

White Paper

Sicherheitslichtgitter

Autor: Dipl.-Ing. Christian Fiebach
Geschäftsführer ipf electronic gmbh

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
2. Allgemeine Funktionsweise	4
3. Einteilung von Sicherheitslichtgittern und Einsatzgebiete	4
4. Wahl des richtigen Schutzsystems	5
4.1 Auflösung des Schutzsystems	6
4.2 Höhe des Schutzbereichs	7
4.3 Mindestsicherheitsabstand des Systems zum Gefahrenbereich	9
4.3.1 Berechnung des Mindestsicherheitsabstandes	10
4.3.2 Besondere Relevanz der Nachlaufzeit	11
4.3.3 Sicherheitsabstand bei waagrecht installierten Systemen	13
5. Was ist bei der Installation noch zu berücksichtigen?	14
5.1 Mindestabstand von reflektierenden Flächen	15
5.2 Installation mehrerer Systeme nebeneinander	17
5.3 Ausrichtung von Sender und Empfänger	20
5.4 Einsatz von Umlenkspiegeln	20
6. Anwendungsbeispiele	22

1. Einleitung

Sicherheitslichtgitter sind unverzichtbar, da sie Gefahrenbereiche an Maschinen, Robotern oder automatisierten Anlagen vor einem unautorisierten Eingriff bzw. Zutritt absichern und somit zur Unfallverhütung beitragen.

Dieses White Paper bezieht sich auf Sicherheitslichtgitter der Serien OY32 und OY36 von ipf electronic, die die Sicherheitskategorie 4 und den hohen Performance Level „e“ erfüllen.

Die Lichtvorhänge sind gemäß den internationalen Sicherheitsnormen und insbesondere den Normen EN 61496-1:2013* und EN 61496-2:2013* konzipiert.

Nachfolgend wird die Funktionsweise von Sicherheitslichtgittern beschrieben und in diesem Zusammenhang dargestellt, was bei der Installation solcher Schutzsysteme zu beachten ist.

Dieses White Paper dient nicht als Betriebsanleitung für die oben genannten Geräte. Falls Sie eine Betriebsanleitung benötigen, setzen Sie sich bitte mit einem Applikationsspezialisten von ipf electronic in Verbindung oder laden Sie die benötigten Unterlagen zu den Serie OY32 und OY36 von den Internetseiten der ipf electronic herunter.

* - Maschinensicherheit: Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen. Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen.

- Sicherheit von Maschinen - Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen.

Teil 2: Besondere Anforderungen an Einrichtungen, welche nach dem aktiven optoelektronischen Prinzip arbeiten

2. Allgemeine Funktionsweise

Sicherheitslichtgitter bestehen jeweils aus einer Sender- und Empfängerleiste. Die LED der Senderleiste senden in einem zeitlich festgelegten Ablauf Infrarotstrahlen. Dieses Ablaufmuster wird von den LED der Empfängerleiste detektiert. Nach einem kompletten, im Millisekundenbereich liegenden Durchlauf, wertet der in der Empfängerleiste integrierte Controller anhand der zuvor eingestellten Parameter aus, ob sich ein Objekt zwischen Sender- und Empfängerleiste befindet. Ist dies der Fall, schaltet der Empfänger seine Ausgänge ab.

3. Einteilung von Sicherheitslichtgittern und Einsatzgebiete

Je nach Einsatzort bzw. geforderter Absicherung des Gefahrenbereichs lassen sich Sicherheitslichtgitter in folgende drei Kategorien einteilen:

- Fingerschutz
- Handschutz
- Körperschutz

Für den Finger- und Handschutz stehen verschiedenste Modelle mit Schutzfeldhöhen von 150mm bis 1800mm zur Verfügung. Eingesetzt werden solche Systeme bspw. im Gefahrenbereich von Schweißrobotern, Abhaspelstationen, Palettenaufgabevorrichtungen, Drehmaschinen, Schlagscheren, Abkantpressen sowie Verpackungs- und Schneidemaschinen.

Die Systeme für den Körperschutz sind mit Strahlabständen von 500mm bis 1200mm verfügbar und dienen vor allem als Zugangssicherung im Gefahrenbereich von Transportanlagen, Stapelvorrichtungen und Verpackungsmaschinen.

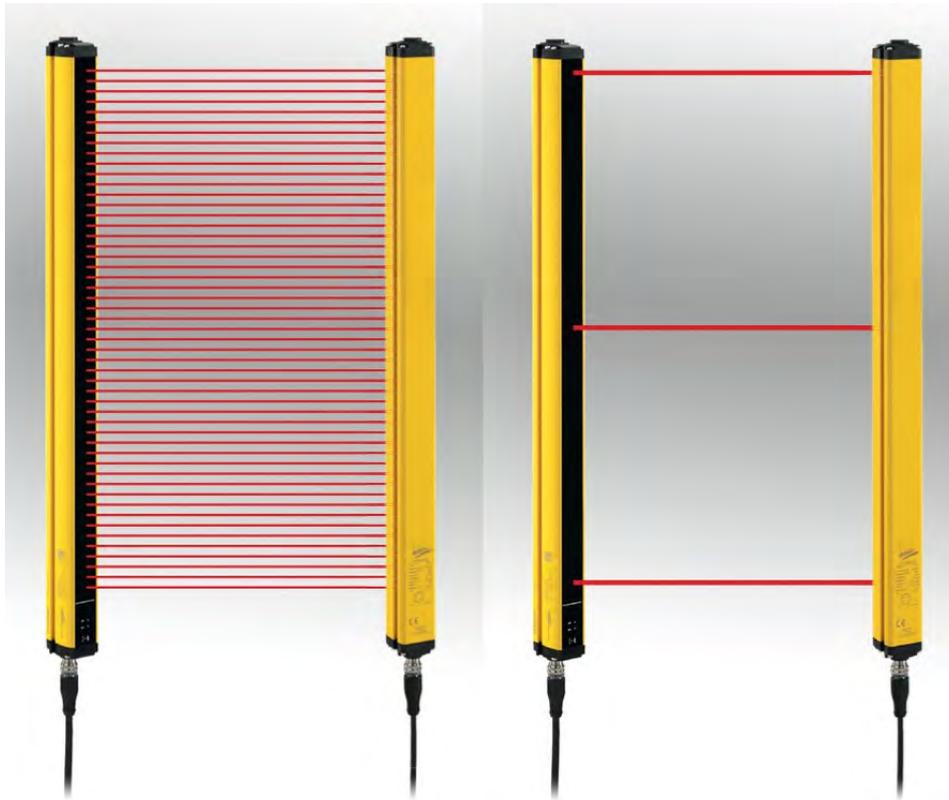


Abb. 1: Sicherheitslichtgitter für den Fingerschutz (links) und Körperschutz (rechts)

4. Wahl des richtigen Schutzsystems

Nach der entsprechenden Gefahrenbewertung sollten bei der Wahl eines Sicherheitslichtgitters mindestens drei wichtige Eigenschaften berücksichtigt werden:

- Auflösung des Schutzsystems
- Höhe des Schutzbereichs
- Mindestsicherheitsabstand des Systems zum Gefahrenbereich

4.1 Auflösung des Schutzsystems

Unter Auflösung wird die Mindestgröße eines matten Objektes verstanden, mit dem mit Sicherheit mindestens ein Strahl im Abtastbereich des Systems unterbrochen werden kann. Die Auflösung hängt allein von den geometrischen Eigenschaften der Linsen in den Geräten, dem Durchmesser der einzelnen Strahlen und deren Abstand zueinander ab und wird nicht von den Umgebungs- und Betriebsbedingungen des Sicherheitslichtgitters beeinflusst (Abb. 2).

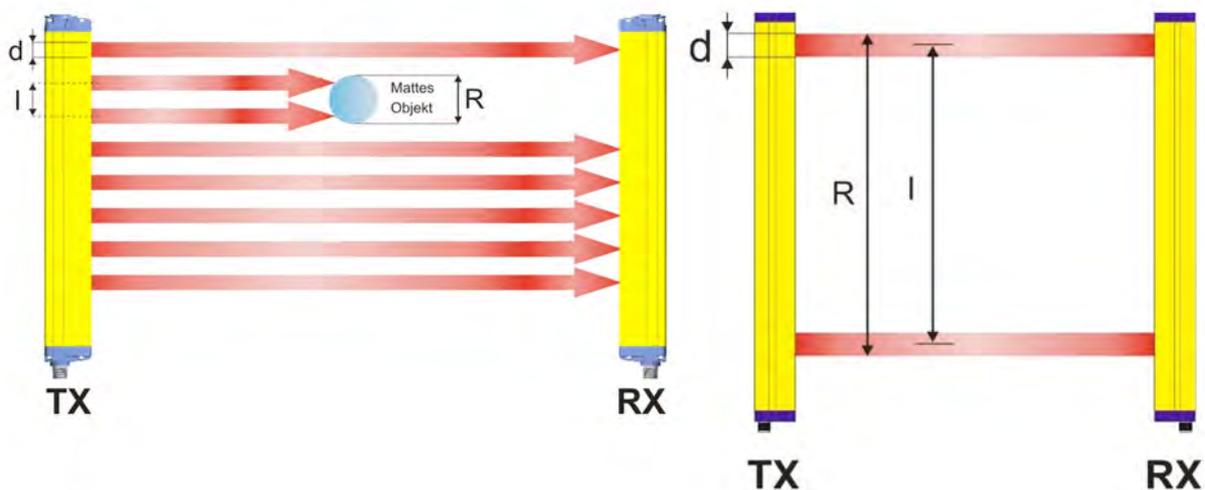


Abb. 2: Unter Auflösung wird die Mindestgröße eines matten Objektes verstanden, mit dem mindestens ein Strahl des Systems (links für den Finger- oder Handschutz, rechts für den Körperschutz) sicher unterbrochen werden kann.

Der Auflösungs Wert „R“ wird mit folgender Formel berechnet:

$$R = l + d$$

Die Variable „l“ steht für den Abstand zwischen zwei nebeneinander liegenden Optiken des Systems, während „d“ den Linsendurchmesser angibt. „TX“ steht für Sender und „RX“ für Empfänger (siehe Abb. 2).

Die Systeme für den Fingerschutz von ipf electronic haben eine Auflösung (R) von 14mm, während die Sicherheitslichtgitter für den Handschutz über eine Auflösung von 30mm verfügen.

Die Abb. 3 zeigt die entsprechenden Werte der Systeme für den Körperschutz.

Artikel-Nr.	Mittellinie der Optiken [mm] (l)	Anzahl der Optiken (n)	Auflösung [mm] (R)	Ø Optiken [mm] (d)	Reichweite [m]
OY360110	500	2	515	15	0,5 ... 50
OY360111	400	3	415	15	0,5 ... 50
OY360112	300	4	315	15	0,5 ... 50
OY360113	400	4	415	15	0,5 ... 50

Abb. 3

4.2 Höhe des Schutzbereichs

Die Schutzfeldhöhe (Hp) ist die Höhe des Gesamtbereichs, der von einem Sicherheitslichtgitter geschützt wird (Abb. 4).

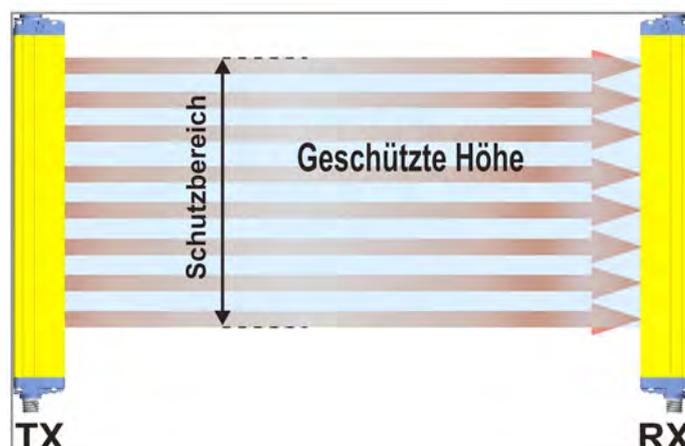
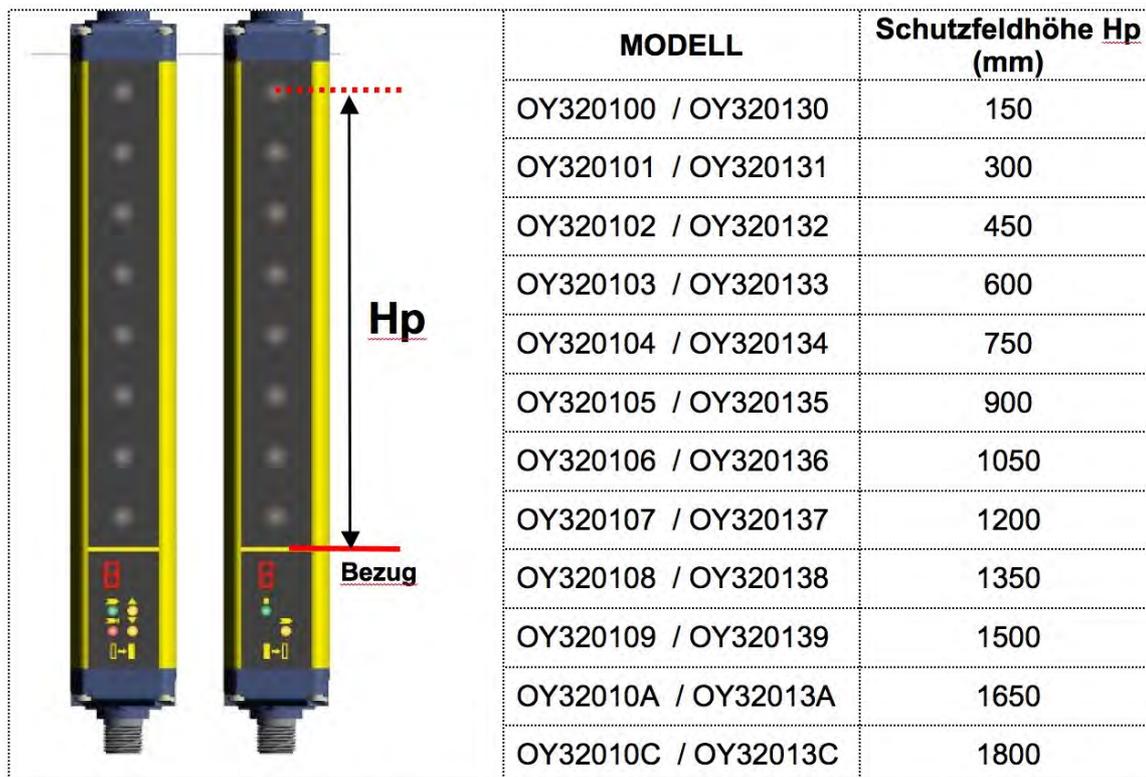


Abb. 4: Schutzbereich für den Finger- und Handschutz

Bei den Geräten der Serie OY32 für den Finger- und Handschutz wird die Höhe des geschützten Bereichs durch eine gelbe Linie auf der Frontscheibe und den in Abb. 5 angegebenen Schutzfeldhöhen (Hp) eingegrenzt.



OY35010x = Auflösung 30mm

OY35013x = Auflösung 14mm

Abb. 5

Beim Körperschutz muss zwischen der „Höhe des Abtastbereichs“ und der „Höhe des Schutzbereichs“ unterschieden werden (Abb. 6). Die Höhe des Abtastbereichs ist der Abstand zwischen dem obersten Punkt der ersten und dem untersten Punkt der letzten Linse des Sicherheitslichtgitters. Die Höhe des Schutzbereichs definiert die mit dem Sicherheitslichtgitter effektiv abgesicherte Höhe, in der ein undurchsichtiges Objekt mit Sicherheit einen Strahl des Lichtgitters unterbricht. Das Objekt muss in diesem Zusammenhang eine größere oder die gleiche Abmessung haben, wie die Auflösung des Lichtvorhangs. Gemäß Tabelle in Abb. 3 bewegen sich für die Schutzsysteme der Serie OY36 die Abmessungen solcher Objekte zwischen 315 und 515mm.

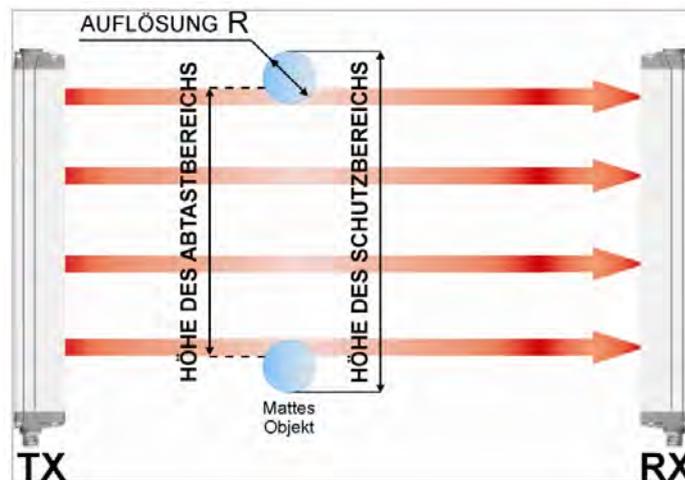


Abb. 6: Beim Körperschutz ist zwischen „Höhe des Abtastbereichs“ und „Höhe des Schutzbereichs“ zu unterscheiden.

4.3 Mindestsicherheitsabstand des Systems zum Gefahrenbereich

Kommen wir nun zu der Eigenschaft „Mindestsicherheitsabstand“ von Sicherheitslichtgittern.

Ein Thema, das im Zusammenhang mit der Installation solcher Systeme in der Praxis immer wieder viele Fragen aufwirft und daher an dieser Stelle ausführlicher behandelt werden soll.

Was bedeutet „Mindestsicherheitsabstand“? Vereinfacht formuliert: der Abstand, in der ein Sicherheitslichtgitter vor einem Gefahrenbereich bzw. einer gefahrbringenden Anlagenbewegung zu installieren ist. Der Abstand des Systems muss hierbei sicherstellen, dass ein in den Gefahrenbereich eindringendes Objekt bzw. Körperteil oder ein eindringender Körper keinen Kontakt mit sich bewegenden gefährlichen Maschinen- oder Anlagenteilen (die Gefahrenquelle) herstellt, bevor durch das Auslösen des Sicherheitslichtgitters bzw. ESPE (Electro-sensible protective equipment – berührungslose wirkende Schutzeinrichtung) die Bewegung vollständig gestoppt wurde (Abb. 7).

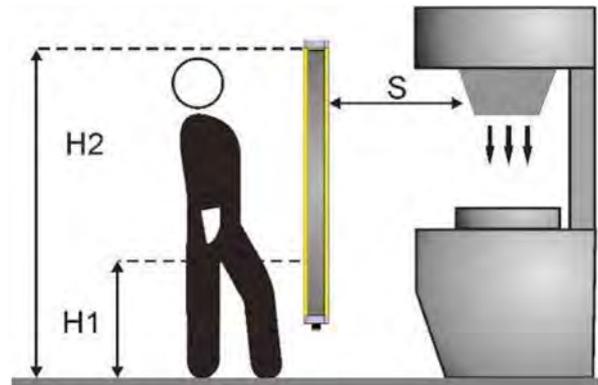


Abb. 7: Schutzeinrichtungen müssen einen Mindestsicherheitsabstand (S) haben.

Die Entfernung eines Sicherheitslichtgitters hängt hierbei in Übereinstimmung mit der Richtlinie EN ISO 13855:2010 (Sicherheit von Maschinen – Anordnung von Schutzeinrichtungen im Hinblick auf Annäherungsgeschwindigkeit von Körperteilen) im Wesentlichen von vier Faktoren ab.

- **Ansprechzeit der ESPE:** die Zeit, die zwischen der effektiven Unterbrechung der Lichtstrahlen und der Öffnung der Kontakte des Ausgangsschaltelementes (OSSD) verstreicht.
(OSSD: Output signal switching device)
- **Nachlaufzeit der Maschine:** die Zeit, die zwischen der Öffnung der Kontakte der ESPE und dem effektiven Stopp der gefährlichen Maschinenbewegung verstreicht.
- **Auflösung der ESPE**
- **Annäherungsgeschwindigkeit:** die Geschwindigkeit, mit der sich ein zu erfassendes Objekt (z. B. Finger, Hand oder Körper) den Gefahrenbereich nähert.

4.3.1 Berechnung des Mindestsicherheitsabstandes

Der Mindestsicherheitsabstand wird mit folgender Formel berechnet:

$$S = K (t_1 + t_2) + C$$

Die Bedeutung der einzelnen Variablen:

- S = Sicherheitsabstand in mm
 K = Annäherungsgeschwindigkeit in mm/s
 t₁ = Ansprechzeit der ESPE in Sekunden

t_2 = Nachlaufzeit der Maschine in Sekunden

C = Zusätzlicher Abstand, der die Möglichkeit berücksichtigt, dass ein Körper oder Körperteil vor dem Ansprechen des Sicherheitslichtgitters in den Gefahrenbereich gelangt

Für Sicherheitslichtgitter mit einer Auflösung $\leq 40\text{mm}$ lautet die Formel für C:

$$C = 8 (R-14)$$

R = Auflösung der Vorrichtung bzw. des Sicherheitslichtgitters laut Herstellerangaben

Für Sicherheitslichtgitter mit einer Auflösung $> 40\text{mm}$ (Körperschutz) gilt für C:

$$C = 850\text{mm}$$

4.3.2 Besondere Relevanz der Nachlaufzeit

Wie bereits weiter oben betont, wirft das Thema „Mindestsicherheitsabstand“ in der Praxis häufig viele Fragen auf, wobei es im Zusammenhang mit der Berechnung dieses Abstands und vor allem mit der Bewertung von t_2 (der Nachlaufzeit einer Maschine oder Anlage) zum Teil zu irrtümlichen Einschätzungen kommt. So sind Anwender von Sicherheitslichtgittern mitunter der Auffassung, dass eine Maschine bei einem Notstopp, ausgelöst durch die Schutzvorrichtung, sofort still steht. Dies ist aber in der Regel nicht der Fall. In der täglichen Praxis geht es hierbei nicht um Sekunden, sondern um Millisekunden, die eine Anlage bis zum absoluten Stopp benötigt.

Das bedeutet: Jede Millisekunde, die an einer Anlage bis zu einem absoluten Stopp vergeht, erhöht den erforderlichen Abstand zum gefahrbringenden Maschinenbereich bzw. zur gefahrbringenden Bewegung.

Hierzu einige konkrete Beispiele:

Die Auflösung der Sicherheitslichtgitter OY32 von ipf electronic für den Fingerschutz beträgt 14mm. Für den Faktor C (zusätzlicher Abstand) würde gemäß der Formel für Geräte mit einer Auflösung $\leq 40\text{mm}$ daher folgendes Ergebnis berechnet:

$$8 (14-14) = 0$$

Da der Faktor C beim Fingerschutz den Wert 0 ergibt, bleiben zur Berechnung des Sicherheitsabstandes noch die variablen K (Annäherungsgeschwindigkeit) und Zeiten t_1 und t_2 , wobei die Annäherungsgeschwindigkeit mit 2m/s (2000mm/s) spezifiziert ist. Die Summe der Ansprechzeit des Lichtgitters t_1 und der Maschinennachlaufzeit t_2 jeweils in Millisekunden multipliziert mit 2 ergibt somit den Abstand des Sicherheitslichtgitters zum Gefahrenbereich.

Würde eine Anlage z. B. 50ms für einen vollständigen Stopp benötigen und die Ansprechzeit des eingesetzten Lichtgitters 11ms betragen, so müsste der Abstand des Sicherheitslichtgitters für den Fingerschutz 122mm betragen. Bei einer Nachlaufzeit einer Maschine von 0,5 Sekunden (500ms) ergibt sich bereits ein Abstand des Schutzsystems von der Gefahrenquelle von 1.022 Millimetern.

Somit wird deutlich, dass die Nachlaufzeit einer Maschine oder Anlage einen erheblichen Einfluss auf den Mindestsicherheitsabstand hat – und das, obwohl für den Wert K sowohl für Systeme für den Finger- und Handschutz als auch Körperschutz folgende Ausnahmeregel existiert.

Ist der berechnete Abstandswert $\leq 500\text{mm}$, so wird K mit 2000mm/s spezifiziert (wie oben beschrieben). Ist der berechnete Wert jedoch $> 500\text{mm}$, so darf für K eine Annäherungsgeschwindigkeit von 1600mm/s angesetzt werden.

Doch selbst bei Anwendung dieser Regel beträgt der Abstand eines Sicherheitslichtgitters bei einer Nachlaufzeit von 0,5 Sekunden noch 817,6 Millimeter.

Da die Variable t_2 (Nachlaufzeit der Maschine) für die Berechnung des Sicherheitsabstandes immens wichtig ist, sollte sie auf jeden Fall sehr sorgfältig unter Zuhilfenahme von speziellen Messgeräten und ggfs. durch Fachleute ermittelt werden. Die Nachlaufzeit kann sich außerdem aufgrund von Verschleiß an

einer Maschine oder Anlage verändern. Daher ist es empfehlenswert, die Messungen in regelmäßigen Abständen zu wiederholen, wobei dies für einige Maschinen und Anlagen ohnehin gesetzlich vorgeschrieben ist.

Sicherheitslichtgitter mit einer Auflösung $> 40\text{mm}$ werden in den meisten Fällen dafür eingesetzt, um das Betreten von Gefahrenbereichen durch Personen zu verhindern. Um hier ein Übersteigen oder Unterkriechen der Schutzeinrichtung zu verhindern, ist bei senkrecht installierten Systemen die Höhe des oberen und unteren Lichtstrahls zu berücksichtigen (siehe Abb. 7 auf Seite 10). Ausgehend von der Bezugsebene (z. B. Maschinenuntergrund) muss der obere Strahl in einer Höhe von $\geq 900\text{mm}$ (H_2) und der untere Strahl in einer Höhe von $\leq 300\text{mm}$ (H_1) positioniert werden.

4.3.3 Sicherheitsabstand bei waagrecht installierten Systemen

Sind Sicherheitslichtgitter aufgrund der Gegebenheiten vor Ort an einer Maschine waagrecht zu installieren, muss der Abstand zwischen dem Gefahrenbereich und dem am weitesten von diesem Bereich entfernten optischen Strahl gemäß folgender Formel berechnet werden:

$$S = 1600 \text{ mm/s } (t_1 + t_2) + 1200 - 0.4 H$$

Die Variablen dieser Formel wurden bereits auf den Seiten 10 und 11 näher beschrieben, mit Ausnahme von H . Die Variable H beschreibt die Höhe der Strahlen über dem Boden (Abb. 8). Diese Höhe darf jedoch einen Abstand vom Boden von 1000mm nicht überschreiten.

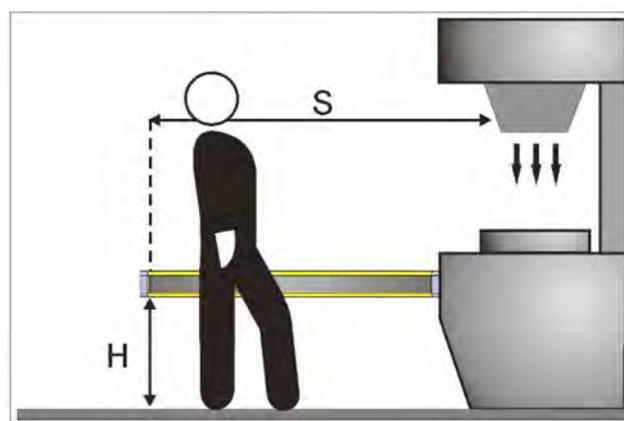


Abb. 8: Die Höhe (H) der Strahlen über dem Boden muss bei waagrecht installierten Systemen immer unter 1000mm zum Boden (z. B. Maschinenuntergrund) sein.

Wie die bislang gemachten Ausführungen im Kapitel 4.3 belegen, kommt dem Mindestsicherheitsabstand eines Sicherheitslichtgitters zu einem Gefahrenbereich eine zentrale Bedeutung zu. Daher sollte diesem Thema bei der Installation eines Systems immer besondere Beachtung geschenkt werden.

5. Was ist bei der Installation noch zu berücksichtigen?

Bevor noch genauer auf weitere relevante Aspekte im Hinblick auf die korrekte Installation von Sicherheitslichtgittern eingegangen wird, hier zunächst einige allgemeine Informationen zur Positionierung solcher Systeme anhand anschaulicher Grafiken (Abb. 9 und 10).



Abb. 9: Installation eines Sicherheitslichtgitter mit Auflösung Handschutz: links werden falsche Installationen gezeigt, da die Person sowohl über das Sicherheitslichtgitter greifen, als auch mit der Hand darunter in den Gefahrenbereich gelangen kann, ohne dass die ESPE auslösen würde. Rechts die korrekte Installation.

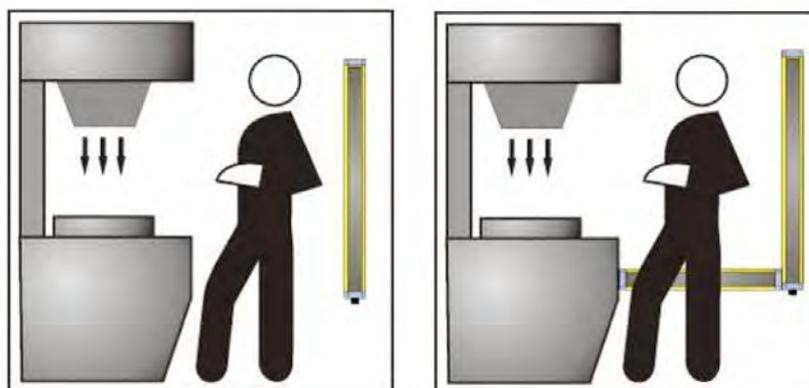


Abb. 10: Installation eines Sicherheitslichtgitter mit Auflösung Körperschutz: links eine falsche Installation, da eine Person noch zwischen der ESPE und der Maschine den Gefahrenbereich betreten kann, während rechts ein zusätzliches, waagrecht installiertes Sicherheitslichtgitter den Gefahrenbereich zuverlässig absichert.

5.1 Mindestabstand von reflektierenden Flächen

Reflektierende Flächen, die sich in der Nähe der Lichtstrahlen von Sicherheitslichtgittern befinden, können passive Reflexionen bewirken. Hierdurch wird die Erfassung eines Objekts innerhalb des Schutzbereiches beeinträchtigt (Abb. 11).

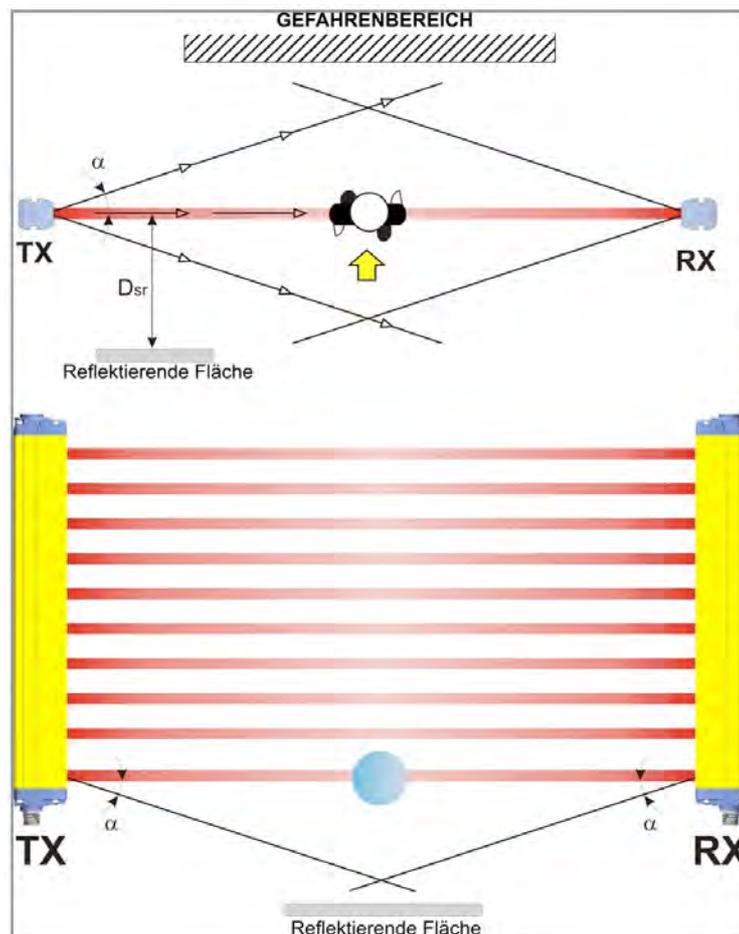


Abb. 11: Reflektierende Flächen, die sich z. B. oberhalb, unterhalb oder seitlich der von einer ESPE ausgehenden Strahlen befinden, können die Erfassung eines Objektes im Schutzbereich beeinträchtigen.

Daher muss ein korrekt ausgerichtetes Sicherheitslichtgitter in einem Mindestabstand von reflektierenden Flächen installiert werden. Der Mindestabstand ist dabei von folgenden Faktoren abhängig:

- der Distanz zwischen Sender (TX) und Empfänger (RX) = Reichweite
- vom effektiven Öffnungswinkel der ESPE (EAA)

Die Sicherheitslichtgitter von ipf electronic erfüllen alle ausnahmslos die Sicherheitskategorie 4.

Für diese Schutzeinrichtungen gilt daher:

- $EAA = 5^\circ$ ($\alpha = \pm 2,5^\circ$)

Die Abb. 12 verdeutlicht, wie der Mindestabstand von einer reflektierenden Fläche (D_{sr}) in Abhängigkeit von der Reichweite ermittelt wird.

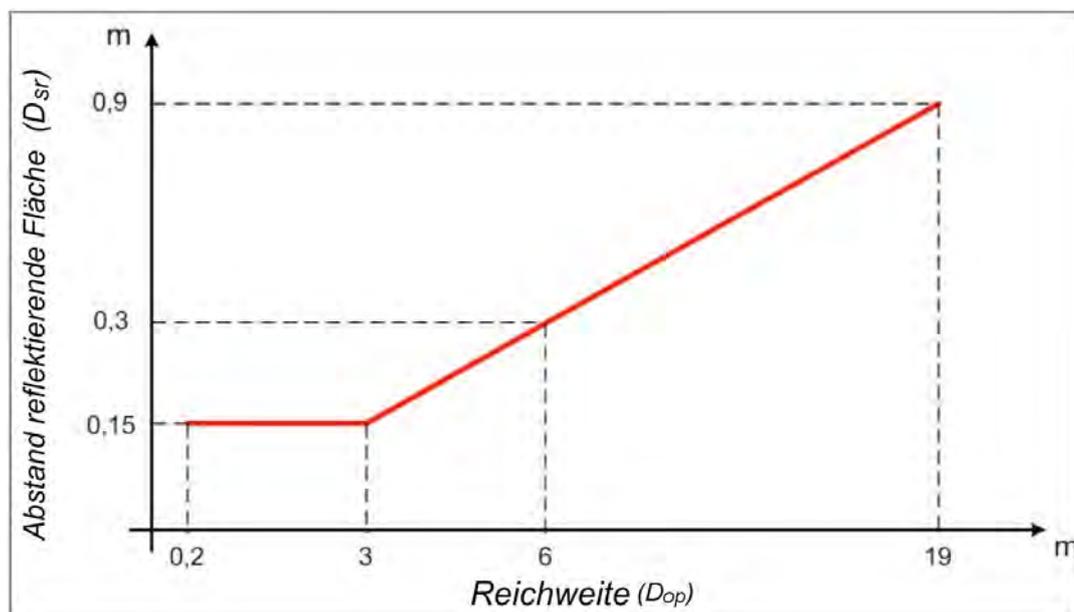


Abb. 12: Die Formel zur Berechnung der D_{sr} bei ESPE Typ 4 lautet:

$$D_{sr} \text{ (m)} = 0,15 \text{ bei Reichweiten } < 3\text{m}$$

$$D_{sr} \text{ (m)} = 0,5 \times \text{Reichweite (m)} \times \tan 2\alpha \text{ bei Reichweiten } \geq 3\text{m}$$

5.2 Installation mehrerer Systeme nebeneinander

Ist die Installation mehrerer Schutzsysteme in direkt aneinander grenzenden Bereichen erforderlich, so sollte darauf geachtet werden, dass der Sender eines Systems nicht den Empfänger des anderen Systems stört. Hierzu muss der potenziell störende Sender (TX_B) des einen Systems so positioniert werden, dass er sich nicht vor einem Sicherheitsabstand (D_{do}) von der Achse des anderen Sender- /Empfängerpaars ($TX_A - RX_A$) befindet, wie Abb. 13 verdeutlicht.

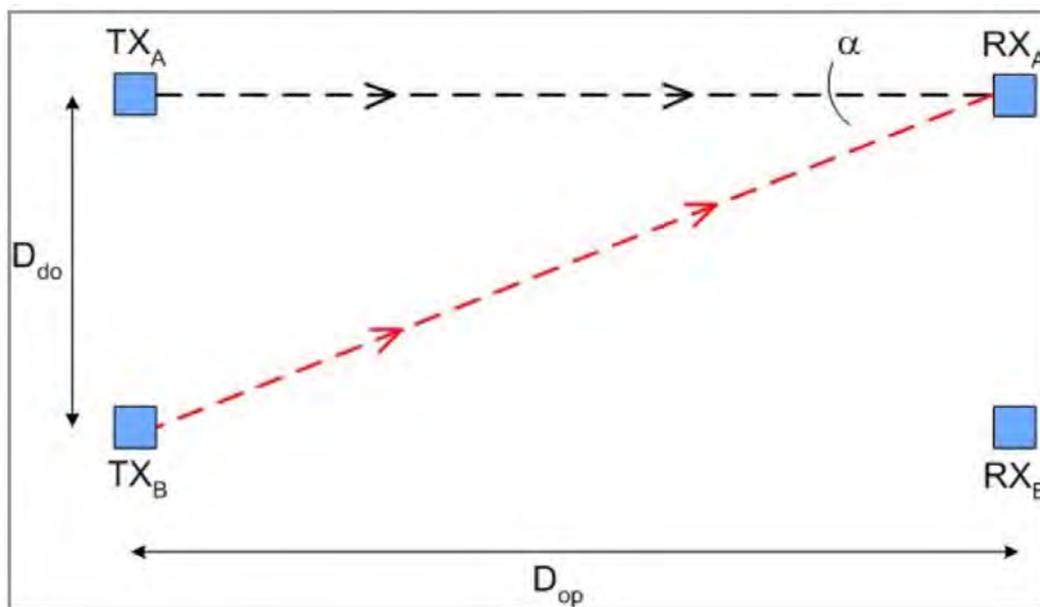


Abb. 13: Der Mindestabstand (D_{do}) hängt ab:

- von der Reichweite zwischen Sender (TX_A) und Empfänger (RX_A)
- vom effektiven Öffnungswinkel des ESPE (EAA)

Abb. 14 zeigt den Abstand des störenden Senders (TX_B) in Abhängigkeit zur Reichweite (D_{op}) des Sender-/Empfängerpaares ($TX_A - RX_A$).

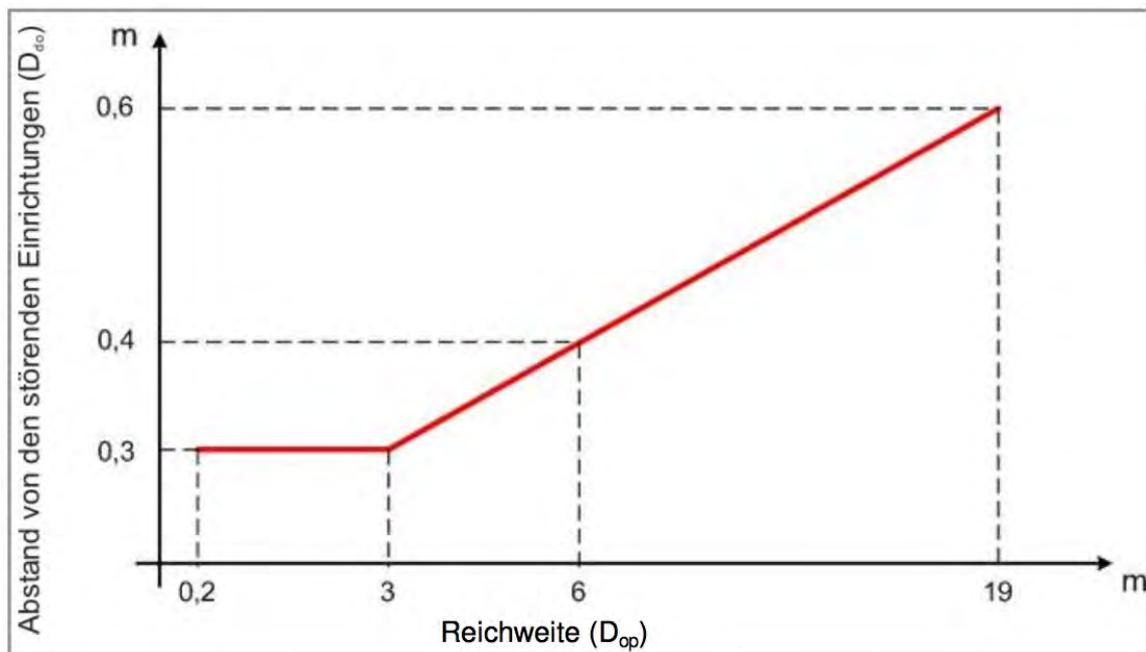


Abb. 14

Die nachfolgende Tabelle gibt exemplarisch Werte zu den mindestens erforderlichen Sicherheitsabständen bei der Installation in Bezug auf einige beispielhafte Reichweiten an.

Reichweite (m)	Mindestabstand der Installation (m)
3	0,30
6	0,50
10	0,65
19	0,80

Durch entsprechende Maßnahmen bei der Installation von Sicherheitslichtgittern kann dem möglichen Problem einer Interferenz zwischen gleichen Systemen vorgebeugt werden. Ein typischer Fall sind in diesem Zusammenhang nebeneinander befindliche und in Linie geschaltete Sicherheitssysteme. Solche Konfigurationen finden sich häufig dort, wo mehrere Bearbeitungsmaschinen nebeneinander angeordnet sind und von Sicherheitslichtgittern geschützt werden. In Abb. 15 werden für solche Fälle zwei mögliche Lösungen dargestellt.

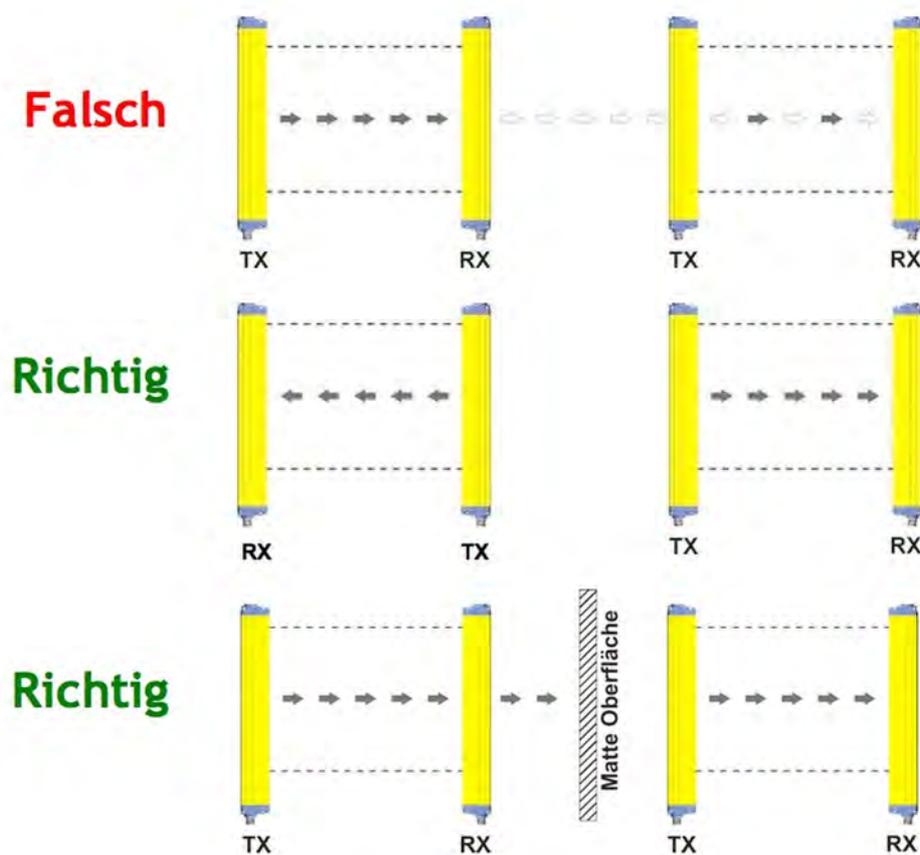


Abb. 15

5.3 Ausrichtung von Sender und Empfänger

Sender und Empfänger sind stets parallel zueinander anzuordnen, wobei sich die Strahlen in einem rechten Winkel zur Sender- und Empfängerfläche befinden müssen. Die Stecker von Sender und Empfänger sollten bei der Montage hierbei in der gleichen Richtung orientiert sein.

Abb. 16 verdeutlicht zwei Fälle, in denen Sender und Empfänger nicht richtig installiert sind.

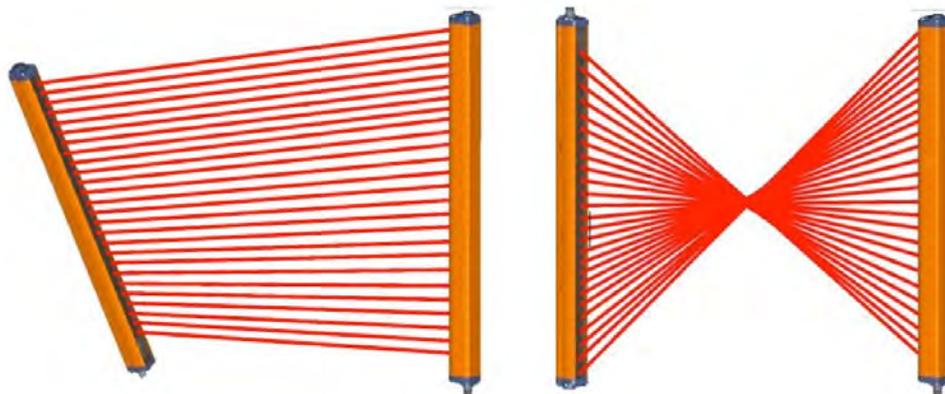


Abb. 16

5.4 Einsatz von Umlenkspiegeln

Ein von mehreren und unmittelbar benachbarten Seiten zugänglicher Gefahrenbereich kann mit einem einzigen Sicherheitslichtgitter durch die Verwendung von zusätzlichen Umlenkspiegeln abgesichert werden. In Abb. 17 wird ein Beispiel für eine Lösung gezeigt, in der ein solcher Gefahrenbereich unter Einsatz von zwei Umlenkspiegeln überwacht wird, die in einem Neigungswinkel von 45° zu den Strahlen der ESPE installiert sind.

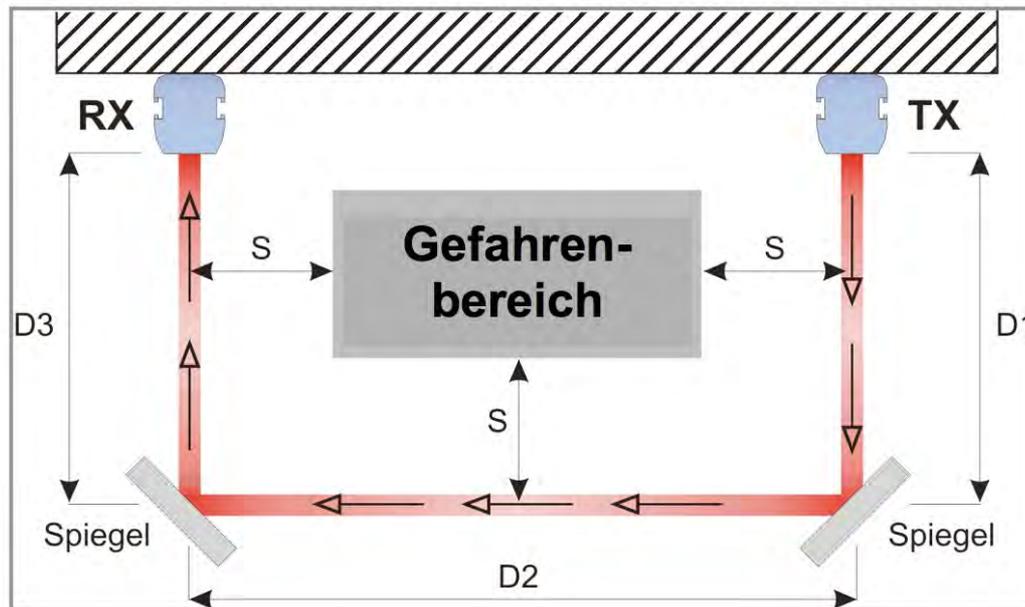


Abb. 17

Beim Einsatz von Umlenkspiegeln sind jedoch einige Vorsichtsmaßnahmen zu beachten. So ist bei der Ausrichtung von Sender und Empfänger besondere Umsicht geboten, da diese schon bei einer geringfügigen Winkelverschiebung eines Umlenkspiegels nicht mehr korrekt sein kann. Daher ist bei solchen Installationen der Einsatz einer Laserausrichthilfe sinnvoll.

Darüber hinaus muss für alle Abschnitte der Schutzeinrichtung der Mindestsicherheitsabstand eingehalten werden.

Durch den Einsatz eines Umlenkspiegels reduziert sich zudem die effektive Reichweite der ESPE um zirka 15% pro Spiegel. Die Verwendung von zwei oder mehr Umlenkspiegeln führt daher zu einer weiteren Reduzierung der Reichweite, wie folgender Tabelle zu entnehmen ist.

Anzahl Spiegel	Reichweite (14mm)	Reichweite (30mm)
1	5,1m	16,5m
2	4,3m	13,7m
3	3,7m	11,6m

Beim Einsatz von Umlenkspiegeln sollten daher nie mehr als drei Spiegel pro Sicherheitseinrichtung verwendet und diese regelmäßig auf Verschmutzung überprüft werden, da Staub und anderer Schmutz auf der reflektierenden Spiegelfläche zur drastischen Leistungsminderung des Schutzsystems führen kann.

6. Anwendungsbeispiele

Abschließend einige Beispiele zum Einsatz von Sicherheitslichtgittern in verschiedensten Anwendungen.

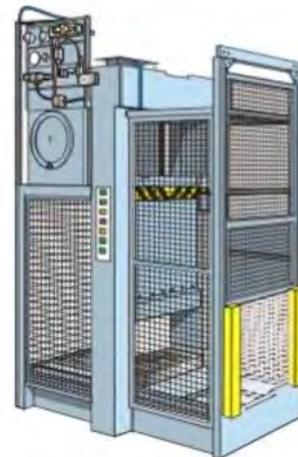
Bohrautomat:

Das Sicherheitslichtgitter schützt den Bediener beim Einlegen bzw. bei der Entnahme der Werkstücke vor Abschürfungen.



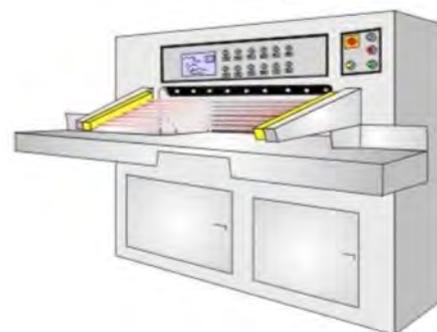
Biegepresse:

Das Sicherheitslichtgitter schützt den Bediener vor einem Einquetschen zwischen dem oberen und unteren Werkzeug und vor dem in Bearbeitung befindlichen Werkstück.



Papierschnidmaschine:

An einer Maschine für den Papierzuschnitt schützt die Sicherheitseinrichtung den Bediener vor Abschürfungen oder Schnitten an den Fingern durch die Trennmesser.



Fräsmaschine:

Die Schutzeinrichtung verhindert an einer Fräsmaschine, dass die Hände oder andere Körperteile des Bedieners durch das Werkzeug oder die Spindel der Maschine verletzt werden.



Dieses White Paper ist urheberrechtlich geschützt. Die Verwendung des Textes (auch in Auszügen) sowie der Bildmaterialien in diesem Dokument ist nur mit schriftlicher Genehmigung der ipf electronic gmbh gestattet. Änderungen vorbehalten.