

# SICK AG

# WHITE PAPER

## ABSICHERN VON AUTOMATISCHEN BE- UND ENTLADESTELLEN

MUTING, UNTERSCHIEDUNG ZWISCHEN PERSONEN UND MATERIAL, SCHLEUSEN-APPLIKATION, AUSBLENDUNG  
– EUROPÄISCHE AUSGABE

### AUTOREN

**Max Dietrich**

Marketing & Communications Manager bei SICK

**Chris Soranno**

Certified Safety Application Specialist bei SICK

**Otto Görnemann**

Manager Machine Safety & Regulations bei SICK

**Stephan Leins**

Application Sales Safety bei SICK

### ZUSAMMENFASSUNG

Bei einer effizienten Absicherung von Be- und Entladestationen darf unbefugtes Eindringen in den Gefahrenbereich nicht möglich sein. Dies ist die Voraussetzung für hochautomatisierte Produktionsanlagen und uneingeschränkte Produktivität. Es zeigt sich, dass sich nicht jede Technologie und jedes Prinzip für das Absichern von jeder beliebigen automatischen Be- und Entladestationen eignet, da eine falsche Auswahl die notwendige Sicherheit oder Produktivität der Anlage negativ beeinflussen kann. Für jede Applikation muss deshalb sorgfältig die Art der Absicherung und die Auswahl der Schutzeinrichtung gewählt werden. Eine Kombination von verschiedenen Sensoren kann dabei die bestmögliche Lösung darstellen. Die Integration der Schutzeinrichtungen sollte in einem möglichst frühen Stadium der Maschinenkonstruktion stattfinden. Dies sind die Grundvoraussetzungen, um das sichere Be- und Entladen an Maschinen kosteneffizient und mit hoher Produktivität der Maschine zu realisieren.

INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung..... 3

Annahmen zu den Beispielen ..... 3

1. Distanzierende Schutzeinrichtungen ..... 4

2. Schleusenapplikation ..... 6

3. Ausblendung (Blanking) ..... 9

4. Zeitlich begrenzte Handlung ..... 12

    4.1. Schutzfeldüberbrückung (Muting) ..... 14

    4.2. Schutzfeldumschaltung ..... 17

    4.3. Umschaltungs- oder Überbrückungssensoren ..... 20

        4.3.1. Konfiguration ..... 20

        4.3.2. Eignung ..... 26

5. Unterscheidung von Mensch und Material (Entry-Exit) ..... 29

6. Vergleich der Lösungsmöglichkeiten ..... 32

## Einleitung

Moderne Fabriken basieren auf hochautomatisierten Produktionsanlagen, dabei spielt die Produktivität eine entscheidende Rolle. Die automatisierten Produktionsprozesse in diesen Anlagen erfordern deshalb einen kontinuierlichen Materialtransport ohne Unterbrechungen. Das Absichern des Zugangs zu den Gefahrenbereichen der Maschinen bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung des Materialtransports stellt eine besondere Herausforderung für das Sicherheitskonzept dar. Für eine zuverlässige Zugangsabsicherung muss entweder zwischen Personen und automatisch transportiertem Material unterschieden werden oder es müssen andere Schutzeinrichtungen in Betracht gezogen werden. Ein automatisches Handling von Material in den Gefahrenbereich ist mit der richtigen Auswahl der Schutzeinrichtung sicher und ungehindert möglich.

Die passende Absicherungsart für automatische Be- und Entladestellen steigert die Produktivität der Maschine bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung der Sicherheit. Eine hohe Produktivität mit geringen Stillstandszeiten und ein effizienter Prozess sind das Ergebnis.

Dieses Whitepaper zeigt die verschiedenen Technologien und Absicherungsprinzipien für das Absichern von Werkern an automatischen Be- und Entladestellen auf und stellt sie einander gegenüber. Dabei werden normative Anforderungen, Empfehlungen, die sich in der Praxis bewährt haben, und mögliche Fehlanwendungen dargestellt. Anhand der beschriebenen Vor- und Nachteile lassen sich die verschiedenen Technologien und Absicherungsprinzipien vergleichen.

## Annahmen zu den Beispielen

Eines der wichtigsten Kriterien für die Auswahl der jeweiligen Technologien und Absicherungsprinzipien ist der Mindestabstand von technischen Schutzeinrichtungen nach ISO 13855 oder der Sicherheitsabstand von trennenden Schutzeinrichtungen nach ISO 13857.

Die allgemeine Berechnungsformel für den Mindestabstand lautet  $S = (K \times T) + C$ . **Zur besseren Vergleichbarkeit wird in diesem Whitepaper eine Nachlaufzeit des gesamten Systems T von 0,5 s angenommen. Daraus resultiert eine Annäherungsgeschwindigkeit K von 1.600 mm/s.** Dieses Whitepaper beschreibt, wie sich die Mindest- oder Sicherheitsabstände der verschiedenen Technologien und Absicherungsprinzipien neutral anhand des Eindringabstand C (mm) unterscheiden lassen. Weitere produkt- und applikationsspezifische Parameter werden aus Gründen der Einfachheit nicht berücksichtigt.

Die Werte in den Beispielen beruhen auf Annahmen und lassen sich nicht identisch in die Praxis übernehmen.

Dieses Whitepaper erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es können zusätzliche oder ergänzende Schutzeinrichtungen notwendig sein und die Anforderungen vorhandener maschinenspezifischer C-Normen sind zu beachten.

Es ist sicherzustellen, dass die Übergänge der Signale für den Wiederanlauf den Anforderungen der Sicherheitsnormen und Vorschriften entsprechen!

### 1. Distanzierende Schutzeinrichtungen

An einer automatischen Be- und Entladestation ermöglicht eine Öffnung in der trennenden Schutzeinrichtung den automatischen Materialtransport. Gleichzeitig muss der Zugang zum Gefahrenbereich durch diese Öffnung hindurch abgesichert werden. Eine distanzierende Schutzeinrichtung sorgt für den nötigen Abstand zwischen Personen und Gefahrenbereich und verhindert so, dass Personen die Gefahrstelle erreichen. Ein ungestörter Materialtransport ist bis zu einer bestimmten Materialgröße möglich. Die in der Praxis am häufigsten eingesetzten distanzierenden Schutzeinrichtungen für das Absichern von automatischen Be- und Entladestationen sind Tunnel.

Abhängig von der Größe und Form des zu transportierenden Materials ändert sich der Sicherheitsabstand zwischen der Öffnung der distanzierenden Schutzeinrichtungen und der Gefahr bringenden Maschinenfunktion. In der Norm ISO 13857 sind die Sicherheitsabstände zum Gefahrenbereich in Abhängigkeit zu den benötigten Öffnungen in den trennenden Schutzeinrichtungen und damit zu den Materialgrößen aufgeführt.



Abb. 1.1 Tunnel als distanzierende Schutzeinrichtung.

#### Sicherheitsabstand

Körperteile	Öffnung e (mm)	Sicherheitsabstand (mm)		
		Schlitz	Quadrat	Kreis
Fingerspitze	$e \leq 4$	$\geq 2$	$\geq 2$	$\geq 2$
	$4 < e \leq 6$	$\geq 10$	$\geq 5$	$\geq 5$
Finger bis Handwurzel	$6 < e \leq 8$	$\geq 20$	$\geq 15$	$\geq 5$
	$8 < e \leq 10$	$\geq 80$	$\geq 25$	$\geq 20$
	$10 < e \leq 12$	$\geq 100$	$\geq 80$	$\geq 80$
	$12 < e \leq 20$	$\geq 120$	$\geq 120$	$\geq 120$
	$20 < e \leq 30$	$\geq 850$	$\geq 120$	$\geq 120$
Arm bis Schultergelenk	$30 < e \leq 40$	$\geq 850$	$\geq 200$	$\geq 120$
	$40 < e \leq 120$	$\geq 850$	$\geq 850$	$\geq 850$

Abb. 1.2 Sicherheitsabstand in Abhängigkeit von Öffnungen trennender Schutzeinrichtungen nach ISO 13857.

Die Tabelle zeigt die Abhängigkeit der Öffnung in der trennenden Schutzeinrichtung für das zu transportierende Material zum Sicherheitsabstand. Ist das zu transportierende Material sehr klein, wird in der trennenden Schutzeinrichtung eine kleine Öffnung benötigt. Eine geringe Distanz zum Gefahrenbereich ist erforderlich. Je größer das Material ist, desto größer muss die Öffnung in der trennenden Schutzeinrichtung sein und damit der Sicherheitsabstand. Ist der Durchmesser des zu transportierenden Materials > 550 mm, ist eine distanzierende Schutzeinrichtung ohne zusätzliche technische Schutzmaßnahmen nicht ausreichend, da eine Person durch die Öffnung in den Gefahrenbereich gelangen kann.

### Anforderungen

- Vermeiden von Quetsch- und Scherstellen, z. B. zwischen festen Anlageteilen und der Transporteinheit. Sicherheitsabstände zur Vermeidung der Quetsch- und Scherstellen sind in der ISO 13857 enthalten.
- Ausreichender Platz für die distanzierende Schutzeinrichtung
- Ausreichender Sicherheitsabstand
- Kenntnis über die maximale Materialgröße und -kontur des zu transportierenden Materials
- Der maximale Durchmesser des zu transportierenden Materials beträgt 550 mm

### Gefahren und Fehlanwendungen

- Abstand zwischen dem zu transportierenden Material und den festen Anlageteilen ist zu gering (Quetschgefahr)
- Sicherheitsabstand ist zu kurz
- Größe der Öffnung in der distanzierenden Schutzeinrichtung ist  $> 550$  mm in der Diagonale oder  $> 550$  mm x 300 mm
- Materialkontur passt nicht zur Öffnung in der trennenden Schutzeinrichtung



Abb. 1.3 Geringe Öffnungsgröße bei distanzierender Schutzeinrichtung.

### Vorteile

- Einsatz bei schwierigen Umgebungsbedingungen problemlos möglich, auch im Außenbereich
- Richtungsunabhängig – Materialien können in beide Richtungen transportiert werden
- Mitfahren auf den Materialien oder Materialträgern bei zulässiger Öffnungsgröße in der distanzierenden Schutzeinrichtung nicht möglich
- Unterschiedliche Materialkonturen und -größen bis zu einer bestimmten Größe möglich
- Lücken im transportierten Material möglich
- Höchstes Sicherheitsniveau

### Nachteile

- Zusätzliche Quetsch- und Scherstellen sehr wahrscheinlich, daher zusätzliche Maßnahmen (z. B. Verriegelungen) möglicherweise notwendig
- Großer Sicherheitsabstand erforderlich
- Bereits kleine Öffnungen für den Materialtransport von  $\geq 20$  mm erfordern einen Sicherheitsabstand von  $\geq 850$  mm. Abhängig von der Materialgröße erfordert diese Methode am meisten Platz.
- Transport von großem Material nicht möglich
- Begrenzte Flexibilität bei Materialkontur und -größe
- Keine Schutzwirkung bei zu geringem Sicherheitsabstand

## 2. Schleusenapplikation



Abb. 2.1 Schleusenapplikation mit einer Schleuse und Hubwagentisch.

Eine Schleusenapplikation ist eine Sonderform für das Absichern von automatischen Be- und Entladestationen, bei denen größere Mengen Materials mithilfe von Materialträgern wie Paletten oder Gestellen manuell zugeführt oder entnommen werden.

Eine Schleusenapplikation besteht aus mindestens einem Be- oder Entladebereich, dessen Ein- und Ausgänge mit optoelektronischen Schutzeinrichtungen (i. d. R. Sicherheitslichtvorhänge) mit senkrechten Schutzfeldern abgesichert sind. Unterschiedliche Materialien und Materialgrößen können abhängig von den Größen der Schleusenöffnung be- oder entladen werden. Für jede Schutzeinrichtung ist eine separate manuelle Rücksetzeinrichtung (Reset) notwendig. Die Betätigungselemente zum Rücksetzen müssen an einer sicheren Position außerhalb des Gefahrenbereichs so angebracht werden, dass der Gefahr- und Schleusenbereich von dort aus einsehbar sind und das Betätigungselement vom Gefahrenbereich aus nicht erreicht werden kann (siehe EN ISO 13849-1). Das Be- oder Entladen in einer Schleusenapplikation erfolgt meist manuell, die Weiterverarbeitung des Materials automatisch.

Während des automatischen Betriebs der Maschine oder Anlage wird der Zugang durch die äußere Schutzeinrichtung abgesichert. Die innere Schutzeinrichtung ist währenddessen deaktiviert (unwirksam), um eine automatische Entnahme oder Ablage von Material durch die Maschine oder Anlage zu ermöglichen. Zum Be- oder Entladen der Schleuse wird durch einen manuellen Befehl die äußere Schutzeinrichtung deaktiviert, während die innere Schutzeinrichtung aktiviert wird, um den Zugang zum Gefahrenbereich abzusichern. In dieser Zeit kann der automatische Betrieb der Maschine oder Anlage bis zur inneren Schutzeinrichtung oder in einer weiteren Schleuse fortgesetzt werden. Nach Beendigung des Be- oder Entladevorgangs kann nach dem Rücksetzen der äußeren Schutzeinrichtung der automatische Betrieb der Maschine oder Anlage auch innerhalb der Schleuse wieder hergestellt werden.

### Mindestabstand:

Der Eindringabstand  $C$  ist abhängig von dem Detektionsvermögen  $d$  der optoelektronischen Schutzeinrichtung sowie von der Möglichkeit des Übergreifens.

Ist das Detektionsvermögen  $d \leq 40$  mm, wird der Eindringabstand  $C$  mit der Formel  $C = 8 \times (d - 14)$  berechnet und variiert zwischen 0 und 208 mm. Ab einem Detektionsvermögen  $> 40$  mm beträgt der Eindringabstand  $C = 850$  mm.

Ist ein Übergreifen der optoelektronischen Schutzeinrichtung möglich, kann sich der Eindringabstand  $C$  auf maximal 1200 mm erhöhen.

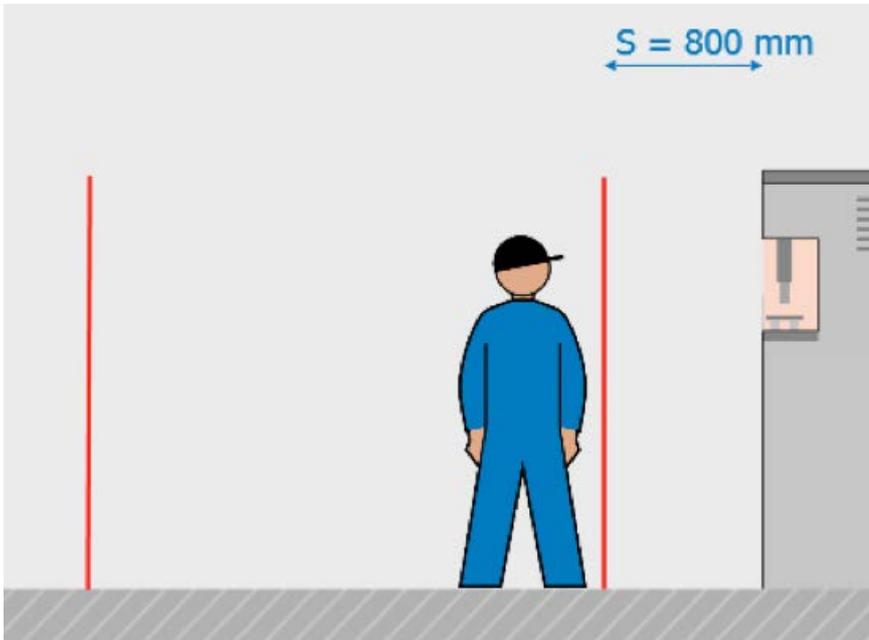


Abb. 2.2 Beispielhafte Mindestabstandsrechnung bei der Schleusenapplikation.

#### Weitere Annahmen:

- Detektionsvermögen = 14 mm
- Übergreifen nicht möglich

Der Mindestabstand der inneren Schutzeinrichtung zur Gefahr bringenden Maschinenfunktion beträgt 800 mm bei einem Detektionsvermögen von 14 mm und ohne ein mögliches Übergreifen, da in diesem Beispiel der Eindringabstand  $C = 0$  mm beträgt. Zusätzlich ist ein weiterer Abstand bis zur äußeren Schutzeinrichtung und damit Platz für die Schleuse selbst zu berücksichtigen, insbesondere, wenn Gefährdungen durch den Eintritt in den Schleusenbereich möglich sind.

#### Anforderungen:

- Korrekte Auswahl der Länge und Auflösung der optoelektronischen Schutzeinrichtung
- Ausreichender Platz für Schleusenapplikation und Mindestabstände
- Manueller Materialtransport
- Manuelles Starten und Beenden des Be- und Entladungsvorgangs
- Manuelles Rücksetzen der Schutzeinrichtungen (Reset) erforderlich, da der Aufenthalt hinter der innenliegenden Schutzeinrichtung möglich ist
- Betätigungselemente für das Rücksetzen müssen außerhalb des Gefahrenbereichs an einer Stelle angebracht sein, von der aus der gesamte Gefahrenbereich einsehbar ist



Abb. 2.3 Schleusenapplikation mit zwei Schleusen im Tiefkühlbereich.

## **Gefahren und Fehlanwendungen**

- Rücksetzen einer Schutzeinrichtung während sich eine Person im Gefahr- oder Schleusenbereich befindet
- Anordnung der Betätigungselemente zum Rücksetzen der Schutzeinrichtung entspricht nicht den Anforderungen (können aus dem Gefahrenbereich heraus erreicht werden)
- Falsche Auswahl der optoelektronischen Schutzeinrichtungen
- Zu geringer Mindestabstand der inneren Schutzeinrichtung
- Nicht ausreichender Mindestabstand der äußeren Schutzeinrichtung, wenn Gefährdungen beim Betreten der Schleuse im Normalbetrieb möglich sind
- Schutzfeldhöhe der optoelektronischen Schutzeinrichtung zu gering (Übergreifen möglich)
- Innere Schutzeinrichtung ohne Wiederanlaufsperr
- Untere Kante des Schutzfelds der optoelektronischen Schutzeinrichtung zu hoch (Unterkriechen möglich)
- Nichtbeachtung der Umgebungsbedingungen (viel Staub und Schmutz, Außenanlagen)

## **Vorteile**

- Zugang zum Gefahrenbereich ist nur durch eine aktive optoelektronische Schutzeinrichtung möglich
- Lücken im transportierten Material möglich
- Flexibilität bei Material
- Fingerdetektion möglich
- Höchstes Sicherheitsniveau möglich
- Hohe Produktivität

## **Nachteile**

- Manuelles Be- oder Entladen der Schleuse notwendig
- Ausreichend Platz für Schleusenapplikation notwendig
- Bediener trägt Verantwortung für die richtige Nutzung
- Aktivierung der Rücksetzeinrichtung (Reset) erfolgt durch den Bediener manuell
- Mindestens zwei optoelektronische Schutzeinrichtungen mit manuellen Rücksetzeinrichtungen notwendig

### 3. Ausblendung (Blanking)

Eine alternative Methode zum Absichern von automatischen Be- und Entladestationen ist die Funktion Ausblendung (Blanking). Bei vielen Sicherheits-Lichtvorhängen kann die Konfiguration des Detektionsvermögens und/oder des Schutzfelds so gestaltet werden, dass die Anwesenheit von einem oder mehreren Objekten innerhalb eines definierten Teils des Schutzfelds nicht zur Auslösung der Sicherheitsfunktion (AUS-Zustand) führt. Die Ausblendung kann verwendet werden, um Objekte bestimmter Größe durch das Schutzfeld hindurchzuführen.

Bei der **festen Ausblendung mit erhöhter Größentoleranz** wird der ausgeblendete Bereich in Position und maximaler Größe definiert. Dabei darf sich nur ein Objekt mit einer bestimmten Größentoleranz an der definierten Position durch das Schutzfeld bewegen. Bei der **beweglichen Ausblendung mit teilweiser Objektüberwachung** wird nur die Größe des ausgeblendeten Bereichs festgelegt, nicht aber die Lage im Schutzfeld. Ein Objekt mit fester Größe darf sich innerhalb des Schutzfelds befinden und bewegen. Ein Objekt kann, muss jedoch nicht vorhanden sein.

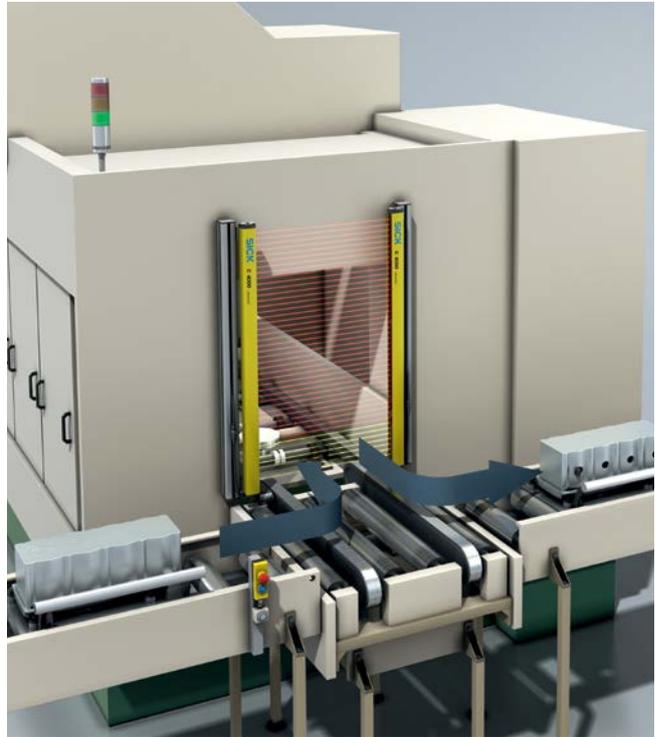


Abb. 3.1 Ausblendung (Blanking).

Feste Ausblendung mit erhöhter Größentoleranz	Bewegliche Ausblendung mit teilweiser Objektüberwachung
Von der Bedienerseite darf sich ein Objekt begrenzter Größe durch das Schutzfeld bewegen.	Ein Objekt fester Größe darf sich innerhalb eines bestimmten Bereichs im Schutzfeld befinden. Das Objekt darf sich bewegen.

Abb. 3.2 Begrenzte oder bewegliche Ausblendung (Blanking).

Bei der festen oder der beweglichen Ausblendung mit vollständiger Objektüberwachung muss sich ein Objekt mit fester Größe dauerhaft im Schutzfeld befinden, weshalb sich diese zwei Varianten der Ausblendung nicht für Materialtransport eignen.

Die ersten beiden beschriebenen Varianten der Funktion Ausblendung (Blanking) sind dagegen für das Absichern von automatischen Be- und Entladestationen geeignet. Dazu muss das Material eine gleichbleibende Größe haben. Dadurch ist eine gewisse Unterscheidung zwischen einer Person und der Materialkontur möglich. In manchen Applikationen kann ein zusätzliches Signal notwendig sein, um das erforderliche Sicherheitsniveau zu erreichen und vorhersehbarer Manipulation entgegenzuwirken. Um Restrisiken der Nichtdetektion weiter zu vermindern, kann die Abwesenheit, oder in einigen Fällen eine Änderung der Größe oder der Position, des Materials genutzt werden, um die Sicherheitsfunktion auszulösen (AUS-Zustand).



Hinweis: Im ausgeblendeten Bereich vergrößert (verschlechtert) sich das Detektionsvermögen des Sicherheits-Lichtvorhangs und damit der Mindestabstand. Die sogenannte wirksame Auflösung berücksichtigt die ausgeblendeten Strahlen und damit die Größe des ausgeblendeten Bereichs während des Materialtransports.

Abb. 3.3 Sonderapplikation winkelförmige Ausblendung.

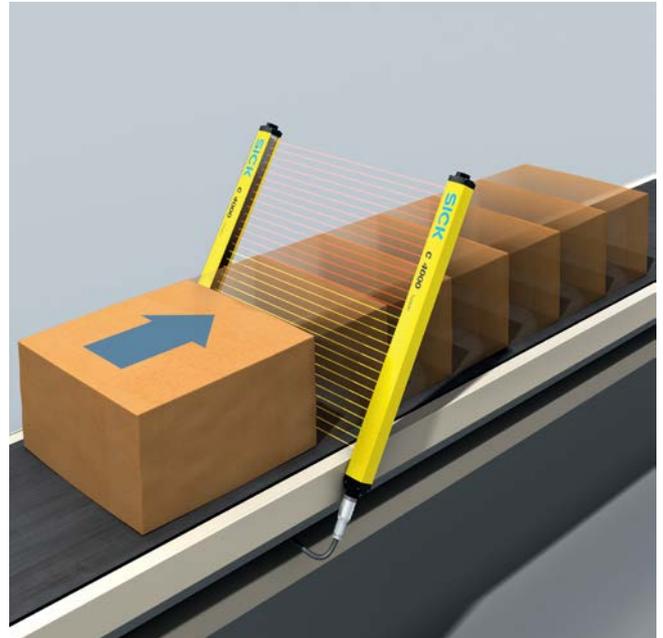


Abb. 3.4 Schematische Darstellung der winkelförmigen Ausblendung.

**Sonderapplikation winkelförmige Ausblendung (geneigte Ausblendung für geometrisch gleichmäßige Objekte)**

Eine solche Applikation erfordert einen Sicherheits-Lichtvorhang mit einer Auflösung von 14 bis 20 mm. Der Sicherheits-Lichtvorhang wird dabei in einem Winkel von bis zu 30° zur Bezugsebene (i. d. R. das Förderband) montiert. Dies ermöglicht bei geometrisch gleichmäßigen Formen des transportierten Materials das Unterbrechen der Sensorstrahlen in einer definierten Reihenfolge. Der Sicherheits-Lichtvorhang wird bei der Funktion Ausblendung (Blanking) mit einem fixen Start-Sensorstrahl und einer maximalen Höhe der zu erwartenden Materialien konfiguriert. Bewegt sich das Material durch das Schutzfeld des Sicherheits-Lichtvorhangs, werden die Sensorstrahlen in einem bekannten und erlaubten Muster unterbrochen. Für eine Person ist das unbeabsichtigte Auslösen der Ausblendungsfunktion nicht möglich, da in derselben Sequenz die Sensorstrahlen nicht unbeabsichtigt zu unterbrechen sind. Eine sichere Unterscheidung zwischen transportiertem Material und einer Person ist damit gewährleistet. Normalerweise wird die Hand einer Person mehr als einen Sensorstrahl unterbrechen. Bei der Auswahl dieser Absicherungsart ist die sorgfältige Auswahl der Sequenz zu beachten. Bei dieser Sonderapplikation treffen manche Nachteile der klassischen Ausblendung (Blanking) nicht zu.

**Mindestabstand:**

Der Eindringabstand C ist abhängig von dem Detektionsvermögen d der optoelektronischen Schutzeinrichtung sowie von der Möglichkeit des Übergreifens.

Ist die wirksame Auflösung  $\leq 40$  mm, wird der Eindringabstand C mit der Formel  $C = 8 \times (d - 14)$  mm berechnet und variiert zwischen 0 und 208 mm. Ab einer wirksamen Auflösung von  $> 40$  mm beträgt der Eindringabstand C 850 mm.

Ist ein Übergreifen der optoelektronischen Schutzeinrichtung möglich, kann sich der Eindringabstand C auf maximal 1200 mm erhöhen.

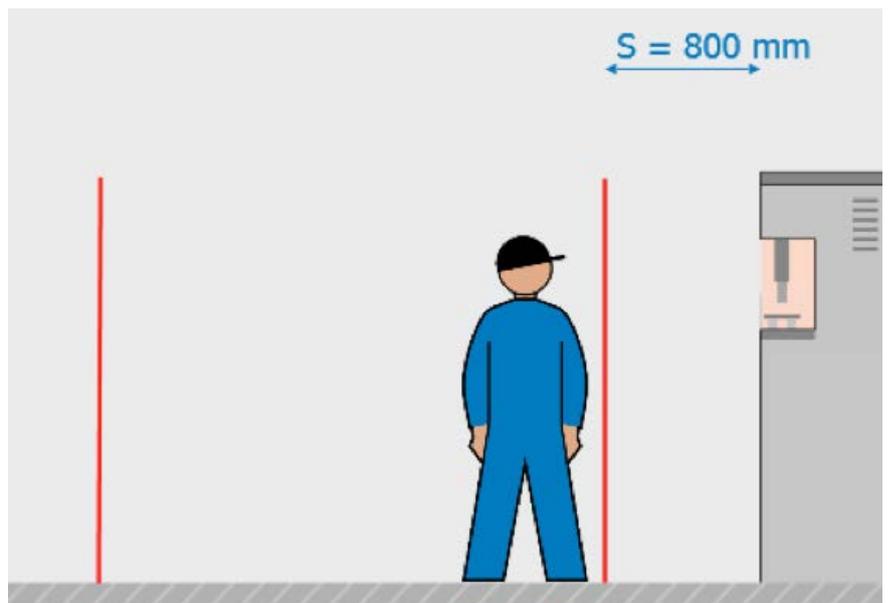


Abb. 3.5 Beispielhafte Mindestabstandsrechnung bei Ausblendung (Blanking).

**Weitere Annahmen:**

- Detektionsvermögen = 14 mm
- Ein ausgeblendeter Bereich von 45 mm – daraus resultiert eine wirksame Auflösung von 60 mm
- Übergreifen nicht möglich

Der Eindringabstand C von 850 mm resultiert aus der wirksamen Auflösung von 60 mm. Ohne ein mögliches Übergreifen beträgt dadurch der Mindestabstand 1650 mm.

**Anforderungen**

- Vermeiden von Quetsch- und Scherstellen, z. B. zwischen festen Anlageteilen und der Transporteinheit. Mindestabstände zur Vermeidung der Quetsch- und Scherstellen sind in der ISO 13857 enthalten.
- Ausreichender Mindestabstand und Berücksichtigung der wirksamen Auflösung
- Korrekte Auswahl der Länge, Auflösung und Funktion des Sicherheits-Lichtvorhangs
- Korrekte Konfiguration der Ausblendungsfunktion
- Kenntnis über die Konturen des zu transportierenden Materials
- Gleichbleibende Materialkonturen und -größen
- Manuelles Rücksetzen der Schutzeinrichtung (Reset) erforderlich, da der Aufenthalt hinter der Schutzeinrichtung möglich ist.
- Betätigungselemente für das Rücksetzen muss außerhalb des Gefahrenbereichs an einer Stelle angebracht sein, von der aus der gesamte Gefahrenbereich einsehbar ist.

**Gefahren und Fehlanwendungen**

- Abstand zwischen dem zu transportierenden Material und den festen Anlageteilen zu gering (Quetschgefahr)
- Schutzfeldhöhe des Sicherheits-Lichtvorhangs zu gering (Übergreifen möglich)
- Rücksetzen der Schutzeinrichtung, während sich eine Person im Gefahr- oder Schleusenbereich befindet
- Anordnung der Betätigungselemente zum Rücksetzen der Schutzeinrichtung entspricht nicht den Anforderungen (können aus dem Gefahrenbereich heraus erreicht werden)
- Falsche Auswahl des Sicherheits-Lichtvorhangs (ohne Ausblendung)
- Zu geringer Mindestabstand, wirksame Auflösung nicht beachtet
- Montage und speziell der Montagewinkel des Sicherheits-Lichtvorhangs nicht passend zur Applikation
- Materialkonturen und -größen zu unterschiedlich
- Nichtbeachtung der Umgebungsbedingungen (viel Staub und Schmutz, Außenanlagen)

**Vorteile**

- Richtungsunabhängig – Materialien können in beide Richtungen transportiert werden (außer bei winkelförmiger Ausblendung)
- Sicherheits-Lichtvorhang dauerhaft aktiv (erhöhte Zuverlässigkeit an die Personendetektion)
- Keine zusätzlichen Sensoren für Schutzfeldumschaltung oder -überbrückung notwendig
- Bei kleineren Objekten keine zusätzlichen Absicherungen notwendig (zusätzlicher Seitenschutz wie verriegelte Pendelklappen)
- Höchstes Sicherheitsniveau möglich
- Einfache Konfiguration und Installation möglich
- Fingerdetektion möglich
- Wahrscheinliche Detektion von Personen auf dem zu transportierenden Material

**Nachteile**

- Erhöhter Mindestabstand aufgrund ausgeblendeter Strahlen (wirksame Auflösung)
- Nur Materialien mit geringer Größe möglich (außer bei Sonderapplikation winkelförmige Ausblendung)
- Unflexibel bei Materialkonturen und -größen
- Möglicherweise zusätzliche Signale notwendig
- Durch die Ausblendung Lücken im Schutzfeld vorhanden

## 4. Zeitlich begrenzte Handlung

Bei Applikationen zum Absichern von automatischen Be- und Entladestationen mit zeitlich begrenzter Handlung wird für die Zeit während des Materialtransports das Schutzfeld der optoelektronischen Schutzeinrichtung überbrückt oder angepasst. In beiden Fällen muss die Schutzfeldumschaltung oder -überbrückung automatisch eingeleitet und beendet werden. Dies kann durch die Verwendung geeigneter zusätzlicher Sensoren oder in einigen Fällen durch Signale eines sicherheitsbezogenen Steuerungssystems erfolgen. Die zusätzlichen Umschaltungs- oder Überbrückungssensoren detektieren das zu transportierende Material und initiieren die Umschaltung- oder Überbrückung. Damit die Sensoren das zu transportierende Material und eine Person unterscheiden können, verlangt die Auswahl und Konfiguration dieser Sensoren besondere Sorgfalt (siehe hierzu Kapitel 4.3). Weitere Signale des Steuerungssystems können den Zeitpunkt eines Materialtransports festlegen, um die Umschaltungs- oder Überbrückungszeit zu definieren. Diese Signale können alternativ oder zusätzlich für ein höheres Sicherheitsniveau verwendet werden. Die Schutzfeldumschaltung oder -überbrückung darf nur verwendet werden, wenn die Sicherheit durch andere Mittel aufrechterhalten bleibt. Dies kann z. B. ein beladener Materialträger sein, der während der Schutzfeldumschaltung oder -überbrückung als Barriere dient und damit den Zugang von Personen zum Gefahrenbereich verhindert.

Die in der IEC/TS 62046 dargestellte Vorgehensweise für Überbrückungssensoren wird für die Schutzfeldumschaltung ebenfalls empfohlen. Das Vorgehen zur Auswahl und Positionierung von Umschaltungs- und Überbrückungssensoren ist deshalb identisch.

### **Folgende Bedingungen sind einzuhalten, um eine sichere und normgerechte Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktion zu implementieren:**

- Während Umschaltung oder Überbrückung muss ein sicherer Zustand durch andere Mittel sichergestellt sein, d. h., ein Zugang zum Gefahrenbereich darf nicht möglich sein. Während Schutzfeldumschaltung oder -überbrückung muss z. B. das transportierte Material den Zugang zum Gefahrenbereich versperren.
- Umschaltung oder Überbrückung müssen automatisch und dürfen nicht manuell erfolgen
- Umschaltung oder Überbrückung dürfen nicht von einem einzelnen elektrischen Signal abhängig sein
- Umschaltung oder Überbrückung dürfen nicht vollständig von Softwaresignalen abhängig sein
- Umschaltung oder Überbrückung dürfen nicht durch Erdschluss oder eine unterbrochene Leitung der Signale oder der Stromversorgung initiiert werden
- Umschaltungs- oder Überbrückungssignale dürfen keinen Umschaltungs- oder Überbrückungszustand erlauben, wenn sie im Verlauf einer ungültigen Kombination auftreten
- Umschaltungs- oder Überbrückungszustand müssen sofort nach dem Durchfahren des Materials aufgehoben werden
- Zu transportierendes Material muss über die gesamte Länge erkannt werden, d. h. es darf keine Unterbrechung der Ausgangssignale auftreten
- Umschaltungs- oder Überbrückungssensoren müssen so ausgewählt, positioniert und konfiguriert werden, dass eine Unterscheidung zwischen einer Person und dem transportierten Material möglich ist
- Umschaltungs- oder Überbrückungssensoren müssen so ausgewählt und positioniert werden, dass das transportierte Material und nicht der Materialträger detektiert wird, damit eine Person, die auf dem Materialträger (Palette) mitfährt, erkannt wird
- Umschaltungs- oder Überbrückungssensoren müssen in ausreichender Nähe zur opto-elektronischen Schutzeinrichtung eingebaut werden, damit Personen bei wirksamer Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktion nicht dadurch in den Gefahrenbereich gelangen können, dass sie dem Material unmittelbar vorausgehen oder folgen
- Umschaltungs- oder Überbrückungssensoren und die optoelektronische Schutzeinrichtung müssen so positioniert werden, dass durch ihre Anordnung keine weiteren Gefahren wie Quetsch- und Scherstellen auftreten
- Umschaltungs- oder Überbrückungssensoren müssen so angeordnet werden, dass eine Person ein unabsichtliches überbrücken oder umschalten der Schutzeinrichtung nicht unabsichtlich auslösen kann. Es darf nicht möglich sein, einander gegenüberliegende (A) und nebeneinander montierte Sensoren (B) gleichzeitig zu aktivieren.

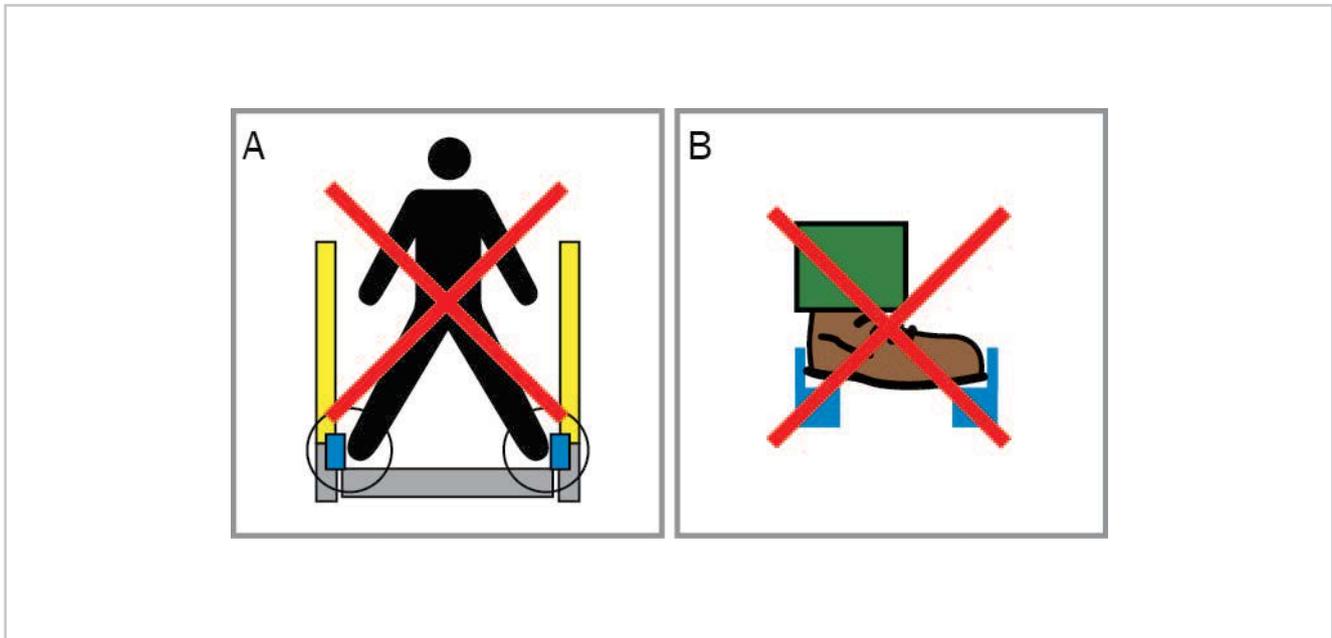


Abb. 4.1 Sicherheit bei der Montage der Umschaltungs- und Überbrückungssensoren.

#### **Zusätzliche Grenzwerte, Verknüpfungen oder Signale können die Unterscheidungsqualität verbessern, z. B.:**

- Bewegungsrichtung des Materials (Sequenz der Umschaltungs- oder Überbrückungssignale)
- Begrenzung der Umschaltungs- oder Überbrückungsdauer
- Materialanforderung durch die Maschinensteuerung
- Betriebszustand der fördertechnischen Elemente (z. B. Förderband, Rollenförderer)
- Materialerkennung durch zusätzliche Eigenschaften (z. B. Barcode, RFID)

#### **Funktion Override**

Override ist ein manuelles Auslösen der Schutzfeldumschaltung oder -überbrückung nach einem Fehler in den Umschaltungs- oder Überbrückungsbedingungen. Durch kurzzeitiges Simulieren einer gültigen Umschaltungs- oder Überbrückungsbedingung wird die Schutzeinrichtung umgeschaltet oder überbrückt, um das System freizufahren oder einen fehlerfreien Zustand herbeizuführen. Liegegebliebenes Objekte können aus dem Bereich der Schutzeinrichtung entfernt werden. Diese Funktion wird hauptsächlich dann benötigt wenn schwere Objekte vorhanden sind und die Transporteinrichtung durch die Schutzeinrichtung abgeschaltet ist.

Fehler können durch das Ansprechen der Gleichzeitigkeitsüberwachung, der Überwachung der Umschalt- oder Überbrückungszeit, der Richtungserkennung, der Sequenzüberwachung oder der Sensorlückenüberwachung entstehen. Auch die Umschaltungs- oder Überbrückungssensoren selbst oder ein Neustart nach Not-Aus oder Stromausfall können einen Fehler verursachen.

#### **Hinweis**

Fehlerhafte Signale und Sequenzen oder fehlerhaftes Timing der Umschaltungs- oder Überbrückungssensoren oder -signale dürfen dabei nicht zu einem Umschaltungs- oder Überbrückungszustand führen. Auch darf der Umschaltungs- oder Überbrückungszustand nicht eingeleitet werden, wenn:

- die Ausgangsschaltelemente der Schutzeinrichtung im AUS-Zustand sind
- die Schutzeinrichtung im Verriegelungszustand ist
- mindestens ein Umschaltungs- oder Überbrückungssensor aktiviert ist (siehe IEC 60204-1, Kapitel 9.2.4)

Die Anlage muss bei der Verwendung der Funktion Override in einem sicheren Zustand sein! Die Funktion Override sollte nur benutzt werden, wenn der Gefahrenbereich visuell überprüft wurde und sich während dieser Funktion keine Person im Gefahrenbereich befindet oder Zugang zum Gefahrenbereich hat.

## 4.1. Schutzfeldüberbrückung (Muting)



Abb. 4.1.1 Schutzfeld-Überbrückung mit vier parallel angeordneten Sensoren und Zeitüberwachung

unterscheiden. Diese Unterscheidung erfolgt mit entsprechenden Überbrückungssensoren oder -signalen. Auf Basis einer logischen Auswertung dieser externen Muting-Signale wird bei gültiger Muting-Bedingung die Schutzeinrichtung überbrückt, sodass zu transportierendes Material die Schutzeinrichtung passieren kann. Während der Überbrückung muss ein sicherer Zustand der Maschine durch andere Sicherheitseinrichtungen gewährleistet sein. Dies bedeutet, dass der Zugang zum Gefahrenbereich nicht möglich ist, ob mit oder ohne überbrückte Schutzeinrichtung. Das transportierte Material soll während der Überbrückung der optoelektronischen Schutzeinrichtung den Zugang zum Gefahrenbereich blockieren und als Barriere dienen. Ist dies aufgrund des Materials selbst oder der Zeitdauer der Überbrückung nicht möglich, sind zusätzliche Maßnahmen notwendig. Bei nicht hintertretbaren (nicht passierbaren) Schutzeinrichtungen hingegen darf eine Überbrückung der optoelektronischen Schutzeinrichtung nur möglich sein, wenn keine Gefahr bringenden Maschinenfunktionen stattfinden. Ist der Abstand zwischen der Gefahr bringenden Maschinenfunktion und der Schutzeinrichtung so gering, dass während der Schutzfeldüberbrückung diese Gefahren erreichbar sind, müssen die Gefahr bringenden Maschinenfunktionen während des Materialtransports durch das Schutzfeld sicher abgeschaltet werden.

### Muting-Leuchte

Um Muting zu signalisieren ist die Verwendung einer Muting-Leuchte oder eines Muting-Statussignals möglich. In manchen Typ-C-Normen ist die Verwendung einer Muting-Leuchte noch immer vorgeschrieben. Die Muting-Leuchte signalisiert das temporäre Muting. Eine externe Leuchte (überwacht/nicht überwacht) oder integrierte Signalleuchten können hierfür verwendet werden.

### Mindestabstand

Der Eindringabstand  $C$  ist abhängig von dem Detektionsvermögen  $d$  der optoelektronischen Schutzeinrichtung sowie von der Möglichkeit des Übergreifens.

Ist das Detektionsvermögen  $d \leq 40$  mm wird der Eindringabstand  $C$  mit der Formel  $C = 8 \times (d - 14)$  mm berechnet und variiert zwischen 0 und 208 mm. Ab einem Detektionsvermögen  $> 40$  mm beträgt der Eindringabstand  $C$  850 mm.

Ist ein Übergreifen der optoelektronischen Schutzeinrichtung möglich, kann sich der Eindringabstand  $C$  auf maximal 1200 mm erhöhen.

Die zeitlich begrenzte Überbrückung der Sicherheitsfunktion (Muting) ist die in der Praxis am häufigsten eingesetzte Methode zum Absichern von automatischen Be- und Entladestationen. Die Überbrückungsfunktion erlaubt das zeitlich begrenzte Deaktivieren der Schutzfunktion einer optoelektronischen Schutzeinrichtung. Die Differenzierung zwischen Material und Person erfolgt über geeignete Überbrückungssensoren oder zusätzliche Signale aus dem sicherheitsgerichteten Steuerungssystem.

### Laut der IEC/TS 62046 wird die Überbrückung oder das Muting wie folgt definiert:

Muting ist die vorübergehende (zeitweise) automatische Überbrückung einer Sicherheitsfunktion oder von Sicherheitsfunktionen durch sicherheitsbezogene Teile des Steuerungssystems. Dieses wird benötigt, wenn Material durch das Schutzfeld der Schutzeinrichtung bewegt werden muss, ohne den Arbeitsablauf (Gefahr bringender Maschinenzustand) anzuhalten.

Ist die Überbrückungsfunktion nicht aktiviert, muss die Schutzeinrichtung das Eindringen einer Person detektieren und damit das Beenden einer Gefahr bringenden Maschinenfunktion initiieren. Daraus resultiert die Anforderung an eine Muting- oder Überbrückungsapplikation, zwischen einem automatisch transportierten Material und einer Person zu

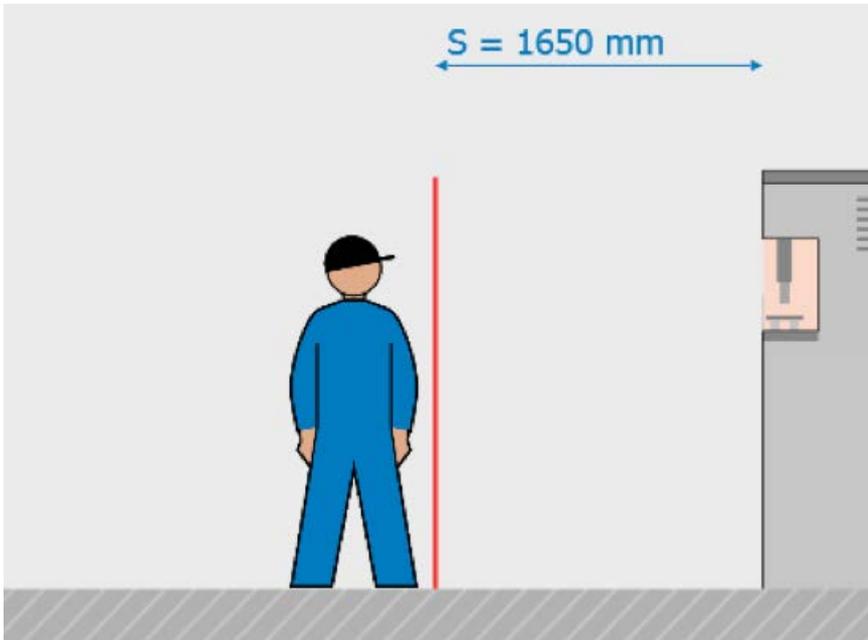


Abb. 4.1.2 Beispielhafte Mindestabstandsberechnung bei Schutzfeldüberbrückung (Muting).

#### Weitere Annahmen:

- Detektionsvermögen > 40 mm
- Übergreifen nicht möglich

Der Eindringabstand C beträgt 850 mm bei einem Detektionsvermögen > 40 mm und ohne mögliches Übergreifen. Daraus resultiert in diesem Beispiel ein Mindestabstand von 1650 mm.

#### Anforderungen:

- Vermeiden von Quetsch- und Scherstellen, z. B. zwischen festen Anlagenteilen und der Transporteinheit. Mindestabstände zur Vermeidung der Quetsch- und Scherstellen sind in der ISO 13857 enthalten.
- Korrekte Auswahl der Länge und Auflösung der Schutzeinrichtung
- Ausreichender Mindestabstand
- Sichere und zuverlässige Unterscheidung zwischen Material und Personen durch:
  - Geeignete Auswahl der Überbrückungssensoren
  - Geeignete Positionierung der Überbrückungssensoren (Erkennung des Materials und nicht des Materialträgers)
- Einhaltung des geforderten Sicherheitsniveaus des Überbrückungssystems (PL, Kategorie)
- Blockieren des Zugangs zu der Gefahrstelle durch das transportierte Material, gegebenenfalls sind Zusatzmaßnahmen wie verriegelte Pendelklappen notwendig
- Kenntnis über die maximalen Materialkonturen des transportierten Materials
- Detektion des transportierten Materials (nicht des Materialträgers)
- Kein unerkanntes Mitfahren auf den Materialträgern möglich
- Manuelles Rücksetzen der Schutzeinrichtung (Reset) erforderlich, da der Aufenthalt hinter der Schutzeinrichtung möglich ist.
- Betätigungselemente der Rücksetzeinrichtung müssen außerhalb des Gefahrenbereichs an einer Stelle angebracht sein, von der aus der gesamte Gefahrenbereich einsehbar ist.



Abb. 4.1.3 Schutzfeld-Überbrückung mit vier gegenüberliegend angeordneten Sensoren und Zusatzsignal

**Gefahren und Fehlanwendungen**

- Lücken zwischen festen und beweglichen Maschinenteilen ermöglichen das Mitgehen von Personen auf oder neben dem Material in den Gefahrenbereich
- Abstand zwischen dem transportierten Material und den festen Anlagenteilen zu gering (Quetschgefahr)
- Abstand zwischen dem transportierten Material und den festen Anlagenteilen zu groß (keine verriegelten Pendelklappen)
- Nicht ausreichende Höhe der Schutzeinrichtung (Übergreifen ist möglich)
- Nicht ausreichender Mindestabstand
- Rücksetzen der Schutzeinrichtung ist möglich, während sich eine Person im Gefahrenbereich befindet
- Rücksetzelemente können aus dem Gefahrenbereich heraus betätigt werden
- Falsche Anordnung der Überbrückungssensoren (Gefahr von Manipulation)
- Zufälliges Aktivieren der Überbrückungssensoren
- Falsche Auswahl der Überbrückungssensoren (keine sichere Materialerkennung)
- Auswahl ungeeigneter Steuerungssignale (Schutzeinrichtung immer überbrückt)
- Alleinige Anwendung einkanaliger Steuerungen für Steuerungssignale (Verlust der Sicherheitsfunktion im Fehlerfall)
- Nichtbeachtung der Umgebungsbedingungen (viel Staub und Schmutz, Außenanlagen, ...)
- Kein Blockieren des Zugangs zum Gefahrenbereich durch das zu transportierende Material während der Schutzfeldüberbrückung.
- Detektion des Materialträgers anstatt des transportierten Materials.

**Vorteile**

- Vergleichsweise kostengünstig
- Kurzer Mindestabstand möglich
- Fingerdetektion möglich (vorteilhaft für Eindringabstand)
- Sicherer Transport vieler unterschiedlicher Materialien mit unterschiedlichen Größen
- Flexibilität bei Materialkontur
- Höchstes Sicherheitsniveau möglich
- Richtungsunabhängig (bei entsprechender Muting-Sensor-Anordnung, siehe 4.3)
  - Materialien können in beide Richtungen transportiert werden

**Nachteile**

- Schutzeinrichtung nicht durchgängig aktiv (überbrückt)
- Zusätzliche Überbrückungssensoren oder -signale notwendig
- Möglicherweise zusätzliche Absicherungen notwendig (zusätzlicher Seitenschutz wie verriegelte Pendelklappen)
- Ungewollte Auslösung der Schutzeinrichtung durch mögliche Lücken im transportierten Material. Die Muting-Sensoren können fälschlicherweise ein „Muting-Ende“ initiieren.
- Gefahr von Manipulation der Schutzfeldüberbrückung bei falscher Auswahl und/oder falscher Anordnung der Überbrückungssensoren
- Keine Detektion von Personen auf oder in dem transportierten Material
- Keine Detektion von Personen, die neben dem Material laufen
- Möglicherweise keine Detektion von direkt vor oder nach dem zu transportierenden Material laufenden Personen
- Schwierige Umgebungsbedingungen können zu einem ungewollten Triggern der Schutzeinrichtung führen oder den Einsatz verhindern
- Möglicherweise Muting-Leuchte notwendig (in spezifischer Typ-C-Norm gegebenenfalls aufgeführt)

**Alternative Anwendung der Schutzfeldüberbrückung:**

Die Überbrückungsfunktion kann auch eingesetzt werden, um den Arbeitsablauf zu optimieren, wenn bestimmte Maschinenzustände dies ermöglichen; z. B. Überbrückung der Funktion eines Sicherheits- Lichtvorhangs während des ungefährlichen Hochlaufens eines Pressenstößels, wodurch der Bediener die Werkstücke einfacher entnehmen kann.

Damit ist es mit der Überbrückungsfunktion möglich, einer Person oder einem Teil der Person den Zugang zur Maschine für eine bestimmte Zeit zu gewähren, ohne dass die Schutzeinrichtung in den AUS-Zustand wechselt. Dafür ist es erforderlich, dass während des Zugangs der Person kein Gefahr bringender Zustand des Maschinenzyklus durchgeführt wird oder dass die Sicherheit durch andere Mittel erhalten bleibt. Mit dieser Anwendung der Schutzfeldüberbrückung können z. B. Werkstücke eingelegt oder entnommen werden, ohne den Maschinenprozess zu unterbrechen.

## 4.2. Schutzfeldumschaltung

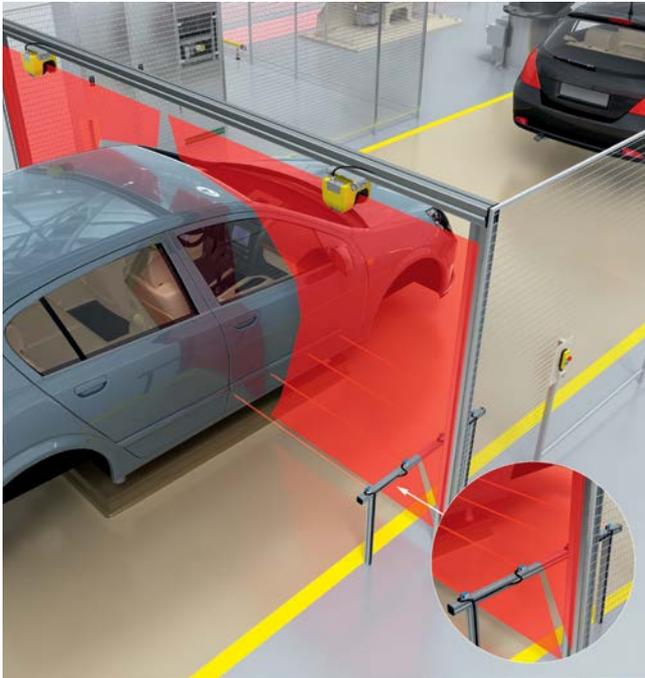


Abb. 4.2.1 Schutzfeldumschaltung mit zwei Sicherheits-Laserscannern und vier parallel angeordneten Sensoren mit Zeitüberwachung.

Die Funktion der dynamischen Schutzfeldumschaltung eignet sich für das Absichern von automatischen Be- und Entladestationen. Dabei schalten Umschaltungssensoren oder geeignete Signale aus dem Steuerungssystem das Schutzfeld der Schutzeinrichtung für eine begrenzte Zeit um.

In der Regel werden bei dieser Applikation Sicherheits-Laserscanner mit vertikalen oder leicht geneigten Schutzfeldern verwendet. Durch geeignete Signale aus dem Steuerungssystem und aus entsprechend positionierten Umschaltungssensoren wird aus einer Reihe von vorprogrammierten Schutzfeldern das geeignete Schutzfeld für das zu diesem Zeitpunkt transportierte Material aktiviert. Die Schutzfeldkontur wird an das Transportobjekt angepasst, sodass die Durchfahrt des Materials nicht zum Ansprechen der Schutzeinrichtung führt. Die nicht überwachten Bereiche müssen ausreichend klein sein, damit eine Person zu jedem Zeitpunkt im verbleibenden Schutzfeld detektiert wird. Das Material selbst dient in diesem Fall als Barriere und verhindert das Eindringen in den Gefahrenbereich durch den nicht überwachten Bereich. Nachdem das Material passiert hat, erfolgt eine erneute Umschaltung des Schutzfelds, in der die ursprüngliche Schutzfeldkontur wieder den gesamten Bereich detektiert. Abhängig von der Applikation kann eine Installation von zwei Sicherheits-Laserscannern notwendig sein, um mögliche Blindzonen so gut wie möglich zu verringern.

Bei der Verwendung von Sicherheits-Laserscannern muss der notwendige Abstand zwischen Schutzfeld und Objekten beachtet werden, um die Produktivität zu gewährleisten. Dieser Abstand führt gegebenenfalls zu einer Veränderung der wirksamen Auflösung.

### Sonderapplikation Safe Portal von SICK

Eine Sonderapplikation der Schutzfeldumschaltung zur Absicherung von automatischen Be- und Entladestationen ist das sogenannte Safe Portal. Bei dieser Applikation werden zwei Sicherheits-Laserscanner gegenüberliegend vertikal oder horizontal montiert. Mithilfe von simultanen Schutzfeldern können mehrere Bereiche gleichzeitig sicher überwacht werden. Dabei ist es wichtig, dass der Materialträger oder das Material die Schutzfelder voreilend oder gleichzeitig und synchron unterbricht. Umschaltungssensoren sind bei dieser Sonderform der Schutzfeldumschaltung nicht notwendig. Die in der IEC/TS 62046 aufgeführte Vorgehensweise trifft deshalb auf diese Applikation nicht zu.

- Bei der Schutzfeldumschaltung mit zwei vertikal montierten Sicherheits-Laserscannern unterbricht der Materialträger ein zuvor definiertes Sensorfeld in einer bestimmten Position. Abhängig von der Position des Materialträgers (erhöht oder abgesenkt) lässt sich erkennen, ob Material auf dem Materialträger transportiert wird, um entsprechend die Schutzfeldkontur anzupassen.
- Bei horizontal montierten Sicherheits-Laserscannern werden mehrere Sensorfelder definiert, die in einer bestimmten Reihenfolge die Materialträgerkonturen detektieren. Bei dieser Applikation erfolgt im Vergleich zur klassischen Schutzfeldumschaltung eine kontinuierliche Gefahrenbereichsabsicherung.



Abb. 4.2.2 Sonderform der Schutzfeldumschaltung ohne Umschaltungssensoren.

Der Vorteil dieser Sonderform der Schutzfeldumschaltung liegt neben den nicht benötigten Umschaltungssensoren in der Flexibilität der Schutzfelder für unterschiedliche zu transportierende Materialien, die anhand der Materialträgerkontur oder deren Positionen unterschieden werden können.

### Mindestabstand

Der Eindringabstand C ist abhängig von der Schutzeinrichtung (z. B. vom Detektionsvermögen d einer optoelektronischen Schutzeinrichtung) sowie von der Möglichkeit des Übergreifens.

Ist das Detektionsvermögen der optoelektronischen Schutzeinrichtung  $d \leq 40$  mm wird der Eindringabstand C mit der Formel  $C = 8 \times (d - 14)$  mm berechnet und variiert zwischen 128 und 208 mm, da als geringstes Detektionsvermögen eines Sicherheits-Laserscanners 30 mm angenommen wird. Ab einem Detektionsvermögen  $> 40$  mm beträgt der Eindringabstand C 850 mm.

Ist ein Übergreifen der optoelektronischen Schutzeinrichtung möglich, kann sich der Eindringabstand C auf maximal 1200 mm erhöhen.

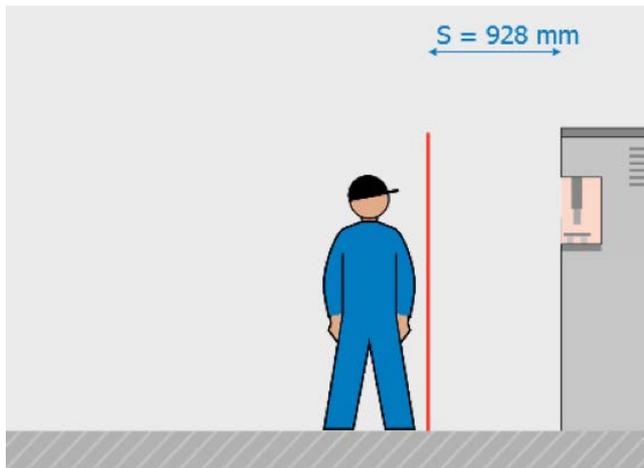


Abb. 4.2.3 Example minimum distance calculation for protective field switching.

### Weitere Annahmen:

- Detektionsvermögen = 30 mm
- Übergreifen nicht möglich

Der Eindringabstand C beträgt 128 mm. Der Mindestabstand beträgt unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen 928 mm.

### Anforderungen

- Vermeiden von Quetsch- und Scherstellen, z. B. zwischen festen Anlageteilen und der Transporteinheit. Mindestabstände zur Vermeidung der Quetsch- und Scherstellen sind in der ISO 13857 enthalten.
- Korrekte Auswahl und Konfiguration der Schutzeinrichtung
- Ausreichender Mindestabstand
- Sichere und zuverlässige Unterscheidung zwischen Material und Personen durch:
  - Geeignete Auswahl der Umschaltungssensoren
  - Geeignete Positionierung der Umschaltungssensoren
- Einhaltung des geforderten Sicherheitsniveaus des Umschaltungssystems (PL, Kategorie)
- Blockieren des Zugangs zu der Gefahrstelle durch das durchfahrende Material
- Gesamtansprechzeit des Sicherheits-Laserscanners bei vertikaler Installation höchstens 90 ms
- Referenzkontur für den Sicherheits-Laserscanner notwendig
- Kenntnis über die Materialkonturen des transportierten Materials
- Kein unerkanntes Mitfahren auf den Materialträgern möglich
- Manuelles Rücksetzen der Schutzeinrichtung (Reset) erforderlich, da der Aufenthalt hinter der Schutzeinrichtung möglich ist. Die Betätigungselemente der Rücksetzeinrichtung müssen außerhalb des Gefahrenbereichs an einer Stelle angebracht sein, von der aus der gesamte Gefahrenbereich einsehbar ist.

### Gefahren und Fehlanwendungen

- Abstand zwischen dem transportierten Material und den festen Anlagenteilen zu gering (Quetschgefahr)
- Ansprechzeit des Sicherheits-Laserscanners durch Konfiguration hoch und dadurch erhöhter Mindestabstand (Gesamt unter 90 ms)
- Ansprechzeit des Sicherheits-Laserscanners durch Konfiguration über 90 ms, dadurch vertikale Absicherung nicht möglich
- Nicht ausreichender Mindestabstand
- Rücksetzen der Schutzeinrichtung ist möglich, während sich eine Person im Gefahrenbereich befindet
- Rücksetzelemente können aus dem Gefahrenbereich heraus betätigt werden
- Nicht ausreichende Höhe der Schutzeinrichtung (Übergreifen ist möglich)
- Falsche Anordnung der Umschaltungssensoren (Gefahr von Manipulation)
- Zufälliges Aktivieren der Umschaltungssensoren
- Falsche Auswahl der Umschaltungssensoren (keine sichere Materialerkennung)
- Auswahl ungeeigneter Steuerungssignale (Schutzeinrichtung immer umgeschaltet)
- Alleinige Anwendung einkanaliger Steuerungen für Steuerungssignale (Verlust der Sicherheitsfunktion im Fehlerfall)
- Nichtbeachtung der Umgebungsbedingungen (viel Staub und Schmutz, Außenanlagen, ...)
- Blindzonen im Schutzfeld eines Sicherheits-Laserscanners oder Materialien mit spezieller Kontur
- Kein Blockieren des Zugangs zum Gefahrenbereich durch das transportierte Material während der Schutzfeldumschaltung

### Vorteile

- Flexibilität bei Material- und Feldgröße
- Sicherheits-Laserscanner durchgängig aktiv (erhöhte Zuverlässigkeit an die Personendetektion)
- Erhöhte Sicherheit durch festgelegte Schutzfeldgrößen, passend zum transportierten Material
- Wahrscheinliche Detektion von Personen auf dem transportierten Material
- Wahrscheinliche Detektion von Personen, die neben dem Material laufen
- Keine zusätzlichen Absicherungen notwendig (zusätzlicher Seitenschutz wie verriegelte Pendelklappen)
- Zusatzinformationen über das transportierte Material mithilfe der Funktion Konturüberwachung
- Richtungsunabhängig – Materialien können in beide Richtungen transportiert werden (abhängig von der Anordnung der Umschaltensensoren)

### Nachteile

- Umschaltungssensoren oder -signale notwendig
- Keine Fingerdetektion möglich
- Mögliche Blindzonen im Schutzfeld
- Gefahr von Manipulation der Schutzfeldumschaltung bei falscher Auswahl und/oder falscher Anordnung der Umschaltungssensoren
- Ungewolltes Auslösen der Schutzeinrichtung durch mögliche Lücken im transportierten Material
- Möglicherweise keine Detektion von Personen, die direkt vor oder nach dem zu transportierenden Material laufen
- Schwierige Umgebungsbedingungen können zu einem ungewollten Auslösen der Schutzeinrichtung führen oder sind möglicherweise sogar ein Ausschlusskriterium für den Einsatz
- Gesamtansprechzeit der Schutzeinrichtung darf nach der Parametrierung maximal 90 ms betragen
- Sicherheitsniveau PL d maximal erreichbar bei Einsatz von Sicherheits-Laserscannern



Abb. 4.2.4 Schutzfeldumschaltung mit einem Sicherheits-Laserscanner und vier parallel angeordneten Sensoren mit Zeitüberwachung.

## 4.3. Umschaltungs- oder Überbrückungssensoren

### 4.3.1. Konfiguration

Die Konfiguration von Anzahl, Typ, Anordnung und Steuerung der Überbrückungssensoren sind in Anhang F der IEC/TS 62046 beschrieben. Diese Vorgehensweise wird ebenfalls für die Konfiguration von Umschaltungssensoren empfohlen. Die folgenden Darstellungen stellen Überbrückungsfunktionen dar, das Prinzip kann ebenso für die Umschaltungsfunktion übernommen werden.

**Bei der Konfiguration der Umschaltungs- oder Überbrückungssensoren lassen sich vier grundlegende Varianten unterscheiden:**

1. Vier parallel angeordnete Sensoren mit Zeitüberwachung – beidseitiger Materialtransport möglich
2. Vier parallel angeordnete Sensoren mit Sequenzüberwachung – beidseitiger Materialtransport möglich
3. Zwei Sensoren mit T-Konfiguration und Zeitüberwachung – beidseitiger Materialtransport möglich
4. Zwei Sensoren mit L-Konfiguration und Zeitüberwachung – einseitiger Materialtransport möglich

Diese Grundsätze lassen sich auch auf andere Konfigurationen anwenden.

**Die Anordnung der Umschaltungs- oder Überbrückungssensoren ist dabei immer so zu wählen, dass**

- nur das Material erkannt wird und nicht das Transportmittel (Palette oder Fahrzeug)
- Material ungehindert passieren kann, Personen aber sicher erkannt werden
- beim Erkennen des Materials ein Mindestabstand zwischen der Detektionszone der Schutzeinrichtung und der nächstliegenden Gefahrstelle eingehalten wird

#### Umschaltungs- und Überbrückungszyklus

Der Umschaltungs- und Überbrückungszyklus ist die festgelegte Folge aller Vorgänge, die bei der Umschaltung oder Überbrückung (Muting) ablaufen. Er beginnt, wenn der erste Umschaltungs- oder Überbrückungssensor aktiviert wird. Er endet, wenn der letzte Sensor in den Grundzustand zurückkehrt (z. B. freier Lichtweg bei optischen Sensoren). Erst dann kann die Schutzfeldumschaltung oder Überbrückung erneut aktiviert werden.

#### Manipulation

Das Vermeiden von Manipulationen muss vor der Installation der Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktion berücksichtigt werden. Folgende Maßnahmen eignen sich zur Reduzierung möglicher Manipulationsversuche:

- Die zeitliche Begrenzung der Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktion
- Ein zusätzlicher Freigabebefehl durch die Maschinensteuerung für die Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktion
- Die geeignete Auswahl von Umschaltungs- oder Überbrückungssensoren, z. B. Näherungssensoren, die abwechselnd auf der gegenüberliegenden Seite installiert sind, damit sie eine Person nicht einfach aktivieren kann
- Eine Gleichzeitigkeits- oder Sequenzüberwachung der Umschaltungs- oder Überbrückungssensoren

Hinweis: Die Höhe der Umschaltungs- oder Überbrückungssensoren zur Bezugsebene (i. d. R. das Fördersystem) sollte so gewählt sein, dass das transportierte Material, aber nicht der Materialträger erkannt wird. Ist dies nicht möglich, können zusätzliche Maßnahmen erforderlich sein, die die Detektion einer Person auf dem Materialträger gewährleisten.

Zusätzliche Maßnahmen wie flexible, überwachte Schwingtüren mit einer Breite von mindestens 500 mm und elektronischer Überwachung können für die folgenden Fälle erforderlich sein (siehe Abb. 4.3.1.1):

- Eine Person hat ungehinderten Zugang durch die Öffnungen zwischen transportiertem Material und trennender Schutzeinrichtung (Abstände a und b) zum Gefahrenbereich
- Das transportierte Material und die feststehenden Anlagenteile bilden Quetsch- und Scherstellen, weshalb die Abstände a und b vergrößert werden müssen
- Die Abstände a und b variieren aufgrund verschiedener transportierter Materialien und sind > 200 mm.

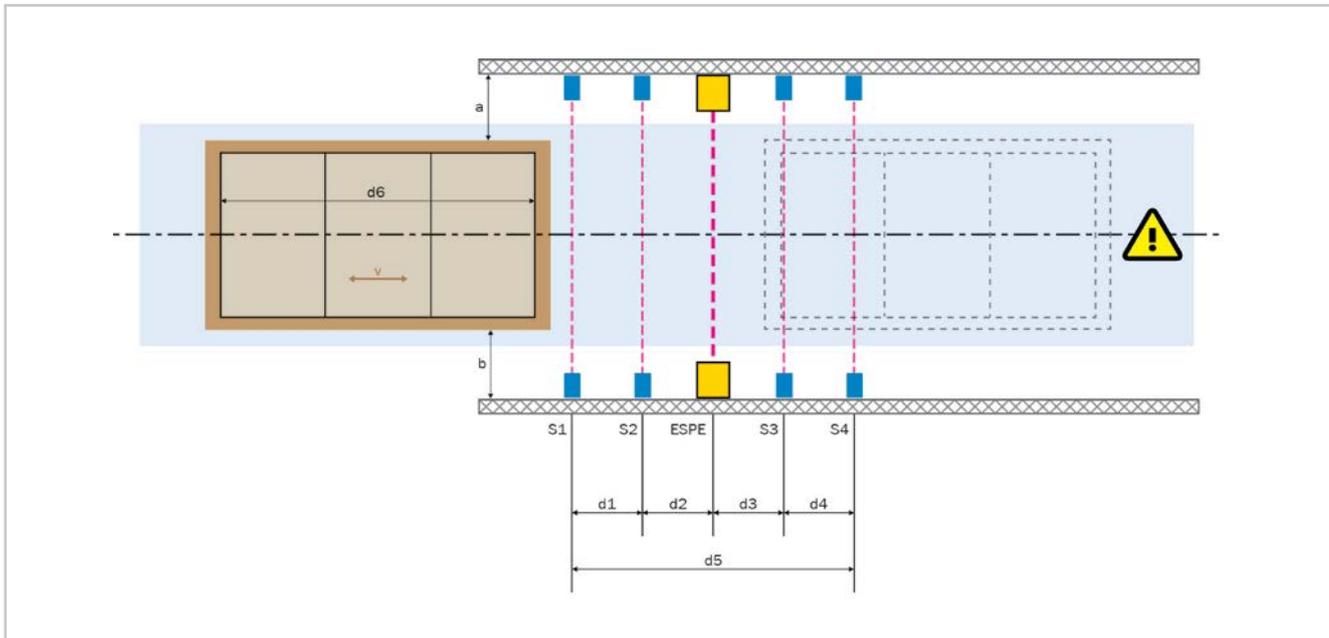
**Vier parallel angeordnete Sensoren mit Zeit- oder Sequenzüberwachung – beidseitiger Materialtransport möglich**

Abb. 4.3.1.1 Schematische Darstellung von vier parallel angeordneten Sensoren mit Zeit- oder Sequenzüberwachung.

$d1$  = Abstand zwischen Sensor S1 und S2 (mm)

$d2$  = Abstand zwischen Sensor S2 und Schutzfeld der optoelektronischen Schutzeinrichtung (mm)

$d3$  = Abstand zwischen Schutzfeld der optoelektronischen Schutzeinrichtung und Sensor S3 (mm)

$d4$  = Abstand zwischen Sensor S3 und S4 (mm)

$d5$  = Abstand zwischen Sensor S1 und S4

$d6$  = Länge des zu transportierenden Materials (mm)

$v$  = Transportgeschwindigkeit (mm/s)

$a$  und  $b$  = Abstand zwischen transportiertem Material und trennender Schutzeinrichtung (mm).

Der Abstand muss so gewählt sein, dass ein Betreten des Gefahrenbereichs neben dem transportierten Material nicht möglich ist

**Empfohlene Abstände:**

$d1 > 250$  mm (abhängig von der Montagehöhe)

$d1$  muss nicht =  $d4$  sein

$d2 < 200$  mm

$d3 < 200$  mm

$d5 > 500$  mm (damit der Körper einer Person die Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktion nicht aufrechterhalten kann)

$d5 < d6$

$d2, d3 \geq v \cdot$  Ansprechzeit der Schutzeinrichtung (inkl. sicherheitsgerichteter Steuerung)

$d2, d3 < 250$  mm (abhängig von der Montagehöhe)

Die Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktion mit vier parallel angeordneten Sensoren ermöglicht einen beidseitigen Materialtransport und verhindert den unerkannten Zugang zum Gefahrenbereich. Dabei sind jeweils zwei Sensoren vor oder nach der Schutzeinrichtung angeordnet. Abhängig von der Zeit- oder Sequenzüberwachung erfolgt das Einleiten und die Aufhebung der Umschaltungs- oder die Überbrückungsfunktion. Nahezu alle Sensorarten sind bei dieser Anordnung einsetzbar.

**Zeitüberwachung**

Die Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktion bei vier parallel angeordneten Sensoren mit Zeitüberwachung basiert auf einer zeitlichen Begrenzung zwischen der Betätigung der Sensoren S1 und S2 sowie zwischen der Betätigung der Sensoren S3 und S4. In der IEC/TS 62046 wird eine maximale Zeitbegrenzung von 4 s empfohlen. Dabei wird die Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktion durch die Betätigung der beiden Sensoren S1 und S2 innerhalb der Zeitbegrenzung eingeleitet und über die beiden Sensoren S3 und S4 aufrechterhalten. Für eine bestimmte Zeit sind damit alle vier Sensoren betätigt. Die Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktion wird durch die Deaktivierung von Sensor S3 oder S4 beendet und damit das Schutzfeld gewechselt oder die Schutzeinrichtung wieder aktiviert. Bei der Ausfuhr des Materials aus dem Gefahrenbereich (geänderte Bewegungsrichtung) erfolgt die Betätigung der Sensoren in umgekehrter Reihenfolge.

**Sequenzüberwachung**

Bei der Sequenzüberwachung von vier parallel angeordneten Sensoren ist die Einleitung der Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktion abhängig von der korrekten Abfolge der Betätigung der vier Sensoren. Wird z. B. im umgeschalteten oder überbrückten Zustand Sensor S1 vor der Aktivierung von Sensor S3 deaktiviert, wird die Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktion beendet. Das umgeschaltete oder wieder aktivierte Schutzfeld der Schutzeinrichtung detektiert transportiertes Material – oder eine Person – mit falscher Sequenz und schaltet in den AUS-Zustand.

Die zusätzliche Überwachung der Unterbrechung der Schutzeinrichtung innerhalb der Sequenz bei der Überbrückungsfunktion kann einen verbesserten Schutz gegenüber Manipulation und Umgehen der Schutzeinrichtung bieten.

**Zwei Sensoren mit T-Konfiguration und Zeitüberwachung – beidseitiger Materialtransport möglich (Kreuz-Muting)**

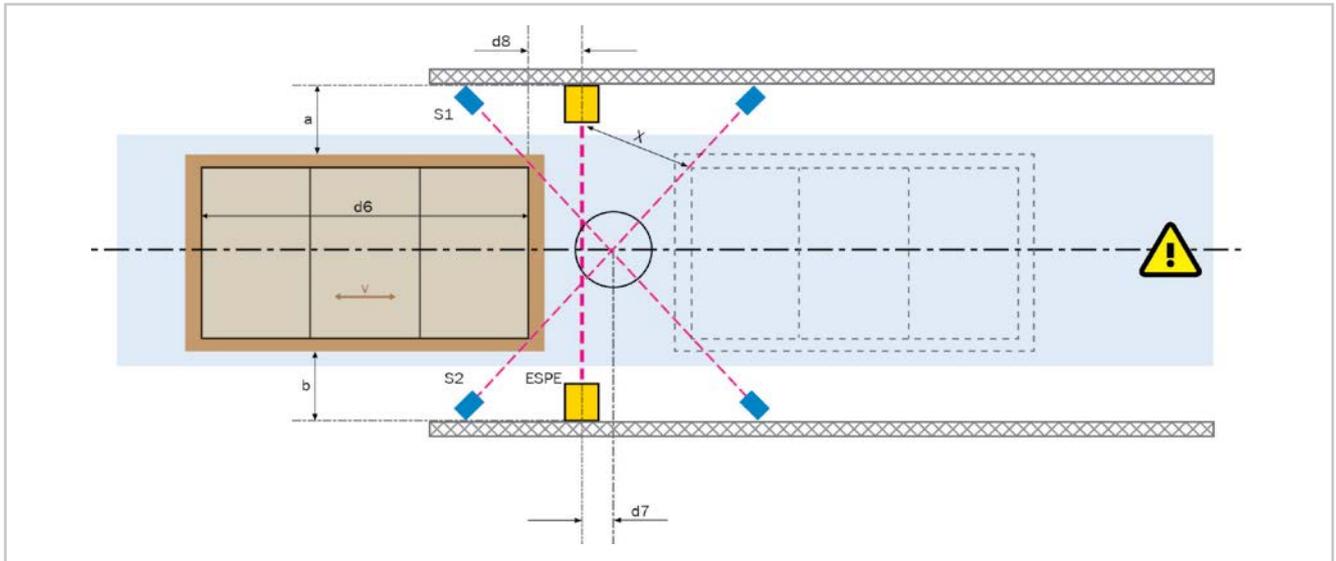


Abb. 4.3.1.2 Schematische Darstellung von zwei Sensoren mit T-Konfiguration und Zeitüberwachung.

d6 = Länge des zu transportierenden Materials (mm)

d7 = Abstand zwischen dem Schutzfeld der optoelekt. Schutzeinrichtung und dem Kreuzpunkt der beiden Sensoren von S1 und S2 (mm)

d8 = Mindestabstand zwischen dem Schutzfeld der optoelekt. Schutzeinrichtung und der Detektion des transportierten Materials (mm)

v = Transportgeschwindigkeit (mm/s)

x = Abstand zwischen der Kante der trennenden Schutzeinrichtung und der Kante des zu transportierenden Materials

a und b = Abstand zwischen transportiertem Material und trennender Schutzeinrichtung (mm).

Dieser Abstand muss so gewählt sein, dass ein Betreten des Gefahrenbereichs neben dem transportierten Material nicht möglich ist.

**Empfohlene Abstände:**

$d8 \geq v \cdot \text{Ansprechzeit der Schutzeinrichtung (inkl. sicherheitsgerichteter Steuerung)}$

$d8 < 250 \text{ mm (abhängig von der Montagehöhe)}$

$d7 \leq 200 \text{ mm}$

$x < 200 \text{ mm}$

Die T-Konfiguration (Kreuz-Muting) mit zwei Sensoren und Zeitüberwachung ermöglicht einen beidseitigen Materialtransport und verhindert den unerkannten Zugang zum Gefahrenbereich. Beim Kreuz-Muting sind relativ identische Materialgrößen notwendig. Der Kreuzpunkt der beiden Sensoren S1 und S2 sollte hinter der optoelektronischen Schutzeinrichtung in Richtung des Gefahrenbereichs liegen, um ein Triggern der Umschalt- oder Überbrückungsfunktion durch unerwartetes Material oder Personen zu verhindern. Der Abstand zwischen dem Schutzfeld der optoelektronischen Schutzeinrichtung und dem Kreuzpunkt (d7) sollte dabei so gering wie möglich sein, damit ein unerkannter Zutritt einer Person durch unmittelbares Folgen hinter dem transportierten Material nicht möglich ist.

Die Höhe des Kreuzpunkts der Sensoren S1 und S2 muss mindestens auf derselben Höhe wie die untere Kante des Schutzfelds der optoelektronischen Schutzeinrichtung oder höher liegen.

Die Abstände zwischen dem transportiertem Material und den festen Anlagenteilen (a und b) müssen so gewählt werden, dass eine Person nicht unerkannt mit dem transportierten Material in den Gefahrenbereich gelangen kann, während die Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktion aktiviert ist. Dies gilt ebenfalls für den Abstand zwischen der Kante der festen Anlagenteile (in der Abbildung gleich die Kante des Schutzfelds der optoelektronischen Schutzeinrichtung) und der Kante des transportierten Materials (x).

Die Sensoren S1 und S2 müssen so positioniert sein, dass eine Person nicht die Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktion aktivieren kann. Das bedeutet, dass eine Person zunächst von der Schutzeinrichtung detektiert werden muss, bevor er die Sensoren von S1 und S2 unterbricht. Einweg-Lichtschraken und Reflexions-Lichtschraken eignen sich für diese Anordnung.

### Zeitüberwachung

Die Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktion erfordert bei zwei Sensoren mit T-Konfiguration und Zeitüberwachung einen definierten Zeitraum, in dem die beiden Sensoren S1 und S2 betätigt werden müssen. Dieser Zeitraum darf nach der IEC/TS 62046 maximal 4 s betragen und muss überwacht werden, ansonsten muss eine andere Konfiguration verwendet werden.

Ist einer der beiden Sensoren von S1 und S2 nicht länger aktiviert oder ist der definierte Zeitraum überschritten, muss die Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktion beendet werden.

### Zwei Sensoren mit L-Konfiguration und Zeitüberwachung – einseitiger Materialtransport möglich (nur Ausfahrt)

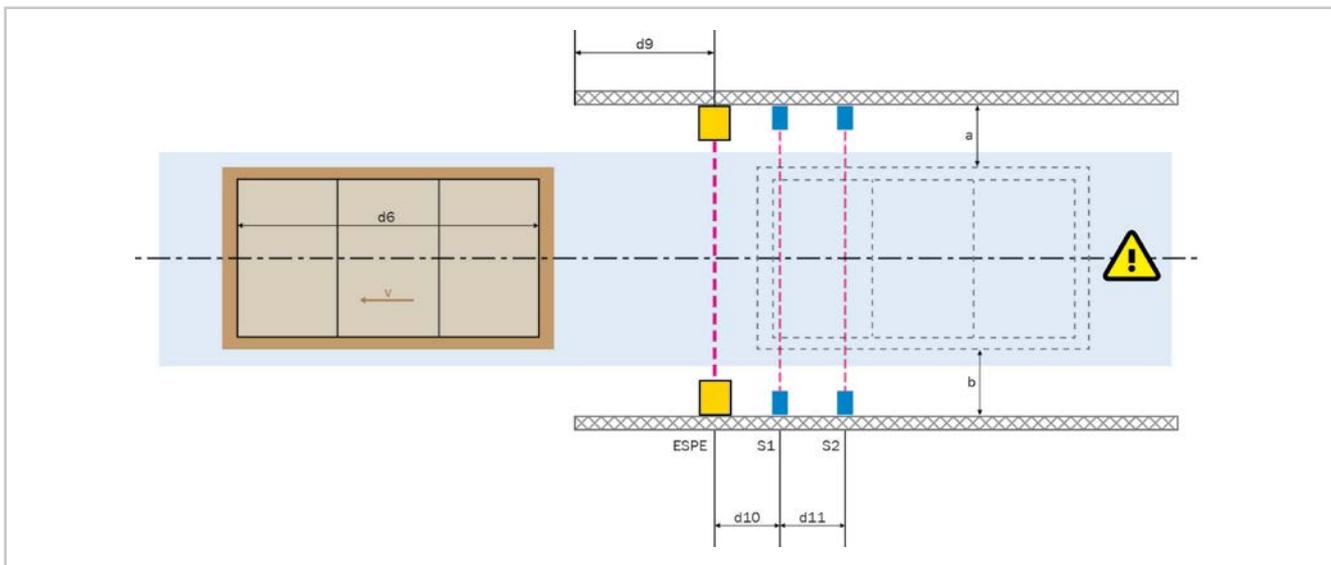


Abb. 4.3.1.3 Schematische Darstellung von zwei Sensoren mit L-Konfiguration und Zeitüberwachung.

d9 = Zusätzliche Länge der trennenden Schutzeinrichtung, falls die Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktion aufgrund eines definierten Zeitraums beendet wird

d10 = Abstand zwischen dem Schutzfeld der optoelektronischen Schutzeinrichtung und Sensor S1 (mm)

d11 = Abstand zwischen Sensor S1 und S2 (mm)

v = Transportgeschwindigkeit (mm/s)

a und b = Abstand zwischen transportiertem Material und trennender Schutzeinrichtung (mm)

**Empfohlene Abstände:**

$d10 \geq v \cdot$  Ansprechzeit der Schutzeinrichtung (inkl. sicherheitsgerichteter Steuerung)

$d10 < 250$  mm (Abhängig von der Montagehöhe)

$d10 + d11 < d6$

$d9 =$  Höchstgeschwindigkeit des zu transportierenden Materials (mm/s) x definierter Zeitraum der Zeitüberwachung (s) – 200 mm

Die Konfiguration mit zwei Sensoren in L-Konfiguration und Zeitüberwachung eignet sich nur für den Transport von Materialien aus dem Gefahrenbereich hinaus sowie zur Verhinderung des unerkannten Zugangs. Dabei sind die zwei Sensoren S1 und S2 vor der optoelektronischen Schutzeinrichtung im Gefahrenbereich positioniert (in Ausfahrtrichtung). Die Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktion darf nur eingeleitet werden, wenn die beiden Sensoren innerhalb eines definierten Zeitraums aktiviert werden, der nach der IEC/TS 62046 maximal 4 s betragen darf.

Die Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktion muss beendet werden, sobald das zu transportierende Material nicht mehr von der Schutzeinrichtung detektiert oder der definierte Zeitraum überschritten ist. Wird die Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktion aufgrund des definierten Zeitraums beendet, muss eine zusätzliche Länge der trennenden Schutzeinrichtung oder der festen Anlagenteile (d9) berücksichtigt werden, um den unerkannten Zutritt einer Person in den Gefahrenbereich während der Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktion zu verhindern.

**Zwei parallel angeordnete Sensorpaare (vier Sensoren) mit Zeitüberwachung – beidseitiger Materialtransport möglich (Parallel-Muting)**

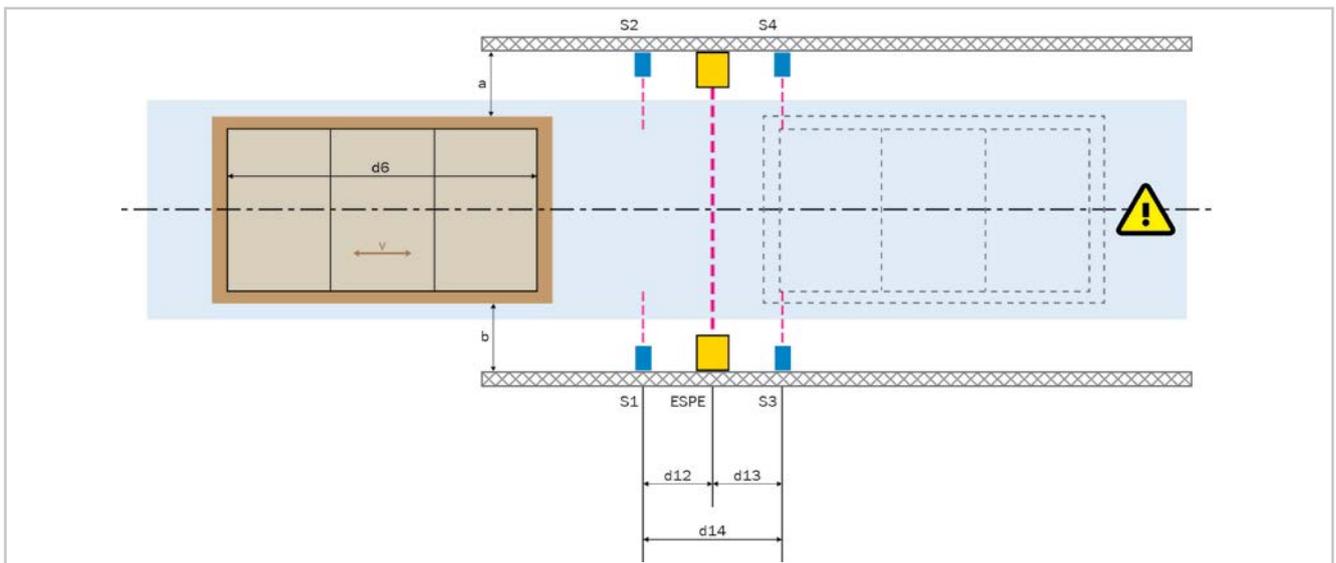


Abb. 4.3.1.4 Schematische Darstellung von zwei parallel angeordneten Sensorpaaren mit vier Sensoren und Zeitüberwachung.

$d12 =$  Abstand zwischen Sensorpaar S1 und S2 und dem Schutzfeld der optoelektronischen Schutzeinrichtung (mm)

$d13 =$  Abstand zwischen dem Schutzfeld der optoelektronischen Schutzeinrichtung und Sensorpaar S3 und S4 (mm)

$d14 =$  Abstand zwischen Sensorpaar S1 und S2 sowie Sensorpaar S3 und S4 (mm)

$d6 =$  Länge des zu transportierenden Materials (mm)

$v =$  Transportgeschwindigkeit (mm/s)

$a$  und  $b =$  Abstand zwischen transportiertem Material und trennender Schutzeinrichtung (mm).

Der Abstand muss so gewählt sein, dass ein Betreten des Gefahrenbereichs neben dem transportierten Material nicht möglich ist

**Empfohlene Abstände:**

$d14 > 500$  mm (damit der Körper einer Person die Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktion nicht aufrechterhalten kann)

$d14 < d6$

$d12, d13 \geq v \cdot$  Ansprechzeit der Schutzeinrichtung (inkl. sicherheitsgerichteter Steuerung)

$d12, d13 < 250$  mm (abhängig von der Montagehöhe)

Die Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktion mit zwei parallel angeordneten Sensorpaaren ermöglicht einen beidseitigen Materialtransport und verhindert den unerkannten Zugang zum Gefahrenbereich. Dabei ist jeweils ein Sensorpaar vor oder nach der Schutzeinrichtung angeordnet. Mit dieser Anordnung der Sensoren können die Manipulationsmöglichkeiten und die Abstände innerhalb des Umschaltungs- oder Überbrückungssystems verringert werden.

Die Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktion bei zwei parallel angeordneten Sensorpaaren mit Zeitüberwachung basiert auf einer zeitlichen Begrenzung zwischen der Betätigung des ersten Sensorpaars S1 und S2 sowie zwischen der Betätigung des zweiten Sensorpaars S3 und S4. Für eine bestimmte Zeit sind damit beide Sensorpaare betätigt. Die Deaktivierung des Sensorpaars S3 und S4 beendet die Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktion. Damit wird das Schutzfeld gewechselt oder die Schutzeinrichtung wieder aktiviert. Bei der Ausfuhr des Materials aus dem Gefahrenbereich (geänderte Transportrichtung) erfolgt die Betätigung der Sensorpaare in umgekehrter Reihenfolge.

Bei dieser Anordnung sind optische Taster und alle Arten von nicht optischen Sensoren einsetzbar. Sensoren und Taster mit Hintergrundausblendung sind zu verwenden. Dadurch wird es möglich, die Breite des zulässigen Objekts zu kontrollieren. Die Objekte müssen immer in einer identischen Breite die Sensoren passieren. Die Sensoren dürfen sich nicht gegenseitig beeinflussen.

### **Gleichzeitigkeitsüberwachungszeit**

Die Gleichzeitigkeitsüberwachungszeit wird genutzt, um zu prüfen, ob die Umschaltungs- oder Überbrückungssensoren gleichzeitig aktiviert werden. Dieser Wert gibt die maximale Dauer an, für die jeder der beiden zweikanalig ausgewerteten Umschaltungs- oder Überbrückungssensoren-Eingänge unterschiedliche Werte aufweisen darf, ohne dass dies als Fehler gewertet wird. Das bedeutet, dass das Sensorpaar S1 und S2 oder das Sensorpaar S3 und S4 äquivalente Werte annehmen müssen, bevor die Gleichzeitigkeitsüberwachungszeit abgelaufen ist.

### 4.3.2. Eignung

Umschaltungs- oder Überbrückungssensoren detektieren Material und liefern die Signale, die eine Auswerteeinheit für die logische Verknüpfung und die darauf folgenden Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktion benötigt. Die Sensorsignale können von externen Sensoren erzeugt werden:

- Optical sensors
- Ultrasonic sensors
- Inductive, magnetic, and capacitive sensors
- Electro-mechanical switches
- Signals from the safety-oriented controller

#### Taktile Sensoren (Positionsschalter)

Taktile Sensoren sind als Umschaltungs- oder Überbrückungssensoren nur für gewisse Applikationen gut geeignet. Die einfache Manipulierbarkeit dieser Sensoren stellt eine große Schwäche dar, deshalb sind zusätzliche Maßnahmen notwendig.

Vorteile:

- Preisgünstig
- Einfache Montage
- Für viele Objekte geeignet

Nachteile:

- Nur für direkten Kontakt
- Nicht zyklisch testbar
- Leicht zu manipulieren
- Anfällig gegen Verschleiß und mechanische Fehler (nicht berührungslos)



#### Ultraschallsensoren

Nur in ausgewählten Applikationen sind Ultraschallsensoren für Umschaltungs- oder Überbrückungsfunktionen geeignet. Zwar eignen sie sich für alle Materialien, jedoch benötigen sie ein sorgfältiges Engineering. Ultraschallsensoren sind deshalb in Kombination mit anderen Sensoren eine sinnvolle Ergänzung.

Vorteile:

- Hohe Tastweite/Erfassungsbereich
- Für alle Objekte geeignet
- Unempfindlich gegen Staub und Schmutz
- Detektion transparenter Objekte möglich

Nachteile:

- Hohe Anschaffungskosten
- Unzuverlässigkeit durch Unschärfe
- Sorgfältiges Engineering
- Leicht zu manipulieren
- Empfindlich gegen Lärm und Feuchte



#### Induktive Näherungssensoren

Weil induktive Näherungssensoren nur bestimmte Metallobjekte erfassen können, eignen sich diese Sensoren nicht für alle Anwendungen. Werden die richtigen Metallobjekte transportiert, eignen sich induktive Näherungssensoren jedoch sehr gut.

Vorteile:

- Preisgünstig
- Einfache Montage
- Schwer manipulierbar
- Sehr präzise

Nachteile:

- Geringe Reichweiten
- Geringe Schaltabstände
- Nur bestimmte Metallobjekte erfassbar
- Nicht zyklisch testbar



### Magnetische Näherungssensoren

Magnetische Näherungssensoren sind für Anwendungen sehr gut geeignet, bei denen das transportierte Material magnetisch oder mit Magneten markiert ist.

Vorteile:

- Preisgünstig
- Einfache Montage
- Kaum manipulierbar
- Sehr präzise

Nachteile:

- Geringe Reichweiten
- Geringe Schaltabstände
- Nur magnetische oder mit Magneten markierte Objekte erfassbar
- Nicht zyklisch testbar



### Kapazitive Näherungssensoren

Zwar sind kapazitive Näherungssensoren für alle Materialien geeignet, jedoch ist die Reichweite für die meisten Anwendungen zu gering und eine Manipulation meist zu einfach möglich.

Vorteile:

- Einfache Montage und Justage
- Detektion (fast) aller Objekte

Nachteile:

- Geringe Reichweiten
- Geringe Schaltabstände
- Höhere Anschaffungskosten
- Nicht zyklisch testbar
- Leicht zu manipulieren
- Schmutzempfindlich



### Einweg-Lichtschraken

Bedingt durch die Strahllänge kann die Unterscheidung von Person und Material schwierig und die Manipulation unter Umständen sehr leicht sein. Die hohe Genauigkeit und die Schwingfestigkeit der Einweg-Lichtschraken können bei sorgfältiger Montage für bestimmte Applikationen die am besten geeignete Lösung darstellen.

Vorteile:

- Sehr hohe Reichweiten
- Zyklisch testbare Typen sind verfügbar
- Sehr genaues Ansprechen
- Große Vielfalt an Typen
- Schwingfestigkeit

Nachteile:

- Anspruchsvollere Montage, da exakte Ausrichtung notwendig
- Höhere Anschaffungskosten
- Unterscheidung von Personen und transportiertem Material schwierig
- Leicht zu manipulieren



### Reflexions-Lichtschraken

Als Umschaltungs- oder Überwachungssensoren sind Reflexions-Lichtschraken für viele Anwendungen sehr gut geeignet. Bedingt durch die Strahllänge kann die Unterscheidung von Person und Material schwierig und die Manipulation unter Umständen sehr leicht sein.

Vorteile:

- Ideale Reichweiten
- Zyklisch testbare Typen sind verfügbar (Objekt muss Reflektor haben)

Nachteile:

- Höhere Anschaffungskosten
- Unterscheidung von Personen und transportiertem Material schwierig
- Leicht zu manipulieren
- Anspruchsvollere Montage, da exakte Ausrichtung notwendig



### Reflexions-Lichttaster

Die Reflexions-Lichttaster sind für die meisten Applikationen ideal geeignet, jedoch in Abhängigkeit von Objektoberflächen und Umgebung. Manipulation kann durch Tests und/oder Hintergrund- oder Vordergrundausbldung verhindert werden. Die einfache Montage und die ideale Reichweite bieten im Vergleich zu anderen Sensoren weitere Vorzüge.

Vorteile:

- Einfache Montage
- Ideale Reichweiten
- Zyklisch testbare Typen sind verfügbar
- Schwer zu manipulieren

Nachteile:

- Höhere Anschaffungskosten
- Kaum einsetzbar bei Verwendung von nur zwei Sensoren, da die Detektion des Objekts vom Winkel der Lichtstrahlen und der Oberfläche des Objekts stark abhängig ist
- Abhängig von Objektoberflächen (Abtastwinkel)



### Weitere Sensoren

Als Umschaltungs- oder Überbrückungssensoren können z. B. auch Laserscanner oder Induktionsschleifen dienen. Solche Lösungen eignen sich normalerweise ideal für spezielle Anwendung, benötigen jedoch ein sehr gutes Engineering und verursachen höhere Kosten. Weitere Vor- und Nachteile sind je nach Sensoren sehr unterschiedlich.



## 5. Unterscheidung von Mensch und Material (Entry-Exit)

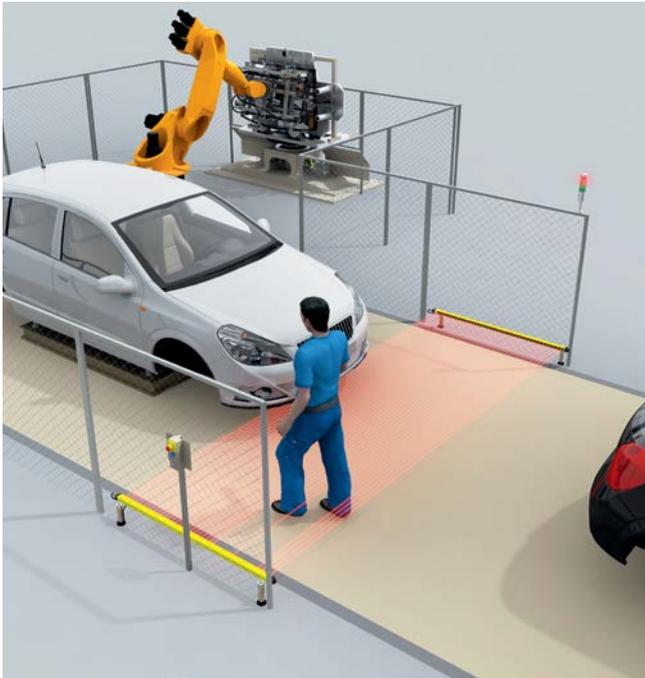


Abb. 5.1 Unterscheidung von Mensch und Material bei einem Karosserieträger.

Die aktive Unterscheidung von Mensch und Material ermöglicht das Absichern von automatischen Be- und Entladestationen. Dafür geeignet ist die Technologie der Mustererkennung mit einem permanent aktiven Sicherheitssensor, wie z. B. einem Sicherheits-Lichtvorhang. Hier wird u. a. die Möglichkeit genutzt, jeden Sensorstrahl des Sicherheits-Lichtvorhangs einzeln auszuwerten, um das Unterbrechungsmuster des Materials oder Materialträgers (z. B. Palette) von dem einer Person zu unterscheiden. Objektgröße und -abstände werden kontinuierlich überwacht und erneut für die nachfolgenden Materialträger eingelernt. Weil maximale Breite und Anzahl von erlaubten Objekten programmierbar sind, können verschiedene Materialien oder Materialträger ohne den Wechsel der Betriebsart sicher in den Gefahrenbereich transportiert werden. Außer für die Durchfahrt der erlaubten Objekte ist jeder andere Bereich der Schutzeinrichtung aktiv. Eine Überbrückung der gesamten Schutzeinrichtung findet nicht statt. Lücken zwischen den Materialien können bis zu einer definierten Größe ignoriert werden, um eine höhere Produktivität zu erlangen. Damit lösen kleinere Materialien wie Kabel, die in das Schutzfeld ragen, keinen ungewollten Stopp der Maschine aus. Selbstlernende, dynamische Ausblendung und weitere Unterscheidungskriterien wie Bewegungsrichtung, Geschwindigkeit, Ein- und Austritt im Schutzfeld, Objektgröße oder -anzahl tragen zur sicherheitsrelevanten Unterscheidung bei. Das verhindert zuverlässig ein unerkanntes Eindringen von Personen in den Gefahrenbereich.

Die Sicherheits-Lichtvorhänge nutzen einen Sensorstrahl für die Synchronisierung von Sender und Empfänger. Um die Auslösung der Schutzeinrichtung zu vermeiden, während das Material den Synchronisierungs-Sensorstrahl unterbricht, wird der erste und der letzte Sensorstrahl für die Synchronisation verwendet. Der Anwender muss lediglich sicherstellen, dass nicht zur selben Zeit beide Synchronisationssensorstrahlen unterbrochen sind.

Bei der Unterscheidung zwischen Mensch und Material mit der Technologie der Mustererkennung führen die folgenden Kriterien zu einem Stopp-Signal:

- Länge des Objekts ist größer als erlaubt
- Anzahl der Objekte ist höher als erlaubt
- Abstand zwischen den zulässigen Objekten passt nicht zum programmierten Weg
- Abstand zwischen den zulässigen Objekten ist nicht gleichmäßig beim Transport
- Schutzeinrichtung detektiert mehr Objekte als erlaubt
- Objekt bewegt sich zu schnell oder zu langsam
- Objekt bewegt sich in falscher Weise in das Schutzfeld oder aus dem Schutzfeld heraus
- Objekt unterbricht beim Eindringen in das Schutzfeld nicht den ersten Sensorstrahl
- Objekt unterbricht beim Verlassen des Schutzfelds nicht den letzten Sensorstrahl
- Abstand zwischen den Objekten ist zu groß oder zu klein

### Mindestabstand

Der Eindringabstand  $C$  ist abhängig von der Höhe  $HD$  und berechnet sich nach der Formel  $C = 1200 \text{ mm} - (0,4 \times HD)$ . Der Eindringabstand  $C$  variiert zwischen 850 und maximal 1200 mm, da die Höhe  $HD$  maximal 1000 mm betragen darf und  $C$  mindestens 850 mm betragen muss. Ist die Höhe  $HD \geq 300 \text{ mm}$ , muss ein mögliches Unterkriechen berücksichtigt werden (für nicht industrielle Bereiche bereits bei 200 mm).

Abhängig von der Applikation und den benötigten Funktionen kann ein zusätzlicher applikationsbedingter Zuschlag von maximal 850 mm notwendig sein.

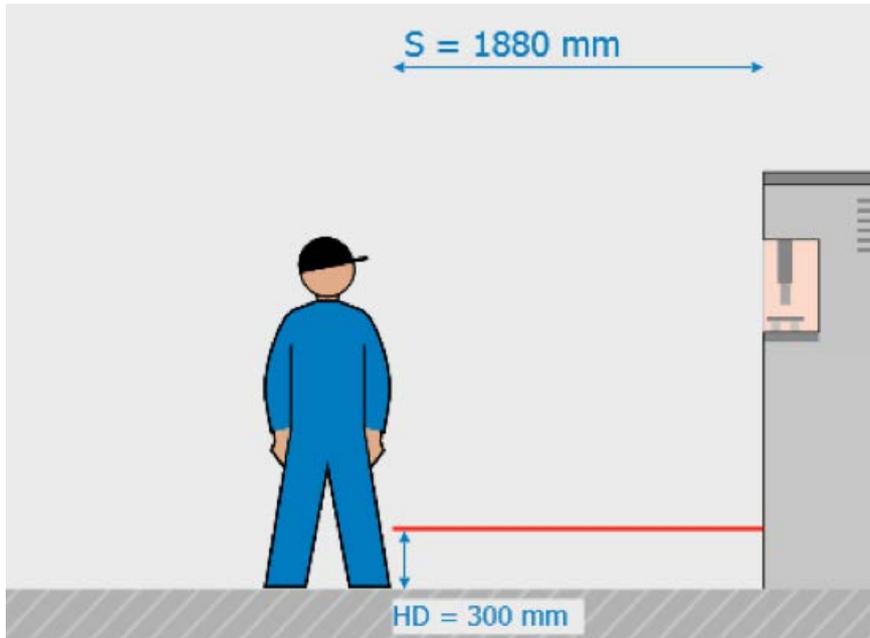


Abb. 5.2 Beispielhafte Mindestabstandsberechnung bei Unterscheidung von Mensch und Material (Entry-Exit).

#### Weitere Annahmen:

- $H_D = 300 \text{ mm}$

Bei einer Höhe  $H_D$  von 300 mm beträgt der Eindringabstand C 1080 mm. Der Mindestabstand beträgt unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen 1880 mm, ein mögliches Unterkriechen der Schutzeinrichtung muss berücksichtigt werden.

#### Anforderungen

- Vermeiden von Quetsch- und Scherstellen, z. B. zwischen festen Anlageteilen und der Transporteinheit. Mindestabstände zur Vermeidung der Quetsch- und Scherstellen sind in der ISO 13857 enthalten.
- Richtige Auswahl der Länge, Auflösung und Funktion des Sicherheits-Lichtvorhangs
- Ausreichender Mindestabstand und Platz für die horizontale Montage des Sicherheits-Lichtvorhangs
- Kenntnis über die Materialkonturen des zu transportierenden Materials oder des Materialträgers
- Kein unerkanntes Mitfahren auf den Materialträgern möglich
- Manuelles Rücksetzen der Schutzeinrichtung (Reset) erforderlich, da der Aufenthalt hinter der Schutzeinrichtung möglich ist.
- Die Elemente der Rücksetzeinrichtung müssen außerhalb des Gefahrenbereichs an einer Stelle angebracht sein, von der aus der gesamte Gefahrenbereich einsehbar ist.

#### Gefahren und Fehlanwendungen

- Abstand zwischen dem transportierten Material und den festen Anlagenteilen zu gering (Quetschgefahr)
- Länge des Sicherheits-Lichtvorhangs zu gering (Übertreten möglich oder Material größer)
- Falsche Auswahl des Sicherheits-Lichtvorhangs (ohne entsprechende Funktionen)
- Zu große oder zu viele Materialteile, die während des Transports in das Schutzfeld ragen
- Zu geringer Mindestabstand
- Montagehöhe des Sicherheits-Lichtvorhangs zu groß (Unterkriechen möglich)
- Trennende Schutzeinrichtungen an den Seiten des Sicherheits-Lichtvorhangs nicht lang genug
- Rücksetzen der Schutzeinrichtung, während sich eine Person im Gefahrenbereich aufhält
- Anordnung der Befehlselemente zum Rücksetzen entspricht nicht den Anforderungen (können aus dem Gefahrenbereich heraus betätigt werden)

**Vorteile**

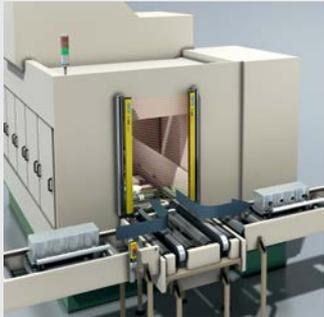
- Lücken im transportierten Material möglich
- Transportmittelerkennung möglich
- Richtungsunabhängig – Materialien können in beide Richtungen transportiert werden
- Sicherheits-Lichtvorhang dauerhaft aktiv (erhöhte Zuverlässigkeit an die Personendetektion)
- Keine zusätzlichen Sensoren notwendig
- Keine zusätzlichen Absicherungen notwendig (zusätzlicher Seitenschutz wie verriegelte Pendelklappen)
- Höchstes Sicherheitsniveau möglich
- Unterscheidung zwischen Person und Material mit dieser Technologie am sichersten
- Einfache Konfiguration und Installation möglich
- Flexibilität bei Materialkonturen und -größen
- Detektion des transportierten Materials wie auch des Materialträgers möglich
- Aufgrund des Sender-Empfänger-Prinzips von Sicherheits-Lichtvorhängen keine Lücken und Blindzonen im Schutzfeld

**Nachteile**

- Großer Mindestabstand erforderlich
- Höhere Anschaffungskosten
- Kenntnis über Materialkonturen des zu transportierenden Materials oder des Materialträgers im Vorfeld
- Möglicherweise keine Detektion von Personen auf dem transportierten Material
- Möglicherweise keine Detektion von Personen, die neben dem Material laufen
- Zu lange Materialien ohne Unterbrechung führen möglicherweise zu einem ungewollten Auslösen der Schutzeinrichtung (keine Synchronisierung von Sender und Empfänger möglich)

## 6. Vergleich der Lösungsmöglichkeiten

Gegenüberstellung einer Auswahl an Vor- und Nachteilen der unterschiedlichen Lösungsmöglichkeiten. Diese Übersicht erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Distanzierende Schutzeinrichtungen		Schleusenapplikation		Ausblendung (Blanking)	
					
Seite 4		Seite 6		Seite 9	
+	-	+	-	+	-
Kein Einfluss von Umgebung – Außenbereich möglich	Hoher Sicherheitsabstand erforderlich	Sehr hohe Produktivität	Hoher Platzbedarf	Einfache Konfiguration und Installation	Zusätzliche Signale ggf. notwendig
Person auf und neben dem transportierten Material nicht möglich	Nur bis zu bestimmter Materialgröße möglich	Zugang zu Gefahrenbereich nur durch aktive Schutzeinrichtung möglich	Bediener trägt Verantwortung	Schutzeinrichtung dauerhaft aktiv	Wirksame Auflösung erhöht Mindestabstand
Lücken im transportierten Material möglich	Zusätzliche Absicherungen ggf. notwendig	Lücken im transportierten Material möglich	Aktivieren mit Rücksetzeinrichtung (Reset) erfolgt manuell	Keine zusätzlichen Sensoren für Umschaltung oder Überbrückung	Unflexibel bei Materialkonturen und -größe
Höchstes Sicherheitsniveau	Erhöhte Scher- und Quetschgefahren	Höchstes Sicherheitsniveau	Mind. Zwei optoelektronische Schutzeinrichtungen notwendig	Höchstes Sicherheitsniveau	Nur kleine Materialien möglich (außer bei Sonderapplikation)
	Begrenzte Flexibilität bei Materialkontur und -größe	Flexibilität bei Materialkontur und -größe	Manuelles Be- oder Entladen der Schleuse	Person auf dem transportierten Material detektierbar	Durch Ausblendung Lücken im Schutzfeld

Schutzfeldüberbrückung (Muting)		Schutzfeldumschaltung		Unterscheidung von Mensch und Material (Entry-Exit)	
					
Seite 14		Seite 17		Seite 28	
+	-	+	-	+	-
Vergleichsweise kostengünstig	Zusätzliche Überbrückungssensoren oder -signale	Einsparung von zusätzlichem Seitenschutz	Zusätzliche Umschaltungssensoren oder -signale	Transportmittelerkennung bei gleichzeitiger Flexibilität bei Materialgröße und -kontur	Hoher Mindestabstand
Flexibilität bei Materialkonturen und -größen	Ggf. zusätzliche Absicherungen (Seitenschutz)	Flexibilität bei der Material- und Feldgröße	Höchstes Sicherheitsniveau nicht möglich	Schutzeinrichtung dauerhaft aktiv	Höhere Anschaffungskosten
Geringer Mindestabstand möglich	Person auf oder neben dem transportierten Material kaum detektierbar	Schutzeinrichtung dauerhaft aktiv	Mögliche Blindzonen im Schutzfeld	Keine zusätzlichen Absicherungen (Seitenschutz) und Sensoren	Kenntnis über Materialkonturen und -größen
Höchstes Sicherheitsniveau	Lücken im transportierten Material führen zu ungewollter Auslösung der Schutzeinrichtung	Person auf und neben dem transportierten Material detektierbar	Lücken im transportierten Material führen zu ungewollter Auslösung der Schutzeinrichtung	Höchstes Sicherheitsniveau	Person auf oder neben dem transportierten Material kaum detektierbar
	Schutzfeld nicht durchgängig aktiv	Erhöhte Sicherheit durch passende Schutzfelder	Einsatz bei schwierigen Umgebungsbedingungen nicht möglich	Lücken im transportierten Material möglich	Zu lange Materialien nicht möglich
	Gefahr von Manipulation		Gefahr von Manipulation	Detektion von Materialträger oder transportiertes Material	





#### REFERENZEN

EN 61496-1:2013: Sicherheit von Maschinen – Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen

EN ISO 13849-1:2015: Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen - Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsatz

IEC/TS 62046:2008: Anwendung von Schutzausrüstungen zur Anwesenheitserkennung von Personen

ISO 13854:1996: Sicherheit von Maschinen - Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens von Körperteilen

EN ISO 13855:2010: Sicherheit von Maschinen – Anordnung von Schutzeinrichtungen im Hinblick auf Annäherungsgeschwindigkeiten von Körperteilen

EN ISO 13857:2008: Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefährdungsbereichen mit den oberen und unteren Gliedmaßen

SICK Leitfaden Sichere Maschinen – In sechs Schritten zur sicheren Maschine