



# Risikobeurteilung

Im Maschinen- und Anlagenbau

von Matthias Schulz

Matthias Schulz

Risikobeurteilung im Maschinen- und Anlagenbau

- effizient
- zielorientiert
- normenkonform

(V 1.4, 10-2019)

Copyright 2019 by  
Matthias Schulz  
Hohfeldstraße 24  
73434 Aalen  
Fon: 0 73 66/9 17 09 00  
[www.hiq-text.de](http://www.hiq-text.de)  
E-Mail: [mschulz@hiq-text.de](mailto:mschulz@hiq-text.de)

Sponsored by:

pgx software solutions gmbh  
Ferdinand-Porsche-Str. 32  
D-75382 Althengstett  
Fon: +49 (0) 70 51 9 66 82-0  
Fax: +49 (0) 70 51 9 66 82-29  
[www.pgx.de](http://www.pgx.de)  
E-Mail: [info@pgx.de](mailto:info@pgx.de)

Axelent GmbH  
Geschäftsbereich Axelent ProfiServices  
Tränkestraße 11  
70597 Stuttgart  
Fon: +49 (0) 7 11 25 25 09-0  
Fax: +49 (0) 7 11 25 25 09-49  
[www.axelent.de](http://www.axelent.de)  
E-Mail: [profiservices@axelent.de](mailto:profiservices@axelent.de)

HiQ text GmbH  
Hohfeldstraße 24  
73434 Aalen  
Fon: 0 73 66/9 17 09 00  
[www.hiq-text.de](http://www.hiq-text.de)  
E-Mail: [info@hiq-text.de](mailto:info@hiq-text.de)

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b> . . . . .	<b>5</b>
<b>2 Risikobeurteilung - Warum?</b> . . . . .	<b>5</b>
<b>3 Risikobeurteilung in fünf Schritten</b> . . . . .	<b>6</b>
3.1 Schritt 1 – Die Grenzen festlegen . . . . .	6
3.2 Schritt 2 – Gefährdungen identifizieren . . . . .	7
3.3 Schritt 3 – Risiko einschätzen . . . . .	9
3.4 Schritt 4 – Risiko bewerten . . . . .	10
3.5 Schritt 5 – Gefährdung beseitigen oder Risiko mindern. . . . .	10
<b>4 Risikoeinschätzung – warum und wie?</b> . . . . .	<b>11</b>
4.1 Risikoeinschätzung nach EN ISO 13849-1 . . . . .	12
4.2 Risikoeinschätzung nach EN 62061 . . . . .	14
4.3 Risikoeinschätzung nach ISO TR 14121-2 (DIN SPEC 33885) . . . . .	16
<b>5 Was wir für Sie tun können</b> . . . . .	<b>18</b>
5.1 Muster-Risikobeurteilung . . . . .	18



# 1 Einleitung

„Risikobeurteilung“ – das Wort allein genügt oft, um Entwicklern und Konstrukteuren einen allergischen Anfall oder ein schlechtes Gewissen zu verschaffen. Auch mehr als 20 Jahre nach Einführung der CE-Kennzeichnung im Maschinenbau haben zahlreiche Maschinen- und Anlagenbauer das Problem „Risikobeurteilung“ noch immer nicht zufriedenstellend gelöst. Woran liegt das?

Vor allem mangelt es an leicht erlernbaren, wirtschaftlich praktizierbaren Methoden, die die Risikobeurteilung der Aura der „Geheimkunst“ entreißen. Diese kleine Broschüre stellt eine solche Methode kurz und knapp anhand eines Beispiels vor.

## 2 Risikobeurteilung - Warum?

Bei der Entwicklung von Maschinen konzentrieren sich Ingenieure primär auf Funktionalität, Effizienz und wirtschaftliche Faktoren. Sicherheit spielt meist keine wichtige Rolle. Dies gilt besonders für die frühen Phasen eines Projektes. Allerdings kann es sehr schwierig sein, sicheren Betrieb später in ein bereits weit entwickeltes Gesamtkonzept zu integrieren. Tatsächlich verschlechtern nachträglich hinzugefügte Sicherheitsmaßnahmen häufig die Zugänglichkeit zu und die Effizienz von Maschinen.

Daher ist es am besten, die Gefährdungen, die mit bestimmten Funktionen verbunden sind, schon in den Frühphasen des Projektes zu ermitteln und über Gegenmaßnahmen nachzudenken. Drei Schritte sind erforderlich:

1. Die Gefährdung beseitigen wo immer möglich, d. h. an der Ursache ansetzen.
2. Wenn es nicht möglich ist die Gefährdung loszuwerden, die Gefährdung einsperren (oder Personen aussperren).
3. Wenn es nicht möglich ist, Hände und Füße von Personen außerhalb des Gefahrenbereichs zu halten, die Anwesenheit von Personen im Gefahrenbereich überwachen, um die Gefährdung rechtzeitig „auszuschalten“.

Das gesamte Verfahren – Identifizieren der Gefährdungen, feststellen des Risikopotentials und dann Beseitigen der Gefährdung oder Reduzieren des Risikos – bezeichnet man als „Risikobeurteilung“ (früher „Gefahrenanalyse“). Früher folgten Ingenieure in Sicherheitsfragen meist keinem klaren methodischen Ansatz. Erst mit der Einführung der Maschinenrichtlinie im Jahr 1995 wurde „Risikobeurteilung“ zum wichtigsten Schritt in Richtung Konformität mit den EU-Regeln.

### Was beinhaltet Risikobeurteilung?

- Funktionen der Maschine festlegen
- Gefährdungen ermitteln, die mit diesen Funktionen verbunden sind
- Das damit verbundene Risiko einschätzen (schwere von Verletzungen und Wahrscheinlichkeit des Eintretens)
- Die Gefährdung beseitigen oder das Risiko mindern

## 3 Risikobeurteilung in fünf Schritten

Wie geht man bei der Risikobeurteilung am besten vor? Die Maschinenrichtlinie legt (in Anhang I, Einleitung) fünf Schritte fest, die bei der Risikobeurteilung durchlaufen werden sollen:

1. Die Grenzen der Maschine bestimmen; dazu gehören der Verwendungszweck (bestimmungsgemäße Verwendung) und der „vernünftigerweise vorhersehbare Fehlgebrauch“
2. Die Gefährdungen identifizieren, die die Maschine in bestimmten Gefährdungssituationen verursacht
3. Das Risiko einschätzen, dies betrifft die Schwere des gesundheitlichen Schadens und die Wahrscheinlichkeit des Eintretens der gefährlichen Situation
4. Das Risiko bewerten, um zu entscheiden, ob eine Risikominderung erforderlich ist
5. Die Gefährdungen beseitigen oder das mit den Gefährdungen verbundene Risiko reduzieren, z. B. durch Anwendung von Schutzmaßnahmen, und zwar in der in Abschnitt 1.1.2(b) angegebenen Reihenfolge.

Alle fünf Schritte können mit einem Standardformular oder mit einer Software für die Risikobeurteilung abgearbeitet und dokumentiert werden, z. B. mit der pgx Safety-Toolbox (Download von [www.axelent.de](http://www.axelent.de) oder [www.pgx.de](http://www.pgx.de)).

Nachfolgend ist der Ablauf Schritt für Schritt anhand eines Standardformulars dargestellt. Sie können das vollständige Beispiel herunterladen von [www.profiservices.de](http://www.profiservices.de). Das Beispiel wurde erstellt mit pgx Safety-Toolbox (Version 4.3).

### 3.1 Schritt 1 – Die Grenzen festlegen

Im ersten Schritt legen Sie die Grenzen der Maschine fest. Dazu stehen sechs Arten von Grenzen zur Verfügung, die jeweils mit Leitfragen versehen sind (vollständiges Beispiel zum Download von [www.axelent.de](http://www.axelent.de) siehe AXELENT ProfiServices/Risikobeurteilung):

1. Worin besteht die bestimmungsgemäße Verwendung (Anwendung und deren Grenzen)?
2. In welchem Umfeld/Branche wird die Maschine benutzt (private Anwender/Industrie)?
3. Wer wird die Maschine wahrscheinlich benutzen (berufliche Qualifikationen der Bediener und des Wartungspersonals)?
4. Räumliche Grenzen (Platzbedarf, Schnittstellen zu anderen Maschinen, Mensch-Maschine-Schnittstelle)
5. Zeitliche Grenzen (Haltbarkeit, wichtige Wartungsintervalle, insbesondere für sicherheitsrelevante Bauteile)
6. Materialien/Stoffe, die in Verbindung mit der Maschine eingesetzt werden (Schmierstoffe, gefährliche Flüssigkeiten, Gase usw.)

<b>Risikobeurteilung</b>		Maschinen/Baugruppen-Bezeichnung Zerkleinerungsmaschine fuer Abfaelle		Maschinen-Typ Schnipfel-Schnapfel 7	
				Maschinen-/Serien-Nr. 4712-1	
<b>1</b>	<b>Grenzen der Maschine, bestimmungsgemäße Verwendung</b>				
1.1	Erlaubte Verwendung	Zerkleinern von Abfällen, insbesondere restentleerten Behältern aus Kunststoff, Blech und Holz			
1.2	Einschränkungen, Grenzen der erlaubten Verwendung, vorhersehbarer Fehlgebrauch	Nicht zerkleinert werden dürfen: Glas, unter Druck stehende Behälter (z. B. Spraydosen), Behälter oder toxische Stoffe enthalten haben, Steine, Schutt, massive Metallteile, Sprengstoff, bandförmige Coils oder Bündels auf einmal vollständig in den Schneidraum eingefüllt werden können, Späne (insbesondere Leichtmetallspäne)			
1.3	Missbrauch (untersagte Verwendung)	Zerkleinern von Nahrungs- und Futtermitteln für die Weiterverarbeitung (hygienisch bedenklich) Zerkleinern von Explosivstoffen und Munition			
<b>2</b>	<b>Umfeld der Nutzung</b>				
	privat				
	gewerblich	X			
<b>3</b>	<b>Nutzergruppen, gefährdete Personen</b>				
3.1	Nutzer	Index	Beschreibung	Aufgaben	Qualifikation
		3.1.1	Laien	Bedienung	Einweisung anhand
		3.1.2	Installationspersonal	Zusammenbau, Installation	Industriemechanikern mit vergleichbarer Elektrische Anlage:
		3.1.3	Instandhalter	Wartung, Kleinreparaturen	Industriemechanikern mit vergleichbarer Elektrische Anlage:
3.2	Andere gefährdete Personen	Beschreibung			Grund der besonderen
<b>4</b>	<b>Räumliche Grenzen</b>				
4.1	Arbeitsplätze	Bedienkonsole an der Bedien- und Einwurfseite. Die Konsole muss frei zugänglich sein, insbesondere betätigt werden kann. Mindestabstand zu Gebäudeteilen, anderen Maschinen oder innerbetrieblichen			

Ausschnitt aus einer Beispiel-Risikobeurteilung: Grenzen der Maschine

### 3.2 Schritt 2 – Gefährdungen identifizieren

Beim zweiten Schritt wurde bisher (seit 1996) oft eine Gefährdungsliste verwendet, die mechanische, elektrische, thermische und andere Gefährdungen auflistete. Zu jeder Gefährdung in der Liste wurde eine Beschreibung bezogen auf die Maschine hinzugefügt. Obwohl diese Vorgehensweise nicht komplett falsch ist, führt sie doch dazu, dass viele Gefährdungssituationen übersehen werden. Man sucht dabei nämlich nach Situationen, die zu bestimmten Problemtypen passen (Typische Fragestellung: „Wo, wann und wie können Personen durch die mechanische Gefährdung Quetschen verletzt werden?“).

Es ist besser zuerst alle relevanten Situationen entlang der Zeitschiene von der Anlieferung bis zur Entsorgung der Maschine festzulegen (den sog. „Lebensphasen“) und dann zu fragen: „Welche Gefährdungen können in diesen Situationen auftreten?“. Dieser Ansatz wurde zuerst von Matthias Schulz in seinem Buch „Gefahrenanalyse – Warum und wie?“ beschrieben, erschienen 1999 in Deutschland (Matthias Schulz Verlag, jetzt „Risikobeurteilung/Gefahrenanalyse“ Auflage 2013 erhältlich bei [www.gft-verlag.de](http://www.gft-verlag.de)).

Dieser Ansatz ist jetzt auch Teil des Kapitels 5.4 in EN ISO 12100. Die Norm verlangt, dass Risikobeurteilungen entlang der „Lebensphasen“ unterteilt in sogenannte „Aufgaben“ gegliedert werden. Eine Aufgabe ist dabei folgendes:

Risikobeurteilungen sollten nach Lebensphasen und Aufgaben strukturiert sein, weil

- nur so praktisch alle Gefährdungssituationen und Gefährdungen entdeckt werden können
- die Risikobeurteilung so logisch und einfach wird
- diese Methode viel Doppelarbeit spart

- a) die Tätigkeit von Personen (Bedienungspersonal, Wartungspersonal, Monteur...)
- b) ein automatischer Ablauf in der Maschine (eine Bewegung, Druckaufbau...)
- c) eine Kombination aus a und b

Dieser Ansatz führt zu einer einfachen und direkten Abarbeitung der Analyse, weil die Bearbeiter der Analyse sich jeweils auf eine bestimmte Situation an einem bestimmten Ort und zu einer definierten Zeit konzentrieren können. Bezüglich der ausgewählten Situation fragen sie: „Was könnte schiefgehen, so dass Personen verletzt oder ein nennenswerter Sachschaden entstehen könnte?“ Ein Beispiel für diese Betrachtung ist nachfolgend dargestellt.

<b>Risikobeurteilung</b>		Maschinen/Baugruppen-Bezeichnung Zerkleinerungsmaschine fuer Abfaelle	Maschinen-Typ Schnipfel-Schnapfel 7	
			Maschinen-/Serien-Nr. 4712-1	
Lebensphase		Ereignis oder Schutzziel	Lösung	Richtlinien/h
Aufgabe	Gefährdung			
<b>4 Betrieb, Betriebsarten</b>				
4.1 Abfälle einfüllen	Beschleunigung/Abbremsung (kinetische Energie) Weggeschleudert werden	Der Bediener kann von herausgeschleuderten Splintern getroffen werden, insbesondere bei spröden Materialien, die sich nicht schneiden lassen, sondern im Schneidwerk brechen.	Art der Lösung: trennende Schutzeinrichtung, mechanisch (IIa): siehe Lösung zu "Erfassen, Schneiden oder Abschneiden". Die Schutzeinrichtungen halten Splitter sicher zurück und Verhindern Einfüllen bei laufender Maschine	EN 13218: 200 EG-M-RL 2006 2006: Anh. I 1. EN ISO 12100: 6.3.2.2
	Feuer Explosion feuergefährliches Material	Wenn ungeeignetes Material eingeworfen/gemischt wird, kann es zu unerwünschten Reaktionen kommen.	Art der Lösung: Sicherheitshinweis im Sicherheitskapitel oder Warnhinweis im Kontext (IIIc): Hinweise in der Betriebsanleitung: Zulässige und unzulässige Materialien angeben, Vorsortierung empfehlen, auf die potentiellen Gefahren durch das Mischen von Materialien hinweisen.  Art der Lösung: keine Zuordnung getroffen (0): ggf. Zündrisikobeurteilung durchführen und Maßnahmen zur Vermeidung der Entzündung treffen	EN ISO 12100: 6.4.5.1 d)

Ausschnitt aus einer Beispiel-Risikobeurteilung: Struktur nach Lebensphase und Aufgabe

In diesem Beispiel wurde in der Lebensphase Betrieb einer Abfallzerkleinerungsmaschine der automatische Betrieb untersucht. Die untersuchte Aufgabe ist „Abfälle einfüllen“, dies geschieht von Hand. In den nächsten Spalten sind die dabei auftretenden Gefährdungen und eine etwas detailliertere Beschreibung der Gefährdungssituation auf-



geführt, die sich aus der Aufgabe ergibt. Wie das Beispiel zeigt, kann eine Aufgabe mit verschiedenen Arten von Gefährdungen und Gefährdungssituationen verbunden sein.

### 3.3 Schritt 3 – Risiko einschätzen

Sobald die Gefährdungen identifiziert wurden, kann das Risiko aus den einzelnen Gefährdungssituationen abgeschätzt werden. Im Allgemeinen ist Risiko das Produkt aus zwei Faktoren:

- der schlimmsten direkten Verletzung, die in der Situation auftreten kann (z. B. Verlust eines Fingers, einer Hand, eines Arms usw.)
- der Wahrscheinlichkeit des Eintretens (dieser Faktor ist unterteilt in zwei oder drei Aspekte; dies hängt von der jeweiligen Methode ab, die angewendet wird)

In den meisten Fällen genügt es schon, nur die Schwere der Verletzung einzuschätzen. Wenn eine schwere Verletzung auftreten kann (Niveau S2 nach EN ISO 13849-1 oder S3/S4 nach EN 62061), wird der Konstrukteur auf jeden Fall auf die Suche nach einer Lösung gehen, um die Gefährdung zu beseitigen oder das Risiko zu mindern.

-Bezeichnung ➔ fuer Abfaelle	Maschinen-Typ Schnipfel-Schnapfel 7	Erstellt mit <b>pgx·SAFETYTOOLBOX</b> (www.pgx.de)
	Maschinen-/Serien-Nr. 4712-1	

Lösung	Richtlinien/Normen	Risikoeinschätzung EN 62061							
		S	F	W	P	K	R	SILcl	SIL
		Begründung							
Art der Lösung: trennende Schutzeinrichtung, mechanisch (IIa): siehe Lösung zu "Erfassen, Schneiden oder Abschneiden". Die Schutzeinrichtungen halten Splitter sicher zurück und Verhindern Einfüllen bei laufender Maschine	EN 13218: 2008 EG-M-RL 2006/42/EG: 2006: Anh. I 1.4.2.1 EN ISO 12100: 2011: 6.3.2.2	S2	F5	W3	P5	13	26	SIL 1	2
		S: Kleine Splitter könnten Augenverletzungen hervorrufen F: Sehr häufiger Eingriff bei jedem Befüllen (mehrmals stündlich) W: Zuverlässiges technisches System ohne spontane Fehlfunktionen allerdings herrscht Stress durch Produktionsdruck P: Vermeidung ohne Schutzmaßnahmen kaum möglich, Splitter werden spontan ohne Vorwarnung herausgeschleudert							
Art der Lösung: Sicherheitshinweis im Sicherheitskapitel oder Warnhinweis im Kontext (IIIc): Hinweise in der Betriebsanleitung: Zulässige und unzulässige Materialien angeben, Vorsortierung empfehlen, auf die potentiellen Gefahren durch das Mischen von Materialien hinweisen.	EN ISO 12100: 2011: 6.4.5.1 d)								

Art der Lösung: keine Zuordnung getroffen (!):  
 Ausschnitt aus einer Beispiel-Risikobeurteilung: Risikoeinschätzung nach EN 62061

Im vorliegenden Beispiel enthält die Risikoeinschätzung die vier Elemente aus EN 62061:

- Schwere der Verletzung

- Häufigkeit und Dauer mit der Personen in der Gefährdungssituation anwesend sind (der Gefährdung ausgesetzt sind)
- Wahrscheinlichkeit des Eintretens
- Möglichkeit die Gefährdung zu erkennen und rechtzeitig auszuweichen, bevor man verletzt wird

Eine detailliertere Beschreibung der Risikoeinschätzung und der dazu eingesetzten Methoden finden Sie im Abschnitt 4 „Risikoeinschätzung – warum und wie?“, Seite 11.

### 3.4 Schritt 4 – Risiko bewerten

Der vierte Schritt folgt der Risikoeinschätzung logisch. Hier geht es um die Antwort auf die Fragen: Kann dieses Risiko geduldet werden? Oder ist es erforderlich die Gefährdung zu beseitigen oder das Risiko zu mindern?

Risikobewertung bedeutet nicht:  
 - das Risiko mit und ohne Schutzmaßnahmen zu vergleichen („Risikovergleich“)

Sondern schließt ein:  
 - Stand der Technik ermitteln  
 - über Maßnahmen zur Risikominderung auf dem Stand der Technik entscheiden

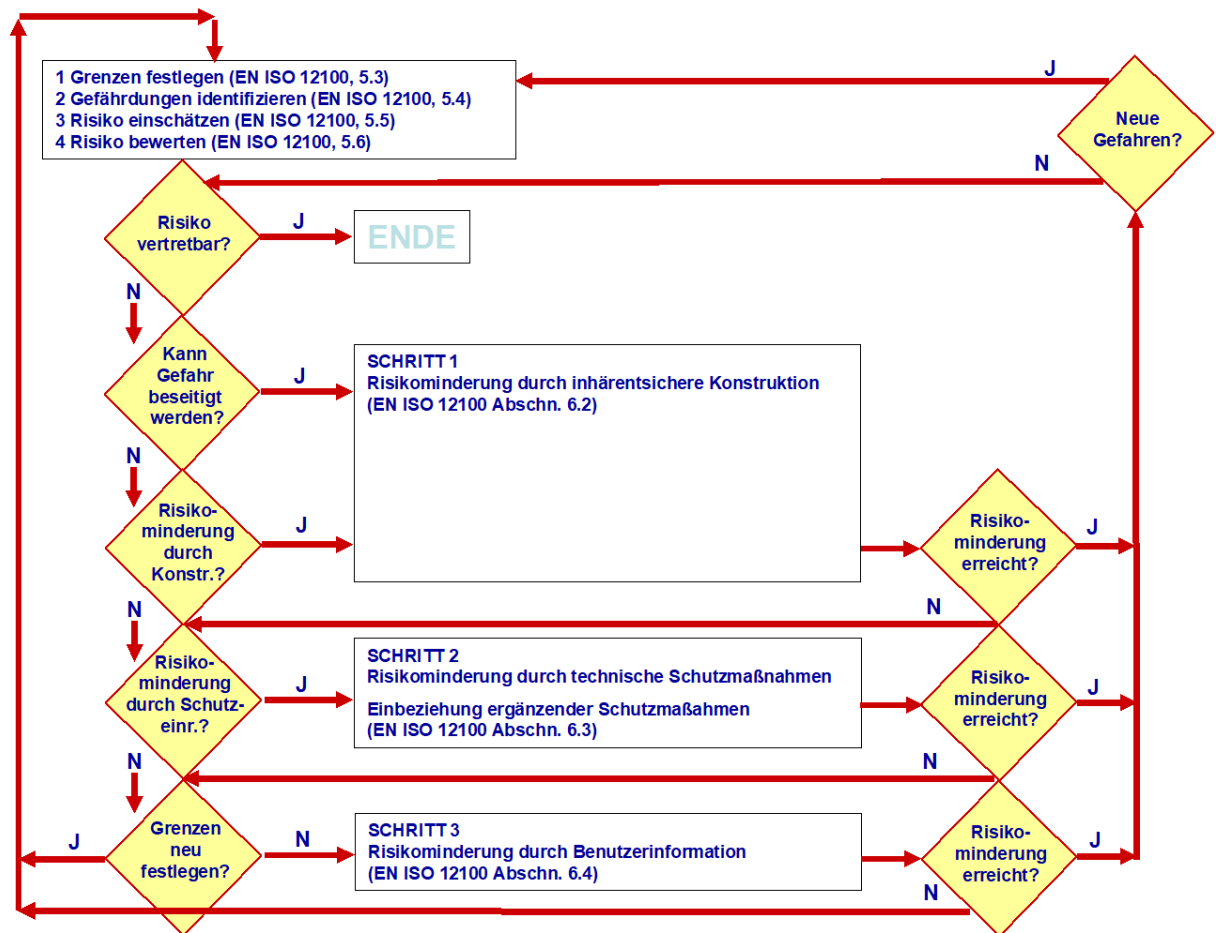
Schwere Verletzungen sind immer ein Grund eine Risikominderung zu versuchen. Allerdings müssen Konstrukteure versuchen, jedes Risiko so weit zu mindern, bis das Niveau erreicht ist, dass in EU-Richtlinien und Normen zugelassen wird. Daher gehört zum Schritt 4 eine Normenrecherche, bei der meist externe Werkzeuge wie eine Datenbank oder ähnliches eingesetzt werden müssen.

Was als zulässiges Risiko gilt, kann sich von Produkt zu Produkt unterscheiden. Bei Kettensägen z. B. ist es normal, dass der Bediener sich selbst oder andere schwer verletzen kann, weil die Kette völlig offen läuft. Bei einer Tischkreissäge duldet man das gleiche Risiko nicht, weil eine weitgehende Abdeckung des Sägeblattes möglich ist. Die Zulässigkeit bestimmter Risiken wird heute meist mehr oder weniger eindeutig durch EN-, EN ISO- und IEC-Normen geregelt.

### 3.5 Schritt 5 – Gefährdung beseitigen oder Risiko mindern

Wenn das Risiko als inakzeptabel gilt, wird der Konstrukteur Maßnahmen auswählen, um entweder die Gefährdung zu beseitigen oder wenigstens das Risiko zu mindern. Dazu kann gehören die Verletzungsschwere oder die Wahrscheinlichkeit des Eintretens möglicher Unfälle zu reduzieren. Die Maschinenrichtlinie gibt zur Lösungsfindung drei Schritte vor (in dieser Reihenfolge abzarbeiten):

- Gefährdung beseitigen, d. h. die Konstruktion so ändern, dass die Gefährdungsquelle verschwindet (z. B. Entgraten von scharfkantigen Blechteilen)
- Schutzeinrichtungen oder sicherheitsbezogene Steuerungsfunktionen hinzufügen (Umzäunung, Abdeckung, Sicherheitsschalter, Lichtvorhang...)
- Bediener und andere Zielgruppen über die verbleibenden Restrisiken informieren und Vorsichtsmaßnahmen nennen, die man ergreifen kann/muss (Warnung auf dem Produkt und/oder in der Betriebsanleitung, z. B. die Aufforderung eine persönliche Schutzausrüstung wie Handschuhe oder Helm zu tragen usw.)



Risikobeurteilung – Übersicht über das gesamte Verfahren (adaptiert aus EN ISO 12100)

## 4 Risikoeinschätzung – warum und wie?

Der oben bereits kurz umrissene Schritt der Risikoeinschätzung nimmt bei Risikobeurteilungen oft einen großen Teil der Zeit ein. Gründe dafür sind:

- Überbewertung der Bedeutung der Risikoeinschätzung
- Unklare Definition der Risikoelemente

Risikoeinschätzung kann drei Zwecken dienen:

1. Die Entscheidung über die Notwendigkeit von Schutzmaßnahmen vorbereiten. Dazu ist es oft schon ausreichend, sich über das Ausmaß möglicher Verletzungen klar zu werden. Können diese irreversibel sein, wie beim Verlust eines Fingers oder bei Knochenbrüchen an Händen/Armen, ist eine Risikominderung immer erforderlich.
2. Die geforderte Zuverlässigkeit steuerungstechnischer Schutzmaßnahmen ermitteln (ausgedrückt als geforderter PL oder SIL). Dies ist nur erforderlich, wenn zur Risikominderung in einer bestimmten Situation (Aufgabe) tatsächlich eine Steuerungsfunktion eingesetzt werden soll. In dem Beispiel in dieser Broschüre finden Sie komplette Risikoeinschätzungen aus diesem Grund nur bei Risiken, bei denen zur Risikominderung die Maschinensteuerung eingesetzt wird.

3. Vergleich von Risiken; hauptsächlich wird dabei das Risiko ohne Schutzmaßnahmen mit dem Risiko nach Hinzufügen von Schutzmaßnahmen verglichen. Viele Konstrukteure denken, dies sei zwingend erforderlich und die Risikobeurteilung nur korrekt, wenn in jedem Fall das eingeschätzte Risiko sinke. Doch es gibt keinerlei Anhaltspunkte für diese Annahme in der Maschinenrichtlinie oder den Normen (EN ISO 12100, EN ISO 13849-1 oder EN 62061). Entscheidend ist es vielmehr, Schutzmaßnahmen zu treffen, die die Anforderungen der Maschinenrichtlinie und/oder der Sicherheitsnormen erreichen. Dazu sind Risikovergleiche in den meisten Fällen völlig wertlos. Die Zeit, die dazu eingesetzt wird, wäre oft besser in Normenrecherche und die Diskussion von Schutzmaßnahmen und Bedienkonzepten investiert. Wenn man sog. Vorher-/Nachher-Risikoeinschätzungen also überhaupt durchführt, dann unbedingt mit einer Methode, die sehr fein abgestufte Kriterien anbietet, z. B. die Methode in Anhang A von EN 62061.

„Der Zweck heiligt die Mittel“

Die Entscheidung für eine bestimmte Methode zur Risikoeinschätzung sollte vom Zweck der Risikoeinschätzung abhängen.

Für die Risikoeinschätzung können verschiedene Methoden eingesetzt werden. Die drei wichtigsten sind:

- EN ISO 13849-1 Anhang A – drei Risikoelemente (Wahrscheinlichkeit ist Teil des Risikoelements „Möglichkeit zur Vermeidung“)
- EN 62061 Anhang A – vier Risikoelemente
- ISO TR 14121-2 (DIN SPEC 33885) Abschnitt 6.3.2 – vier Risikoelemente

#### 4.1 Risikoeinschätzung nach EN ISO 13849-1

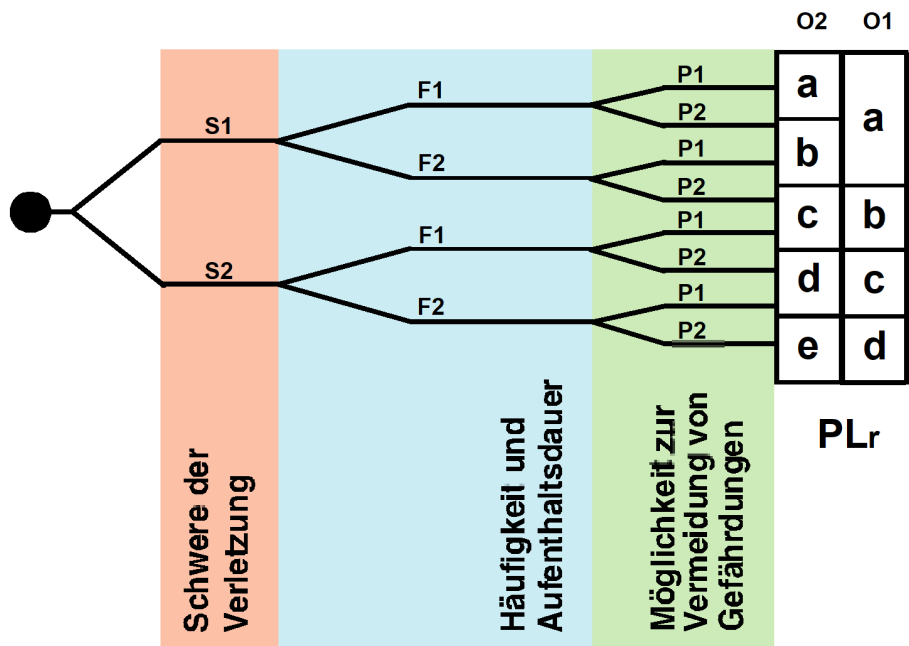
Dies ist die bekannteste, gleichzeitig aber auch die problematischste Methode. Da sie nur mit drei Risikoelementen und einer sehr groben Abgrenzung der Kriterien arbeitet, sind ihre Ergebnisse recht eindimensional. Die Wahrscheinlichkeit kann seit Veröffentlichung der Fassung aus 2015 als Teil des Risikoelements „Möglichkeiten zur Vermeidung“ mit eingeschätzt werden. Jedoch müssen Unfallberichte oder statistische Daten zur Verfügung stehen, um die Abschätzung begründen zu können.

EN ISO 13849-1 hat Konformitätsvermutungswirkung nach der EG-Maschinenrichtlinie und gilt daher als zu bevorzugen. Das ist jedoch kein zwingender Grund sich für diese Methode zu entscheiden; denn zumindest die Risikoeinschätzung nach EN 62061 findet sich ebenfalls in einer Norm mit Konformitätsvermutungswirkung.

Die Grafik auf der folgende Seite zeigt wie die Risikoelemente eingeschätzt werden. Die Definition der Kriterien ist leider sehr allgemein gehalten, so dass es oft schwer fällt die Grenze zu ziehen. In der Tabelle „PL/SIL“ ist die Bedeutung des jeweiligen Ergebnisses dargestellt. Das Risiko kann gering bis sehr hoch sein, der sog. geforderte Performance Level ( $PL_r$ ) liegt zwischen a und e. Dies ist eine Aussage über die geforderte Zuverlässigkeit einer Steuerungsfunktion, die zur Minderung des eingeschätzten Risikos eingesetzt werden soll.

Zusätzlich zeigt die Tabelle welches Signalwort für Warnschilder und -hinweise in Anleitungen gewählt werden soll. Die drei Signalwörter Gefahr, Warnung und Vorsicht stellen drei Risikostufen dar.

## Risikografik



Risikografik nach EN ISO 13849-1, ergänzt um den Parameter O = Wahrscheinlichkeit

### Risikoelemente und Kriterien

Verletzungsschwere S:

- S1 = leichte Verletzung (heilbar oder reversibel)
- S2 = ernste/tödliche Verletzung (nicht heilbar oder irreversibel; beginnt üblicherweise bei Knochenbrüchen, da diese oft nicht ohne dauerhafte Einschränkungen verheilen)

Häufigkeit und Dauer, mit der Personen der Gefährdung ausgesetzt sind F:

- F1 = selten bis weniger häufig und/oder kurze Dauer
- F2 = häufig bis dauernd und/oder lange Dauer  
(Grenze > 1/Stunde nach EN ISO 13849-1 Anhang A Anmerkung)

Möglichkeit zur Vermeidung/des Ausweichens P:

- P1 = möglich unter bestimmten Bedingungen
- P2 = kaum möglich

Drei Fragen sollten zum P-Faktor gestellt werden:

- Ist die Gefahr erkennbar/aufgrund Ausbildung bekannt?
- Kann man noch ausweichen/reagieren, aufgrund der Geschwindigkeit?
- Hat die Person einen Einfluss auf die Gefährdungsauslösung (z. B. durch bewussten Start mit einem Bedienelement)?

Wahrscheinlichkeit des Eintretens O:

- O1 = Wahrscheinlichkeit gering (durch statistische Belege oder Unfallgeschichte nachgewiesen)
- O2 = Wahrscheinlichkeit hoch oder nicht einschätzbar

## PL/SIL

PL EN ISO 13849-1	SIL EN 62061	Risiko	Empfohlenes Signalwort nach EN 82079-1 ISO 3864-2
PL „a“	AM	geringes Risiko	VORSICHT
PL „b“	SIL1	mäßiges Risiko	VORSICHT
PL „c“		mittleres Risiko	WARNUNG
PL „d“	SIL2	hohes Risiko	WARNUNG, GEFAHR
PL „e“	SIL3	sehr hohes Risiko	GEFAHR

## 4.2 Risikoeinschätzung nach EN 62061

Dies ist die am besten dokumentierte Methode. Da sie alle vier Risikoelemente verwendet und zudem fein abgestufte Kriterien definiert, ist sie am genauesten und eignet sich auch für Risikovergleiche.

EN 62061 hat ebenso wie EN ISO 13849-1 Konformitätsvermutungswirkung nach der EG-Maschinenrichtlinie, sogar schon seit 2005. Die Methode ist daher völlig gleichberechtigt mit EN ISO 13849-1 und ihre Ergebnisse sind übertragbar, d. h. man kann damit den PL ebenso ermitteln wie mit EN ISO 13849-1. In den letzten Jahren sind viele Maschinenbauunternehmen auf die Einschätzung nach EN 62061 umgestiegen.

Wir empfehlen EN 62061, weil:

- alle vier Risikoelemente fein abgestuft vorliegen
- das Ergebnis auf den PL direkt übertragbar ist
- die Methode universell auch für Risikovergleiche einsetzbar ist

### Risikotabelle

Schwere der Verletzung <b>S</b>	Klasse K (F+W+P)				
	<b>3-4</b>	<b>5-7</b>	<b>8-10</b>	<b>11-13</b>	<b>14-15</b>
4	SIL 2	SIL 2	SIL 2	SIL 3	SIL 3
3		AM	SIL 1	SIL2	SIL 3
2			AM	SIL 1	SIL 2
1				AM	SIL 1

AM = andere Maßnahmen empfohlen, d. h. es gelten keine Anforderungen an die Zuverlässigkeit nach EN 62061. Entscheidung über die Zuordnung von SIL 1 zu PL b oder c:

- S3 + K8 = PL b, S3 + K9-10 = PL c
- S2 + K11 = PL b, S2 + K12-13 = PL c
- S1 + K14 = PL b, S1 + K15 = PL c

## Risikoelemente und Kriterien

Schwere der Verletzung S:

1	reversibel: Erste Hilfe erforderlich
2	reversibel: Behandlung durch einen Mediziner erforderlich
3	irreversibel: gebrochene Gliedmaßen, Verlust (eines) mehrerer Finger(s)
4	irreversibel: Tod, Verlust eines Auges oder Arms

Häufigkeit und Dauer, mit der Personen der Gefährdung ausgesetzt sind F:

2	< 1 pro Jahr
3	< 1 pro 2 Wochen bis $\geq 1$ pro Jahr
4	< 1 pro Tag bis $\geq 1$ pro 2 Wochen
5	< 1 pro Stunde bis $\geq 1$ pro Tag
5	$\geq 1$ pro Stunde

Wenn die Aufenthaltsdauer < 10 Minuten beträgt, kann der Wert auf die nächste Stufe herabgestuft werden. Dies trifft jedoch nicht zu, wenn die Häufigkeit der Exposition  $\geq 1$  pro Stunde ist.

Wahrscheinlichkeit des Auftretens W:

1	vernachlässigbar
2	selten
3	möglich
4	wahrscheinlich
5	sehr hoch

Folgende Fragen sollten gestellt werden:

- Steht das Personal bei der Tätigkeit/in der Situation unter Druck (z. B. Akkord, Zeitnot)?
  - Ist die Person gut ausgebildet und mit den Risiken vertraut?
  - Ist spontanes Versagen von Bauteilen (nicht der sicherheitsbezogenen Steuerung), Auslösen von Fehlfunktionen wahrscheinlich?
- Aus Einschätzung dieser Fragen Mittelwert annehmen.

Möglichkeit der Vermeidung der Gefährdung oder des Ausweichens P:

1	wahrscheinlich
3	selten
5	unmöglich

Drei Fragen sollten zum P-Faktor gestellt werden:

- Ist die Gefahr erkennbar/aufgrund Ausbildung bekannt?
- Kann man noch ausweichen/reagieren, aufgrund der Geschwindigkeit?

- Hat die Person einen Einfluss auf die Gefährdungsauslösung (z. B. durch bewussten Start mit einem Bedienelement)?

### PL/SIL

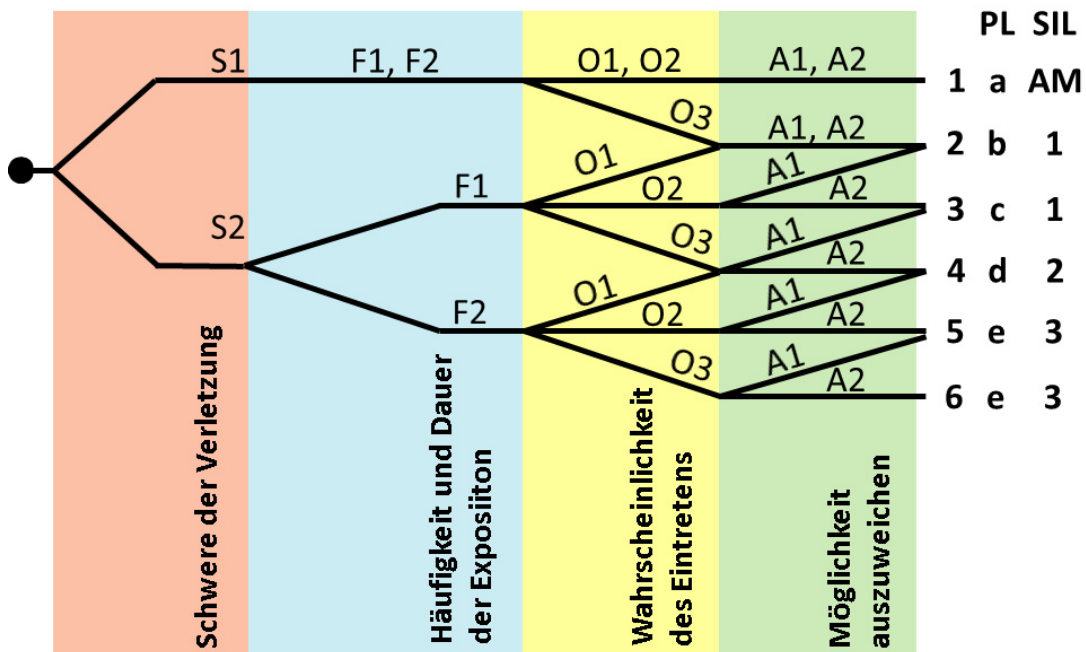
PL EN ISO 13849-1	SIL EN 62061	Risiko	Empfohlenes Signalwort nach EN 82079-1 ISO 3864-2
PL „a“	AM	geringes Risiko	VORSICHT
PL „b“	SIL1	mäßiges Risiko	VORSICHT
PL „c“		mittleres Risiko	WARNUNG
PL „d“	SIL2	hohes Risiko	WARNUNG, GEFAHR
PL „e“	SIL3	sehr hohes Risiko	GEFAHR

### 4.3 Risikoeinschätzung nach ISO TR 14121-2 (DIN SPEC 33885)

ISO TR 14121-2 ist keine Norm im eigentlichen Sinne, sondern ein technischer Bericht (TR = technical report) einer Arbeitsgruppe. In diesem Bericht sind verschiedene in der Industrie praktizierte Methoden zusammengetragen.

Die Methode zur Risikoeinschätzung im Abschnitt 6.3.2 erfreut sich zunehmender Beliebtheit. Der Grund dafür ist, dass sie das vierte Risikoelement – die Wahrscheinlichkeit des Eintretens – enthält. Ansonsten hat sie aber genau die gleichen Schwächen wie EN ISO 13849-1 Anhang A. Schlimmer noch: die Kriterien für die Wahrscheinlichkeit sind besonders bei neuen Produkten kaum anwendbar, weil man zu deren Einschätzung Daten aus der Anwendung der Maschine benötigt.

#### Risikografik



Risikografik nach ISO TR 14121-2, 6.3.2 (PL/SIL-Zuordnung vom Autor hinzugefügt)



## Risikoelemente und Kriterien

Schwere der Verletzungen S:

- S1 *leichte Verletzung*, in der Regel reversibel; Beispiele: Schrammen, Platzwunden, Prellungen, kleine Wunden, die Erste Hilfe erfordern; höchstens zwei Tage unfähig, die gleiche Aufgabe durchzuführen
- S2 *schwere Verletzung*, in der Regel irreversibel, einschließlich Tod; Beispiele: gebrochene oder abgetrennte oder gequetschte Gliedmaßen, Fraktur, schwere Verletzung, die genäht werden muss, schwerwiegendes Muskel-Skelett-Trauma usw.; mehr als zwei Tage unfähig, die gleiche Aufgabe durchzuführen

Häufigkeit und/oder Dauer der Gefährdungsexposition F:

- F1 *selten bis öfter und/oder kurze Dauer der Gefährdungsexposition*  
Exposition höchstens zweimal je Arbeitsschicht oder kürzer als insgesamt 15 min je Arbeitsschicht
- F2 *häufig bis ständig und/oder lange Dauer der Gefährdungsexposition*  
Exposition mehr als zweimal je Arbeitsschicht oder länger als insgesamt 15 min je Arbeitsschicht

Eintrittswahrscheinlichkeit eines Gefährdungsereignisses O:

- O1 *gering*, so unwahrscheinlich, dass angenommen werden kann, dass der Eintritt nicht realisiert wird
- O2 *mittel*, gelegentlicher Eintritt wahrscheinlich, in den letzten zwei Jahren festgestelltes technisches Versagen. Unangemessenes menschliches Handeln einer gut ausgebildeten Person, die sich des Risikos bewusst ist und mehr als sechs Monate Erfahrung an diesem Arbeitsplatz hat
- O3 *hoch*, häufiger Eintritt wahrscheinlich, häufig festgestelltes technisches Versagen (alle sechs Monate oder häufiger). Unangemessenes menschliches Handeln einer unausgebildeten Person, die weniger als sechs Monate Erfahrung an diesem Arbeitsplatz hat

Möglichkeit zur Vermeidung oder Minderung des Schadens A:

- A1 *unter bestimmten Umständen möglich*, wenn sich Teile mit einer Geschwindigkeit unter 0,25 m/s bewegen und der exponierte Arbeiter mit dem Risiko und mit dem Hinweis auf eine Gefährdungssituation oder das bevorstehende Ereignis vertraut ist; der Arbeiter muss außerdem in der Lage sein, die Gefährdungssituation zu bemerken und auf sie reagieren zu können. In Abhängigkeit von bestimmten Bedingungen ist Vermeidung möglich (Temperatur, Geräusche, Ergonomie usw.). *Die gefährdete Person löst das gefahrbringende Ereignis selbst aus (Starttaste, Zustimmung) – letzteres vom Autor hinzugefügt, in der Norm nicht enthalten*
- A2 *unmöglich*

## PL/SIL

Die Methode ist ursprünglich nicht dafür gedacht den PL oder SIL zu ermitteln, kann jedoch auch dazu eingesetzt werden. Die Grafik oben zeigt eine mögliche Zuordnung der Ergebnisse zu PL/SIL und den Signalwörtern für Warnschilder und -hinweise.

## 5 Was wir für Sie tun können

Axelent ProfiServices bietet zusammen mit seinen Partnern HiQ text GmbH und pgx software solutions gmbh zur Risikobeurteilung folgende Produkte und Dienstleistungen:

- Buch „Risikobeurteilung / Gefahrenanalyse für Maschinen, Anlagen, Apparate und Medizinprodukte“, Matthias Schulz, 2015, Sirantha Verlag, Erkelenz, [www.gft-verlag.de](http://www.gft-verlag.de)
- Software zur Risikobeurteilung SAFETY-TOOLBOX von pgx software solutions gmbh, [www.pgx.de](http://www.pgx.de). Alle Beispiele in dieser Broschüre wurden mit der SAFETY-TOOLBOX erstellt. Sie können die Software und einen Evaluierungskode kostenlos herunterladen von: [www.axelent.de](http://www.axelent.de) oder [www.pgx.de](http://www.pgx.de)
- Coaching einer Risikobeurteilung vor Ort mit intensivem Know-How-Transfer von unserem Berater zu Ihren Mitarbeitern
- Offene und Inhouse-Seminare zu folgenden Themen:
  - Risikobeurteilung
  - EN ISO 13849-1 und SISTEMA-Nachweisrechnung
  - Sicherheitstechnik im Maschinen- und Anlagenbau
  - CE-Kennzeichnung
  - EU-konforme Technische Dokumentation und Betriebsanleitungen
  - Grundlagen des mechanischen Explosionsschutzes
  - Produkthaftung

### 5.1 Muster-Risikobeurteilung

Sie können ein vollständiges Beispiel anfordern bei Axelent GmbH. Senden Sie einfach eine Email an [profiservices@axelent.de](mailto:profiservices@axelent.de). Das Beispiel wurde erstellt mit der pgx SAFETY-TOOLBOX. Sie finden das Beispiel auch auf den Internetseiten der Axelent GmbH.