



Der "Normenschungel"

Einleitung

Richtlinien und Normen definieren Produkteigenschaften und schreiben Schutzmassnahmen am Arbeitsplatz vor, um die Gesundheit und Sicherheit des Menschen, Maschine und Anlagen zu wahren. Für konstruktiv nicht zu beseitigende Gefahren sind zusätzliche Schutzeinrichtungen vorgesehen.

Gemäss Norm DIN EN 954-1 konstruieren Hersteller von Maschinen und Anlagen Steuerungen für Maschinen und Anlagen. Diese europäische Norm beurteilt elektrische und auch hydraulische, pneumatische

und mechanische Steuerungen bezüglich Beständigkeit gegen Fehler und Verhalten im Fehlerfall. Diese Norm deckt jedoch die Entwicklung programmierbarer elektronischer Steuerungen nicht ab.

Elektronik- und Steuersysteme im Zusammenhang mit Sicherheitsanwendungen verlangen immer häufiger nach fehlersicherer Elektronik. Diesen Aspekt berücksichtigt die neue europäische und internationale Normen prEN ISO 13849.

Dieses Kapitel beschreibt die von den Richtlinien und Normen enthaltenen Sicherheitsaspekte bei der Konstruktion von Maschinen und Anlagen und führt über folgende Punkte:

- Normentypen, Gruppennormen und Produktnormen
- CE-Zeichen und Konformitätserklärung
- Sicherheitskategorien nach EN954-1
- Performance Level (PL) nach prEN ISO 13849-1
- Sicherheits-Integritäts-Level (SIL) nach IEC 61508
- Installation von Sicherheitslichtlichtvorhängen
- Ausblick über neue Standards und Zukunftsentwicklungen

1. Richtlinien und Normen

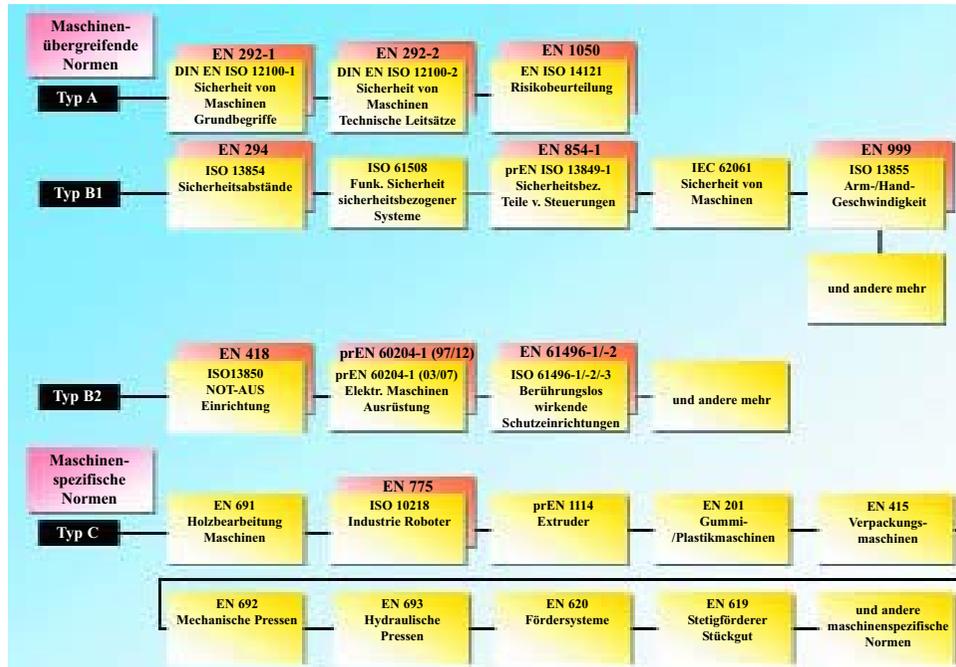
Die Vorschriften unterscheiden grundsätzlich zwischen den Richtlinien sowie den Normen.

1.1. Richtlinien

Im Hinblick auf Sicherheitsfragen ist die sogenannte Maschinenrichtlinie 98/37 EG für die Maschinenindustrie am bedeutendsten. Sie steht im Zentrum der Betrachtungen und definiert grundsätzlich nur Sicherheitsziele. Wie diese Ziele erreicht werden können, ist in der Maschinenrichtlinie hingegen nicht beschrieben. Für manche Maschinen werden diese, falls vorhanden, in den jeweiligen maschinenspezifischen Normen beschrieben. Ein Hersteller darf zwar von den Vorgaben einer Norm abweichen, er muss aber sicherstellen, dass die Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen im gleichen Grad erfüllt bleiben, wie sie in der Richtlinie allgemein und falls vorhanden in der maschinenspezifischen Norm beschrieben sind.

Für einen Maschinenhersteller ist der Anhang IV der Maschinenrichtlinie von besonderer Bedeutung. In diesem Anhang sind alle Maschinen aufgelistet, bei denen von einem erhöhten Gefährdungspotential ausgegangen werden kann.

Für Maschinen müssen meist neben der Maschinenrichtlinie noch weitere Richtlinien (z.B. EMV- oder Niederspannungs-Richtlinie) berücksichtigt werden. Sämtliche Richtlinien stehen im Internet im Volltext und in unterschiedlichen Sprachen



Die wichtigsten Normen in der Maschinensicherheit. Einige Normen werden durch die Harmonisierung überarbeitet und ersetzt.

kostenlos zur Verfügung. Dem interessierten Leser kann folgender Link empfohlen werden:

<http://europa.eu.int/>

1.2. Normen

Grundsätzlich werden drei Normentypen unterschieden: **Typ A, B und C.**

▪ **Typ A: Sicherheitsgrundnormen** über Gestaltungsleitsätze, Grundbegriffe und allgemeine Aspekte für Maschinen.

▪ **Typ B: Sicherheitsgruppennormen** behandeln Sicherheitsaspekte und sicherheitstechnische Einrichtungen, die für eine ganze Reihe von Maschinen verwendet werden können.

▪ **Typ B1: Sicherheitsaspekte** die eine Reihe von ähnlichen Maschinen in gleicher Weise betreffen (z.B. Sicherheitsabstände).

▪ **Typ B2: Sicherheitseinrichtungen** die für verschiedene Arten von Maschinen verwendet werden können (z.B. Zweihandschaltung, Not-Aus, etc.).

▪ **Typ C: Sicherheitsproduktnormen** mit konkreten Anforderungen und Schutzmassnahmen zu allen signifikanten Gefährdungen, die von einer Maschine oder allen Arten einer Maschinengruppe ausgehen.

Die **C-Normen** nehmen, soweit wie möglich, auf Sicherheitsgrundnormen (**A**) und Gruppennormen (**B**) Bezug. Produktnormen können aber Anforderungen enthalten, die von den Sicherheitsgruppennormen abweichen, so dass ihnen grössere Bedeutung zukommt.

1.3. Entwicklung

Zur Zeit findet eine Harmonisierung der Europäischen Normen mit IEC (International Electrotechnical Commission) statt.

Die Normen DIN EN 292-1 (1991-11) und DIN EN 292-2 (1995-06) werden zur Zeit durch die beiden folgenden Normen ersetzt:

▪ **DIN EN ISO 12100-1:** Sicherheit von Maschinen - Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze - Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodologie

▪ **DIN EN ISO 12100-2:** Sicherheit von Maschinen - Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze - Teil 2: Technische Leitsätze

2. CE-Zeichen

Nur mit dem CE-Zeichen ausgerüstete Produkte dürfen im Binnenmarkt der EU frei verkauft werden. Dann müssen keine Handelshemmnisse befürchtet werden. Um das CE-Zeichen anzubringen, muss der Hersteller zuvor eine sogenannte Konformitätserklärung ausfüllen. Damit bestätigt er, dass die Maschine den geltenden Anforderungen der EN-Richtlinien und Normen entspricht. Für das Konformitätsverfahren können grob die untenstehenden Fälle unterschieden werden. Alle Punkte des Konformitätsverfahrens verlangen vom Hersteller die Erstellung einer ausführlichen Dokumentation mit folgenden Inhalten:

- **Gefahrenanalyse (EN 12100, EN 14121)**
- **Risikobewertung (EN 14121)**
- **Technische Dokumentation**
- **Betriebsanleitung**

Für jeden dieser vier Punkte gibt es abermals Normen bzw. Vorschriften, in denen der Inhalt und die Vorgehensweise beschrieben werden.

Konformitätsbewertungsverfahren		
Maschine ist im Anhang IV der Maschinenrichtlinie aufgeführt und entspricht im vollen Umfang den harmonisierten EN Normen.	Maschine ist im Anhang IV der Maschinenrichtlinie aufgeführt und entspricht nicht im vollen Umfang den harmonisierten EN Normen.	Maschine ist nicht im Anhang IV der Maschinenrichtlinie aufgeführt.
Nach Wahl des Herstellers: Technische Unterlagen nach Anhang VI einer gemeldeten Stelle übermitteln; diese bestätigt unverzüglich den Empfang und bewahrt diese auf oder Technische Unterlagen nach Anhang VI einer gemeldeten Stelle übermitteln; diese überprüft, ob Normen korrekt angewendet wurden und bescheinigt dies oder EG Baumusterprüfung nach Anhang VI der Maschinenrichtlinie	EG-Baumusterprüfung nach Anhang VI der Maschinenrichtlinie	Zusammenstellung der Unterlagen nach Anhang V der Maschinenrichtlinie
Erklärung der Konformität		
CE		

Unterschiedliche Konformitätsbewertungs-Verfahren

3. Gefahrenanalyse

Die Gefahrenanalyse wird in der Norm EN 12100-1 beschrieben. Hier werden die zu betrachtenden Risiken und Leitsätze zur Gefahrenminimierung formuliert. Folgende Themen müssen dabei speziell berücksichtigt werden:

- Bestimmung der Grenzen einer Maschine
- Identifizierung der Gefährdungen
- Verfahren zur Risikoeinschätzung

Bei der Gefahrenanalyse werden vom Hersteller folgende Massnahmen in einer festgelegten Reihenfolge verlangt:

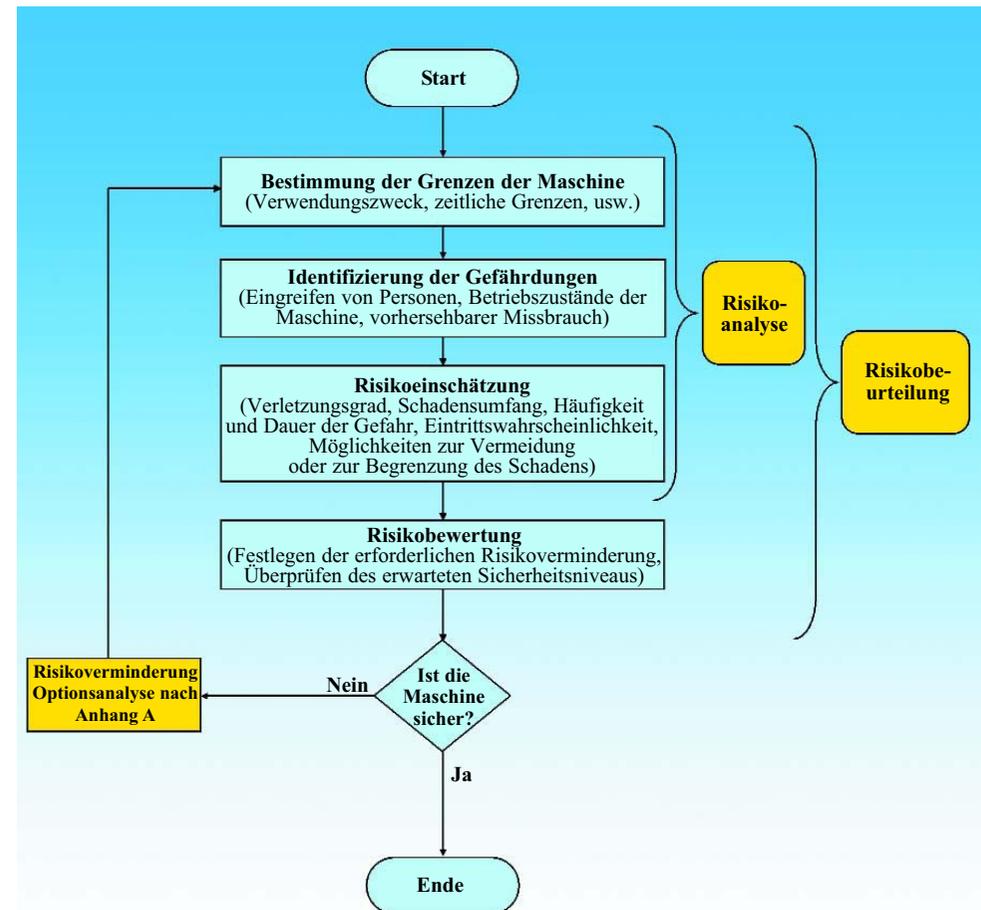
1. Sichere Konstruktion
2. Technische Schutzmassnahmen
3. Benutzerinformationen

Diese Reihenfolge bedeutet, dass es nicht genügt, einen Warnhinweis in der Bedienungsanleitung zu platzieren (im Stil von: "Kopf einziehen, wenn das Werkstück fliegt"), sondern dass zuerst konstruktive, dann technische Schutzmassnahmen durchgeführt und dokumentiert werden müssen. Erst wenn diese Massnahmen abgeschlossen sind, dürfen Benutzerinformationen erfolgen. Es wird dringend empfohlen, die Gefahrenanalyse nicht erst am Schluss der Entwicklung und der Konstruktion einer Maschine durchzuführen, sondern bereits früh in die Planung zu integrieren und zu dokumentieren.

4. Risikobewertung

Der Prozess zur Risikobewertung kann der EN 14121 entnommen werden. Eine ausreichende Sicherheit lässt sich nur schrittweise, nach mehreren sich wiederholenden Analysen, beurteilen. Erst wenn die erforderliche Sicherheit erreicht ist - d.h. das Restrisiko klein genug ist - ist der Prozess der Risikobewertung beendet.

derliche Sicherheit erreicht ist - d.h. das Restrisiko klein genug ist - ist der Prozess der Risikobewertung beendet.



Risikobewertung nach EN 14121

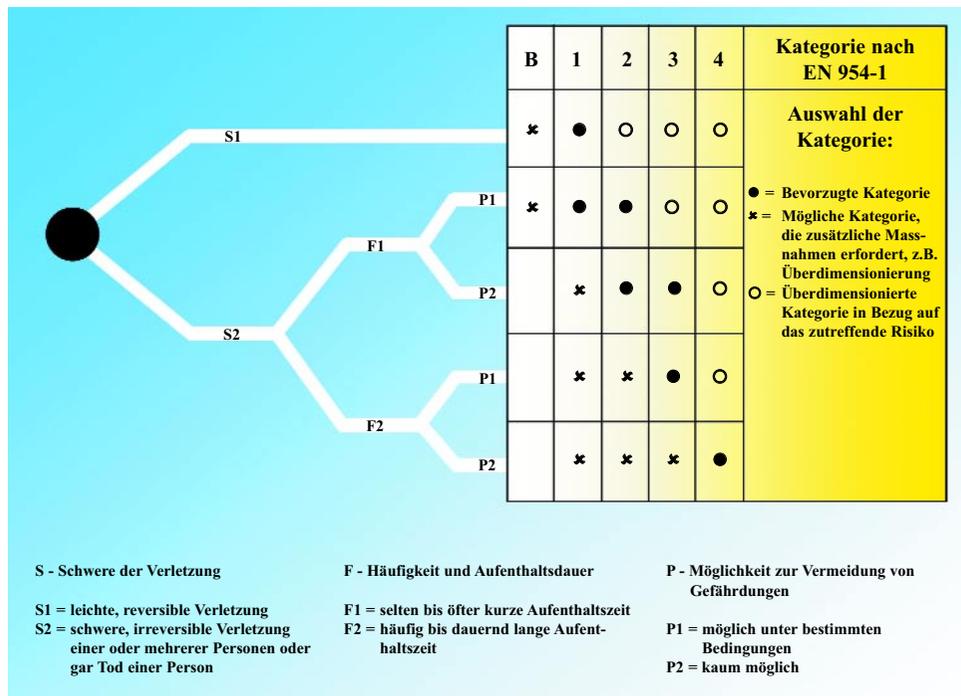
5. Auswahl der Steuerungskomponenten

Nachdem die Risikobeurteilung durchgeführt wurde, stellt sich die Frage, welche Sicherheitskomponenten eingesetzt werden müssen. Der Markt bietet Komponenten für verschiedene Sicherheitsanforderungen an. Bisher wurde diese Auswahl auf Basis der EN 954-1 durchgeführt. Für die Zukunft werden aber momentan neue Normen verabschiedet, die für die Auswahl der Sicherheitskomponenten entscheidend sind. In den nachfolgenden Abschnitten werden diese neuen Normen ansatzweise erläutert.

5.1. Sicherheitskategorie nach EN 954-1

Um zu entscheiden, welche Sicherheitskategorie für welche Anwendung erforderlich ist, musste bisher der Risikograph der EN 954-1 zu Rate gezogen werden.

Ausgehend vom Startpunkt wird zuerst die potentielle Schwere der Verletzung beurteilt. Danach folgt die Entscheidung über die Häufigkeit und Dauer der Gefährdungsexposition. Beim letzten Faktor zur Ermittlung der notwendigen Sicherheitskategorie entscheidet der Hersteller für seine Anwendung, ob zusätzliche Massnahmen zur Unfallvermeidung notwendig



sind. Resultiert nach diesem Vorgang beispielsweise die Kategorie 4 (nach EN 954-1), müssen alle Elemente des Sicherheitskreises im Anschluss und in ihren Eigenschaften der Kategorie 4 entsprechen. Im Falle eines Sicherheitslichtvorhangs müsste

dementsprechend ein Safe4 oder Safe400 eingesetzt werden.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die einzelnen Kategorien und deren Anforderungen:

Bestimmungen der Sicherheitskategorien für die Sicherheitskomponenten

Kategorien	Beschreibung	Resultat
Kategorie B (Basis-kategorie)	Sicherheitsbezogene Teile von Maschinensteuerungen und / oder ihre Schutzeinrichtungen, wie auch ihre Bauteile, müssen in Übereinstimmung mit dem Stand der Technik so gestaltet, ausgewählt, zusammengestellt und kombiniert werden, dass sie den zu erwartenden Einflüssen standhalten können.	Bei sicherheitsbezogenen Teilen von Steuerungen der Kategorie B kann es zum Verlust der Sicherheitsfunktion kommen, wenn ein Fehler auftritt. Einige Fehler bleiben unerkannt.
Kategorie 1	Es gelten zunächst die Anforderungen wie unter Kategorie B beschrieben. Zusätzlich ist die Verwendung von sicherheitstechnisch bewährten Bauteilen und Prinzipien gefordert.	Dies führt zu einer höheren sicherheitsbezogenen Zuverlässigkeit. Dennoch, bei Auftreten eines Fehlers kann es zum Verlust der Sicherheitsfunktion kommen. Einige Fehler bleiben unerkannt.
Kategorie 2	Es gelten die Anforderungen wie unter Kategorie B, zusätzlich auch die Verwendung sicherheitstechnisch bewährter Prinzipien. Darüber hinaus müssen die Sicherheitsfunktionen in "geeigneten" Zeitabständen geprüft werden. Die Prüfung darf automatisch oder manuell eingeleitet werden. Was "geeignet" ist, hängt von der Anwendung und Art der Maschine ab.	Fehler im sicherheitsbezogenen Teil der Steuerung der Kategorie 2 werden durch die Prüfung erkannt, ein neuer Zyklus wird danach nicht freigegeben. Das Auftreten eines Fehlers zwischen den Prüfungen kann jedoch zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen.
Kategorie 3	Die Anforderungen wie unter Kategorie B und zusätzlich die Verwendung sicherheitstechnisch bewährter Prinzipien gelten auch hier. Weiter müssen die Steuerungen so gestaltet sein, dass ein einzelner Fehler nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion(en) führt und, wann immer in angemessener Weise durchführbar, der einzelne Fehler mit geeignetem, dem Stand der Technik entsprechenden Mittel erkannt wird.	Bei sicherheitsbezogenen Teilen der Steuerung der Kategorie 3 bleibt die Sicherheitsfunktion immer erhalten, wenn ein einzelner Fehler auftritt. Einige, aber nicht alle Fehler werden erkannt. Eine Anhäufung unerkannter Fehler kann zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen.
Kategorie 4	Die Steuerung muss so gestaltet sein, dass ein einzelner Fehler nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion(en) führt. Wann immer es möglich ist, muss ein einzelner Fehler bei oder vor der nächsten Anforderung erkannt werden. Wenn das nicht möglich ist, darf eine Anhäufung von Fehlern nicht zum Verlust der Sicherheitsfunktion führen.	Bei sicherheitsbezogenen Teilen der Steuerung der Kategorie 4 werden die Fehler rechtzeitig erkannt, um einen Verlust der Sicherheitsfunktion zu verhindern oder die Sicherheitsfunktion wird trotz auftretenden Fehlern aufrechterhalten.

Besonderer Wert wird ebenfalls auf die Prüfung der ausgeführten Sicherheitskategorie durch den Maschinenhersteller gelegt. Diese Prüfung hat sowohl theoretisch als auch praktisch zu erfolgen und muss als Ergebnis die ausgeführte Sicherheitskategorie bestätigen. Die Prüfung ist detailliert zu dokumentieren. Eine detaillierte Übersicht dazu gibt die Norm EN 954-1).

5.2. Performance Level nach prEN ISO 13849-1

Bisher wurden Sicherheitsbetrachtungen nur qualitativ durchgeführt. Zukünftig werden diese quantitativ ausgeführt. D.h. es werden Wahrscheinlichkeitsberechnungen integriert, die das Versagen der Sicherheit in einer gefährlichen Situation beschreiben. Die neue Norm prEN ISO 13849-1 baut auf

Performance Level (PL)	Durchschnittliche Fehler-Wahrscheinlichkeit pro Stunde [1 / h]
a	10^{-5} to 10^{-4}
b	$3 \cdot 10^{-6}$ to 10^{-5}
c	10^{-6} to $3 \cdot 10^{-6}$
d	10^{-7} to 10^{-6}
e	10^{-8} to 10^{-7}

Die Norm EN ISO 13849-1 ordnet die Ausfallwahrscheinlichkeiten den sogenannten Performance Level (PL) zu.

der Basis der bisherigen Sicherheitskategorien auf und verwendet für quantitative Betrachtungen sogenannte Performance Level (PL). Die Performance Level beschreiben die Ausfallwahrscheinlichkeit pro Zeiteinheit und ist in Gruppen von a bis e eingeteilt.

In Übereinstimmung mit der bisherigen Norm EN 954-1 ist in der prEN ISO 13849-1 auch weiterhin der Risikograph zu finden. Doch statt den Kategorien werden neu die Performance Level ermittelt. Ebenfalls neu werden Prüfintervalle sowie die Wirksamkeit der Prüfungen (in welchem Umfang Fehler bei einer Prüfung erkannt werden) berücksichtigt. Für eine Maschine, die sich aus verschiedenen Komponenten zusammensetzt, kann ausgehend von der mittleren Zeit bis zu einem gefährlichen Versagen einer einzelnen Komponente (MTTF), die mittlere Zeit bis zu einem gefährlichen Versagen der gesamten Maschine bestimmt werden.

Die prEN ISO 13849-1 fordert für eine Sicherheitsfunktion einer Maschine aus verschiedenen Einzelsegmenten einen Gesamt-Performance-Level. Dieser berechnet sich aus den Performance Levels der einzelnen Maschinenabschnitte.

5.3. Sicherheits-Integritäts-Level (SIL) nach IEC 61508

IEC 61508 entstand aus der Prozessindustrie (z.B. Chemie und Verfahrenstechnik). Sie richtet sich an die Hersteller von komplexen elektronischen Systemen und weniger an die Maschinenhersteller. IEC 61508 hat bis jetzt nicht den Status einer harmonisierten Norm im Sinne der EG-Maschinenrichtlinie.

Die Norm IEC 61508 (Teil 1 bis 7) behandelt den gesamten Lebenszyklus von Systemen, die im wesentlichen aus elektrischen, elektronischen und / oder programmierbaren elektronischen Bauteilen bestehen. Die Norm erstreckt sich aber auch über sicherheitsbezogene Systeme anderer Technologien. Wie in der ISO EN 13849-1 werden hier unterschiedliche Sicherheitsstufen auf der Basis von Wahrscheinlichkeitsberechnungen erzielt.

Die Sicherheitsanforderungen eines Gesamtsystemes werden einzelnen sicherheitsbezogenen Teilsystemen zugeordnet und jede einzelne Sicherheitsfunktion mit einem Sicherheits-Integritäts-Level (SIL) bewertet (eingeschränkt vergleichbar mit den Performance Level der EN 13849-1 oder den Sicherheitskategorien der EN 954-1). In der Norm IEC 61508 wird noch zusätzlich in der Häufigkeit unterschieden, mit der ein Bediener die Sicherheitsfunktion in Anspruch nimmt.

Die Norm sieht einen Plan für die gesamte Lebensdauer einer Maschine, angefangen von der Entwicklung über den Betrieb sowie der Instandhaltung bis hin zur Stillsetzung der sicherheitsbezogenen Systeme vor. Die Informationen fließen letztendlich in die Gesamtvalidierung ein.

Sicherheits-Integritäts-Level (SIL) nach ISO 61508

Sicherheits-Integritäts-Level (SIL)	Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls pro Stunde	
	Betriebsart mit niedriger Anforderungsrate	Betriebsart mit hoher Anforderungsrate oder kontinuierlicher Anforderung
SIL 4	10^{-5} to 10^{-4}	10^{-9} to 10^{-8}
SIL 3	10^{-4} to 10^{-3}	10^{-8} to 10^{-7}
SIL 2	10^{-3} to 10^{-2}	10^{-7} to 10^{-6}
SIL 1	10^{-2} to 10^{-1}	10^{-6} to 10^{-5}

5.4. Risikoreduktion nach IEC 62061

Dieser Standard wurde durch die Norm IEC 61508 überarbeitet und ist für den Maschinenbau spezifisch. Sie beinhaltet eine tabellarische Auflistung, aus der eine Abgrenzung zur Norm prEN ISO 13849-1 hervorgeht.

Die Norm beabsichtigt eine systematische Risikoreduktion wie in ISO 12100-1 beschrieben und in Anlehnung mit der Risiko-Bewertung nach den Prinzipien von ISO 14121 (EN 1050). Die Norm beschränkt sich auf die Performance von sicherheitsbezogenen elektrischen Kontrollsystemen in Beziehung mit signifikanten Gefahren von Maschinen (siehe ISO 12100-1).

Der notwendige Sicherheits-Integritäts-Level (SIL) wird jeder implementierten Sicherheitsanforderung zugeordnet.

5.5. Gegenüberstellung der verschiedenen Normen

Unter Vorbehalt kann zwischen den Sicherheitskategorien und den Performance Level eine Gegenüberstellung erstellt werden. Eine solche Gegenüberstellung ist aber von Faktoren wie dem gesamt MTTF oder der Wirksamkeit von Prüfungen abhängig.

Diese Gegenüberstellung ist nur richtungsweisend. Die zusätzlichen Hinweise in den einzelnen Normen müssen unbedingt berücksichtigt werden.

6. Anschluss der Sicherheitskomponenten

ISO prEN 13849-1 Performance Level	IEC 61508 SIL	ISO EN 954-1 Sicherheitskategorie
a	1	1
b	2	2
c	3	3
d	4	4
e		

Der Vergleich zwischen Performance Level, SIL und Sicherheitskategorien kann nur unter Vorbehalten gegenübergestellt werden.

Die ausgewählten Sicherheitskomponenten müssen normgerecht installiert und sicherheitsgerecht mit der Steuerung angeschlossen werden.

6.1. Installation von Lichtvorhängen

Dieser Abschnitt informiert über die Berücksichtigung der Normen bei der Installation von Sicherheitslichtvorhang-Systemen.

6.1.1. Übergreifen, Untergreifen, Umgreifen

Sicherheitslichtvorhänge müssen so angebracht sein, dass die Gefahrenbereiche ausschließlich durch das Schutzfeld erreicht werden können. Zusätzliche Massnahmen müssen getroffen sein, damit sie weder übergreifbar, untergreifbar noch umgreifbar sind. Zugänge zur Gefahrenstelle von hinten oder von der Seite müssen ebenfalls verwehrt sein. Zwei Normen sind für die

Installation von Lichtvorhängen von Bedeutung:

- **EN 999:** Berechnung des Abstands eines Sicherheitslichtvorhangs vom gefährlichen Punkt
- **EN 294:** Schutzfeldhöhe gegen das Quetschen der oberen Gliedmassen



Über-, unter- und umgreifen muss ausgeschlossen sein

6.1.2. Hintertreten

Sicherheitslichtvorhänge müssen so angebracht sein, dass sich niemand zwischen dem Schutzfeld und der Gefahrenstelle aufhalten kann. Um Hintertreten zu vermeiden, bieten sich Lösungen mit einem kaskadierbaren Sicherheitslichtvorhang an.



Richtig angewendete Sicherheitslichtvorhänge



Falsch angewendete Sicherheitslichtvorhänge

6.1.3. Minimaler Sicherheitsabstand

Die kostenlose Software **Safety Configurator** berechnet die erforderlichen Sicherheitsabstände automatisch!

Der minimale Sicherheitsabstand **S** berechnet sich gemäss EN 999 nach folgender Formel:

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

S	Minimale Sicherheitsabstand zur Gefahrenstelle
K	Annäherungsgeschwindigkeit
T	Totale Reaktionszeit = Nachlaufzeit der Maschine + Reaktionszeit der Schutzvorrichtung + Reaktionszeit des Sicherheitsbausteins
C	Zuschlag

In Abhängigkeit von den unterschiedlichen Anwendungen (z.B. Hand- und Fingerschutz, Zugangssicherung) sind gemäss EN 999 unterschiedliche Annäherungsgeschwindigkeiten **K** und Zuschläge **C** einzusetzen. Als Faustregel gilt: Je schneller der Stopp der Maschine erfolgt und je kleiner die Auflösung ist, desto näher darf der Lichtvorhang an der Maschine installiert werden.

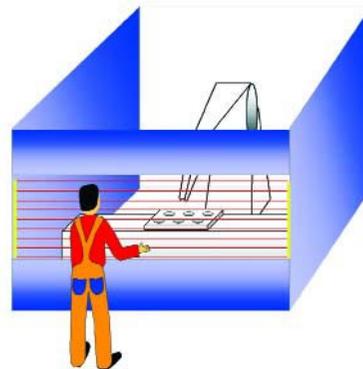
Zusätzlich muss geprüft werden, ob eine Gefahr durch Um Spiegelung besteht (EN 61496). Diese kann auftreten, wenn sich ein reflektierender Gegenstand in der Nähe des Schutzfeldes befindet. Ein Arbeiter könnte dann beispielsweise seine Hand in das Schutzfeld führen, ohne dass dies von der

Schutzeinrichtung registriert würde. Die kostenlose, TÜV-zertifizierte Software "Safety Configurator" übernimmt die Berechnung des Sicherheitsabstands eines Lichtvorhangs auf einfachste Art und Weise. Ein Ausdruck kann zudem als Nachweis zu den Sicherheitsbetrachtungen, die im Rahmen der Konformitätserklärung durchgeführt werden müssen, beigelegt werden.

Die folgenden drei Anwendungen zeigen typische Anordnungen von Lichtvorhängen:

Vertikale Gefahrenstellensicherung

Bei Lichtvorhängen für den Hand- und Fingerschutz ist darauf zu achten, dass Über-, Um- und Untergreifen sowie Hintertreten des Schutzfeldes durch zusätzliche mechanische Schutzgitter oder Lichtvorhänge mit Kaskadierung verhindert sind.



Vertikale Gefahrenstellensicherung

Der minimale Sicherheitsabstand berechnet sich im Falle einer vertikalen Montage nach folgender Formel:

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

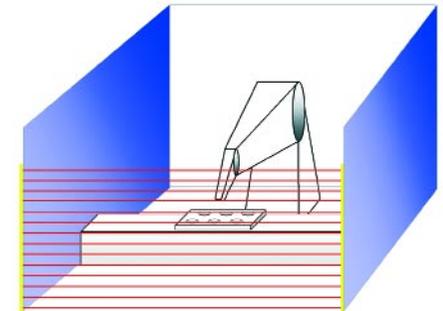
S	Minimaler Sicherheitsabstand zur Gefahrenstelle in mm, S_{\min} muss ≥ 100 mm
K	Hand-Greifgeschwindigkeit = 2 mm/ms
T	Totale Reaktionszeit = Nachlaufzeit der Maschine + Reaktionszeit der Schutzvorrichtung + Reaktionszeit des Sicherheitsbausteins
C	$8 \times (d - 14 \text{ mm}), \geq 0$
d	Detektionsvermögen (Auflösung) des Lichtvorhangs in mm ($d \leq 40$ mm)

Die Auflösung **d** eines solchen Lichtvorhangsystems muss kleiner gleich 40 mm betragen. Falls **S** grösser als 500 mm ergibt, muss die Rechnung (mit **K** = 1.6 mm/ms = Zutrittsgeschwindigkeit) wiederholt werden. In diesem Fall darf S_{\min} nicht kleiner als 500 mm sein.

Vertikale Zugangssicherung

Werden Lichtvorhänge als Zugangssicherung montiert, dürfen die Gefahrenstellen nicht erreichbar sein durch:

- Unterkriechen
- Durchsteigen
- Übergreifen der Lichtstrahlen
- Durchgreifen zwischen den Lichtstrahlen



Vertikale Zugangssicherung

Für die vertikale Zugangsabsicherung dürfen ebenfalls Lichtvorhänge mit einer Auflösung grösser als 40 mm eingesetzt werden. Hier kann ein kostengünstiges Perimeter-System verwendet werden.

Anzahl und Abstand der Lichtstrahlen hängen dabei von der Risikobeurteilung bzw. von maschinenspezifischen Vorschriften wie z.B. der EN 692 ab.

Der minimale Sicherheitsabstand errechnet sich wie folgt:

$$S = (1.6 \text{ mm/ms} \times T) + 850 \text{ mm}$$

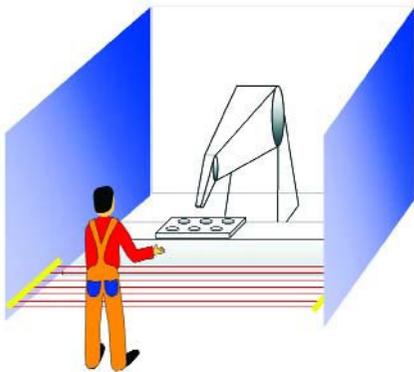
Im Falle einer industriellen Anwendung muss die Höhe des untersten Strahls 300 mm und die Höhe des obersten Strahls 900 mm betragen.

Handelt es sich um eine mehrstrahlige Absicherung (Perimeter-Absicherung) mit einer Auflösung **d** grösser als 70 mm, müs-

sen folgende Einbauhöhen der einzelnen Strahlen eingehalten werden:

Anzahl Strahlen:	Empfohlene Höhen:
4	300, 600, 900, 1'200 mm
3	300, 700, 1'100 mm
2	400, 900 mm

Horizontale Gefahrenbereichssicherung



Horizontale Gefahrenbereichssicherung

Bei der horizontalen Montage zur Sicherung eines Gefahrenbereichs ist zu beachten, dass die Höhe des Schutzfeldes über Boden nicht mehr als 1'000 mm betragen darf. Ist **H** grösser als 300 mm (respektive 200 mm bei einer möglichen Anwesenheit von Kindern), besteht das Risiko eines Unterkriechens des Schutzfeldes. Dies muss bei der Risikobeurteilung berücksichtigt werden. Die niedrigste zulässige Einbauhöhe hängt von der Auflösung des

Lichtvorhangsystems ab, um zu gewährleisten, dass das menschliche Bein bzw. das Fussgelenk sicher erkannt wird. Der minimale Sicherheitsabstand errechnet sich wie folgt:

$$S = (K \times T) + (1'200 \text{ mm} - 0.4 \times H)$$

$$S_{\min} = 850 \text{ mm}$$

Dabei ist:

H = Einbauhöhe des Schutzfeldes über Bezugsebene

K = 1.6 mm/ms = Schrittgeschwindigkeit

Bedingungen für **H**:

$$H_{\max} = 1'000 \text{ mm}$$

$$H_{\min} = 15 \times (d - 50 \text{ mm})$$

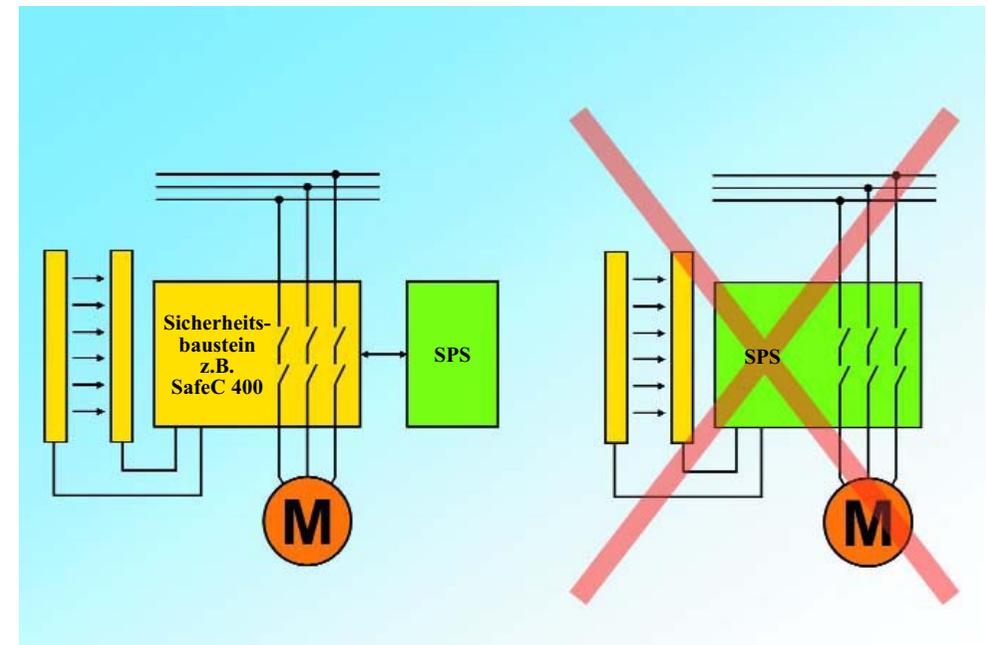
mit **d** = Auflösung des Lichtvorhangsystems

6.2. Anschluss

Nachdem bekannt ist, welcher Lichtvorhang wie installiert werden muss, bleibt nun noch der normgerechte Anschluss. Das Stillsetzen einer Maschine und der Anschluss an die Maschinensteuerung wird dabei durch die Norm IEC 60204-1 bestimmt. Ein Not-Aus darf nicht durch eine Standard-SPS durchgeführt werden. Im Falle eines Sicherheitslichtvorhangs dürfen die Ausgänge demzufolge beispielsweise nicht einfach an eine SPS angeschlossen werden, die dann die Gefährdungen abstellt.

Die Einbindung von Sicherheitskomponenten in den Sicherheitskreis erfolgt üblicherweise mit Hilfe von Sicherheitsrelais, wie beispielsweise dem SafeC S, dem SafeC M2S oder dem SafeC 400.

Wird ein Sicherheitslichtvorhang an ein sicheres Bus-System oder an eine Sicherheits-SPS angeschlossen, kann zur Risikobetrachtung die Norm IEC 61508 beigezogen werden.



Sicherheitsbaustein - SPS