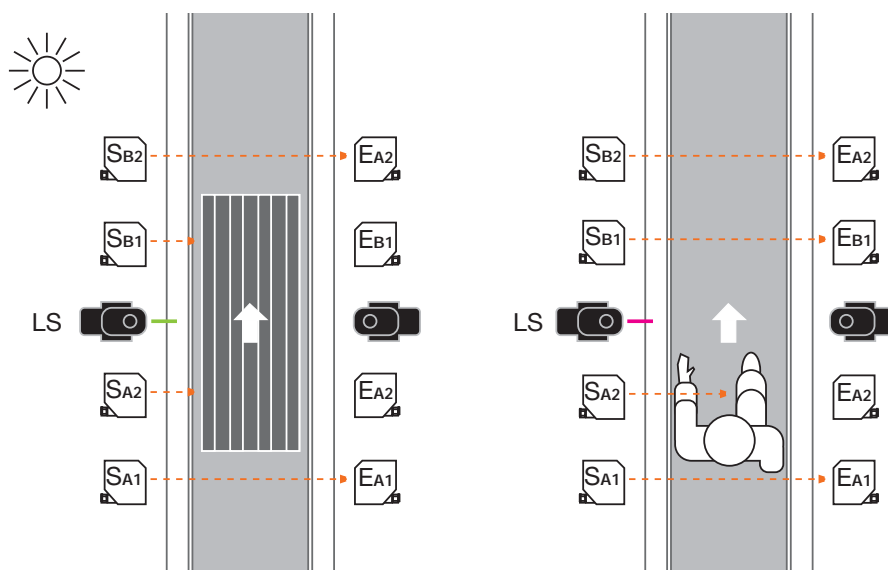


Abb. 7 Muting

Sicherheit im System. Schutz für Mensch und Maschine.

Muting

Unter Muting versteht man ein zeitlich begrenztes und gesteuertes Außerkräftsetzen einer Schutzeinrichtung.

Gemäß EN 954-1

- darf Muting nicht zu gefährlichen Zuständen führen,
- muss während des Mutings die Sicherheit durch andere Mittel gewährleisten sein,
- müssen nach Beendigung des Mutings die Sicherheitsfunktionen wieder hergestellt werden,
- darf die Muting-Funktion die erforderliche Sicherheit nicht verringern.

Ein häufiges Anwendungsbeispiel für Muting sind Material- und Produktübergabestellen. Durch Auswerten des zeitlichen Ablaufs der Auslösung der einzelnen Sensoren erkennt die BWS, dass es sich bei dem detektierten Objekt um den normalen Materialfluss handelt und überbrückt vorübergehend die Sicherheitsfunktion, sodass die Maschine nicht abgeschaltet wird. Versucht eine Person durch die Materialübergabestelle zu gelangen, so erkennt die BWS, dass es sich nicht um den zulässigen Materialfluss handelt und schaltet die Maschine ab.

Gefährdungsanalyse

Meist wird der Einsatz einer BWS das Ergebnis einer Gefährdungsanalyse und Risikobeurteilung sein. Dabei darf sich der Hersteller einer Maschine jedoch nicht mit der schlichten Tatsache zufrieden geben, dass eine BWS zum Einsatz kommt, sondern es müssen die Art der BWS (Lichtschranke, Lichtgitter, Lichtvorhang, Lichttaster, Scanner, Ultraschallsystem usw.) der Typ der BWS (BWS Typ 1 bis BWS Typ 4) sowie die Anordnung der BWS (Mindestabstand zum Gefahrenbereich, Höhe von Lichtstrahlen usw.) gebührend berücksichtigt werden. Auf jeden Fall müssen die nach dem Einführen verbleibenden Restrisiken beurteilt werden. Wenn sie nicht akzeptabel sind, müssen zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden.

Beispiel: An einer Maschine wird zur Absicherung der Gefahrenstelle eine BWS Typ 2 eingesetzt. Das verbleibende Restrisiko muss unter anderem berücksichtigen, dass eine solche BWS nur periodisch auf Fehler getestet wird, dass also das Auftreten eines Fehlers zwischen den Testintervallen zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen kann. Falls dies nicht akzeptabel ist, wird man meist eine BWS Typ 4 auswählen. Das Restrisiko, dass gleichzeitig mehrere Fehler auftreten ist dann nur noch sehr gering, sodass das Restrisiko dann in den meisten Fällen akzeptabel wird. Bleibt das Restrisiko auch bei Einsatz einer BWS Typ 4 noch inakzeptabel hoch, so ist in diesem Fall eine BWS als Schutzeinrichtung ungeeignet.

Literaturhinweise

- [1] EN 61496-1:
Sicherheit von Maschinen –
Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen,
Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen
Ausgabe 1997
- [2] 98/37/EG „Maschinenrichtlinie“
Richtlinie 98/37/EG des europäischen Parlaments
und des Rates vom 22. Juni 1998 zur Angleichung
der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der
Mitgliedstaaten für Maschinen
(vormals 89/392/EWG)
- [3] IEC 61496-2:
Safety of machinery –
Electro-sensitive protective equipment –
Part 2: Particular requirements for equipment
using active opto-electronic devices (AOPDs)
Ausgabe 1997
- [4] IEC 61496-3:
Safety of machinery –
Electro-sensitive protective equipment –
Part 2: Particular requirements for Active
Opto-electronic Protective Devices responsive
to Diffuse Reflection (AOPDDR)
Ausgabe 2001
- [5] EN 954-1:
Sicherheit von Maschinen –
Sicherheits-bezogene Teile von Steuerungen,
Teil 1: Gestaltungsleitsätze
Ausgabe 1996
- [6] EN 999:
Sicherheit von Maschinen –
Anordnung von Schutzeinrichtungen im Hinblick
auf Annäherungsgeschwindigkeiten von
Körperteilen
Ausgabe 1998