

# **Risikobeurteilung im Maschinen- und Anlagenbau**

- effizient**
- zielorientiert**
- normenkonform**

Matthias Schulz

Risikobeurteilung im Maschinen- und Anlagenbau

- effizient
- zielorientiert
- normenkonform

(V 1.6, 06-2024)

Copyright 2024 by  
Matthias Schulz  
Manningaweg 3  
26524 Lütetsburg  
Fon: 0 73 66/9 17 09 02 (IP)  
[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  
Manningaweg 3  
26524 Lütetsburg  
Fon: 0 73 66/9 17 09 00 (IP)  
[www.hiq-text.eu](http://www.hiq-text.eu)  
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 IEC 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 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, manchmal vier, Schritte sind erforderlich:

### 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

1. Die Gefährdung beseitigen wo immer möglich, d. h. an der Ursache ansetzen.
2. Wenn es nicht möglich ist die Gefährdung zu beseitigen, die Gefährdung einsperren (oder Personen aussperren).
3. Wenn es nicht möglich ist, Personen oder ihre Körperteile außerhalb des Gefahrenbereichs zu halten, die Anwesenheit von Personen im Gefahrenbereich überwachen, um die Gefährdung rechtzeitig „auszuschalten“.
4. Die Nutzer vor Restrisiken warnen, die sich nicht beseitigen oder zufriedenstellend reduzieren lassen. Dazu eignen sich Warneinrichtungen, Schilder und Hinweise in der Betriebsanleitung.

Das gesamte Verfahren – Identifizieren der Gefährdungen, feststellen des Risikopotentials und dann Beseitigen der Gefährdung oder Reduzieren des Risikos – bezeichnet man als „Risikobeurteilung“ (früher „Gefahrenanalyse“). Bis in die späten 1980er Jahre 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.

## 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) des Anhangs I der Maschinenrichtlinie 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 SafetyToolBox` (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.axelent.de](http://www.axelent.de). Das Beispiel wurde erstellt mit `pgx SafetyToolBox`.

### 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:

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 Installations- und Instandhaltungspersonals)?
4. Räumliche Grenzen (Platzbedarf, Schnittstellen zu anderen Maschinen, Arbeitsplätze, 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>		Bezeichnung Zerkleinerungsmaschine für Abfälle			Typ Schnipfel-Schnapfel 7
					Nr. 4712-5
<b>1</b>	<b>Grenzen des Produktes, bestimmungsgemäße Verwendung</b>				
1.1	Bestimmungsgemäße Verwendung	Zerkleinern von Abfällen, insbesondere restentleerte Behälter aus Kunststoff, Blech und Holz			
1.2	Einschränkungen, Grenzen der bestimmungsgemäßen 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	Installationspersonal	Zusammenbau, Installation	Industriemechanikern mit vergleichbarer Elektrische Anlage:
		3.1.2	Instandhalter	Wartung, Kleinreparaturen	Industriemechanikern mit vergleichbarer Elektrische Anlage:
		3.1.3	Bediener	Bedienung	Einweisung anhand
3.2	Andere gefährdete Personen	Beschreibung			Grund der besondere
<b>4</b>	<b>Räumliche Grenzen</b>				
4.1	Arbeitsplätze	Bedienkonsole an der Bedien- und Einwurfseite. Die Konsole muss frei zugänglich sein, insbesondere leicht betätigt werden kann. Mindestabstand zu Gebäudeteilen, anderen Maschinen oder inner			
4.2	Schnittstelle Energieversorgung/Maschine	3 Phasen + N + PE für elektrische Energieversorgung an der Rückseite. Festverdrahtung bei N erforderlich. Bei allen anderen Maschinen kann eine Netzzuleitung mit CEKON-Stecker durch			

*Ausschnitt aus einer Beispiel-Risikobeurteilung: Grenzen der Maschine*

### 3.2 Schritt 2 – Gefährdungen identifizieren

Beim zweiten Schritt verwenden viele noch immer eine Gefährdungsliste, die mechanische, elektrische, thermische und andere Gefährdungen auflistet. Zu jeder Gefährdung in der Liste wird eine Beschreibung bezogen auf die Maschine hinzugefügt. Obwohl diese Vorgehensweise nicht grundsätzlich 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 (vergriffen).

Die Methode ist als sog. „aufgabenbezogene Risikobeurteilung“ (task-based risk assessment) jetzt auch Teil des Kapitels 5.4 von EN ISO 12100 und wird auch in ISO TR 14121-2 empfohlen. EN ISO 12100 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 nahezu alle Gefährdungssituationen und Gefährdungen entdeckt werden können
- die Risikobeurteilung so logisch und einfach wird
- diese Methode viel Doppelarbeit spart
- diese Methode den aktuellen Normen entspricht

- die Tätigkeit von Personen (Bedienungspersonal, Instandhalter, Monteur...)
- ein automatischer Ablauf in der Maschine (eine Bewegung, eine Funktion, wie z. B. Druckaufbau...)
- eine Kombination aus a und b

Dieser Ansatz führt zu einer einfachen und direkten Ermittlung der Gefährdungen, weil die Bearbeiter der Risikobeurteilung 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>		Bezeichnung Zerkleinerungsmaschine für Abfälle	Typ Schnipfel-Schnapfel 7	
			Nr. 4712-5	
Lebensphase		Gefährdungsereignis	Lösung	Richtlinien/N
Aufgabe	Gefährdung			
<b>4 Betrieb, Betriebsarten</b>				
4.1 Abfälle einfüllen	Mechanische Gefährdungen, sich bewegende Teile, Quetschen, Schneiden oder Abschneiden, Einziehen oder Fangen, Erfassen, rotierende Teile	Wenn der Bediener bei laufender Maschine einfüllen könnte er von den rotierenden Schneidwalzen erfasst und verletzt werden.	<p>Art der Lösung: trennende Schutzeinrichtung, mechanisch (IIa): An drei Seiten feststehende Schutzbleche (verschraubt), An der Befüllseite eine Pendelklappe mit Verriegelung, ohne Zuhaltung, da der Nachlauf nicht nennenswert ist. Siehe Bild 3</p> <p>Art der Lösung: Kombination trennende und nicht trennende Schutzeinrichtung (IIc): Überwachung der Stellung der Stellung der Pendelklappe durch einen Sicherheitstürschalter. Wird die Klappe aus der Mittelstellung bewegt, löst die seinen Soforthalt der Antriebe von Schneidwerk und Nachdrückeinrichtung aus.</p>	<p>1.4.2.1 - Feststehende Schutzeinrichtung</p> <p>1.4.2.2 - Bewegende Schutzeinrichtung mit Verriegelung</p> <p>EN ISO 12100: 6.3.2.2</p> <p>EN ISO 13857: und Tabelle 2</p> <p>EN ISO 14120:</p>

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

In diesem Beispiel wurde der Betrieb einer Abfallzerkleinerungsmaschine untersucht. Die untersuchte Aufgabe ist „Abfälle einfüllen“ (von Hand). In den nächsten Spalten sind die dabei auftretenden Gefährdungen und eine etwas detailliertere Beschreibung der Gefährdungssituation aufgeführt, 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 Verletzung, die in der Situation unmittelbar 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 IEC 62061), wird der Konstrukteur auf jeden Fall auf die Suche nach einer Lösung gehen, um die Gefährdung zu beseitigen oder das Risiko zu mindern.

hine für Abfälle	Typ Schnipfel-Schnapfel 7	Erstellt mit <b>SAFETYTOOLBOX</b> (www.pgx.de)
	Nr. 4712-5	

Lösung	Richtlinien/Normen	Risikoeinschätzung EN 62061							
		S	F	W	P	K	R	SILcl	SIL
		Begründung							
Art der Lösung: trennende Schutzeinrichtung, mechanisch (IIa): An drei Seiten feststehende Schutzbleche (verschraubt), An der Befüllseite eine Pendelklappe mit Verriegelung, ohne Zuhaltung, da der Nachlauf nicht nennenswert ist. Siehe Bild 3	1.4.2.1 - Feststehende trennende Schutzeinrichtungen 1.4.2.2 - Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen mit Verriegelung EN ISO 12100: 2010: 6.3.2.2 EN ISO 13857: 2019: 4.2.2 und Tabelle 2 EN ISO 14120: 2015	S4	F5	W2	P1	8	32	SIL 2	
		S: Schwere irreversible Verletzung, Verlust von Körperteilen F: Beschickung häufig (mehrfach in der Stunde) W: Es ist unwahrscheinlich, dass jemand absichtlich versucht in das Schneidwerk zu greifen P: Die Gefahr ist bekannt, der Bediener löst die Bewegungen mit dem Starttaster bewusst aus							

Ausschnitt aus einer Beispiel-Risikobeurteilung: Risikoeinschätzung nach EN IEC 62061

Im vorliegenden Beispiel enthält die Risikoeinschätzung vier Elemente (EN IEC 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 akzeptiert oder toleriert 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

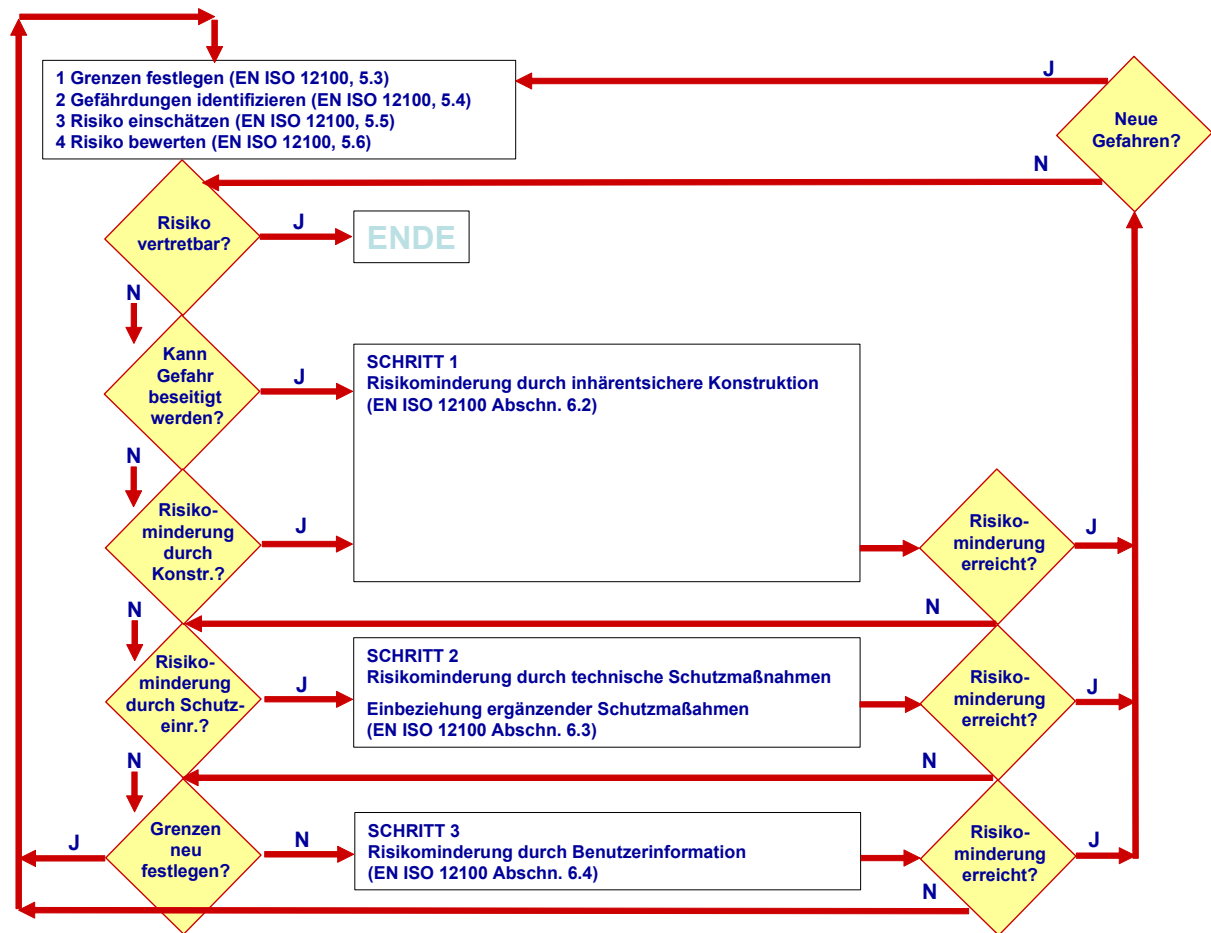
Schwere Verletzungen sind immer ein Grund eine Risikominderung zu versuchen. Allerdings müssen Konstrukteure versuchen, *jedes* Risiko so weit zu mindern, bis das Niveau erreicht ist, dass in EU-Richtlinien und Normen zugelassen wird. Daher gehört zum Schritt 4 eine Normenrecherche, bei der meist externe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

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 hingegen 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 EN IEC-Normen geregelt (ISO oder IEC außerhalb Europas).

### 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 das Risiko zu mindern. Dazu kann gehören, die Verletzungsschwere oder die Wahrscheinlichkeit des Eintretens möglicher Unfälle zu reduzieren. Die Maschinenrichtlinie und internationale Normen geben zur Lösungsfindung drei Schritte vor (in dieser Reihenfolge abzuarbeiten):

- Gefährdung beseitigen, d. h. die Konstruktion so ändern, dass die Gefährdungsquelle verschwindet (z. B. Entgraten von scharfkantigen Blechteilen) oder die Person aus der Gefährdungssituation entfernen (durch Automatisierung)
- 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, was zu langwierigen Diskussionen führt

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. Es stellt sich nur noch die Frage, ob sie auch möglich ist.
2. Die geforderte Zuverlässigkeit steuerungstechnischer Schutzmaßnahmen ermitteln (ausgedrückt als geforderter PL oder SIL). Dies ist nur erforderlich, wenn zur Risikominderung in einer bestimmten Situation 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 dann abgeschlossen, wenn in jedem Fall das eingeschätzte Risiko sinke. Doch es gibt keine Anhaltspunkte für diese Annahme in der Maschinenrichtlinie oder den Normen (EN ISO 12100, EN ISO 13849-1 oder EN IEC 62061). Entscheidend ist vielmehr, Schutzmaßnahmen zu treffen, die die Anforderungen der Maschinenrichtlinie und/oder der Sicherheitsnormen umsetzen. Dazu sind Vorher-/Nachher-Risikovergleiche in den meisten Fällen wertlos. Die Zeit, die dafür eingesetzt wird, wäre oft besser in Normenrecherche und die Diskussion von Schutzmaßnahmen und Bedienkonzepten investiert. Wenn man sog. Vorher-/Nachher-Risikoeinschätzungen überhaupt durchführt, dann unbedingt mit einer Methode, die sehr fein abgestufte Kriterien anbietet, z. B. die Methode in Anhang A von EN IEC 62061 oder Anhang F in der US-Norm ANSI B11.0 (2023).

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 IEC 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

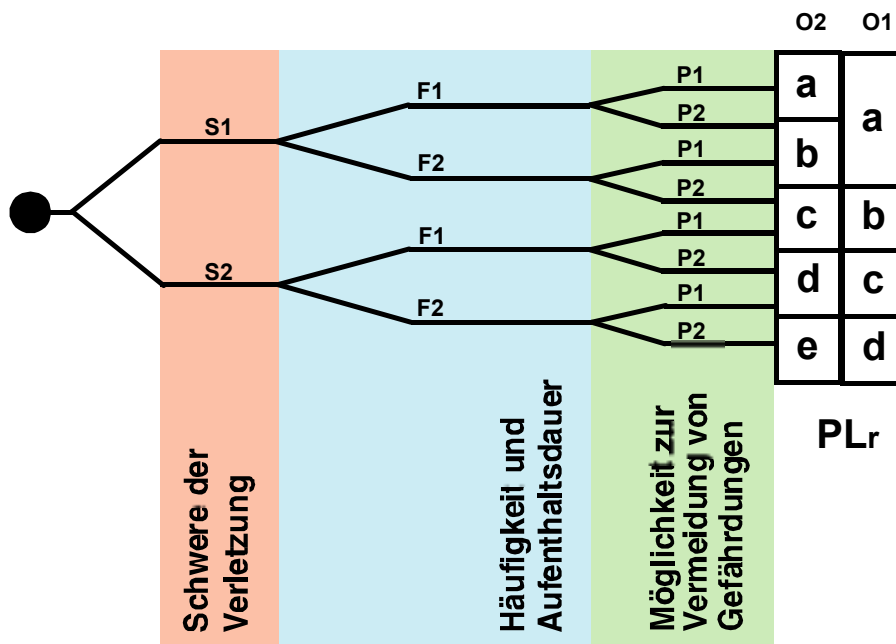
Dies ist die bekannteste, gleichzeitig aber auch die problematischste Methode. Da sie nur mit drei Risikoelementen und einer sehr groben Abgrenzung der Kriterien arbeitet, sind ihre Ergebnisse recht eindimensional. Die Wahrscheinlichkeit kann nach der Fassung von 2023 mit eingeschätzt werden. Es gibt dazu jedoch keinen eigenen Parameter in der Norm. In diesem Guide wird zur Verdeutlichung das Risikoelement „O“ für „occurrence“ = Eintretenswahrscheinlichkeit verwendet. Der  $PL_r$  darf um eine Stufe reduziert werden, wenn die Eintretenswahrscheinlichkeit als gering eingeschätzt werden kann. Die Methode ist gerade eben gut genug für das, wofür sie geschaffen wurde: den geforderten Performance Level ( $PL_r$ ) einer Sicherheitsfunktion zu ermitteln. Für Risikovergleiche eignet sie sich nicht.

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 EN IEC 62061 hat ebenfalls Konformitätsvermutungswirkung und damit ist deren Risikoeinschätzungsmethode mindestens gleichwertig.

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 schwerfällt Grenzen 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 nach EN ISO 3864-2 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 = Eintretenswahrscheinlichkeit

### 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 > 4/Stunde nach EN ISO 13849-1 und gesamte Expositionsdauer > 1/20 der Betriebszeit)

Möglichkeit zur Vermeidung/des Ausweichens P:

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

Entscheidend für die Einschätzung sind folgende Kriterien:

- Geschwindigkeit, mit der die Gefährdungssituation auftritt (z. B. schnell oder langsam);
- Möglichkeiten, um sich der Gefährdungssituation zu entziehen (z. B. Vermeidung durch Entkommen);
- praktische Erfahrungen mit der Sicherheit in Bezug zum Prozess;
- Betrieb durch geschulte und geeignete Bedienpersonen;
- Betrieb mit oder ohne Beaufsichtigung.

Wenn ein Gefährdungsereignis eintritt, sollte P1 nur dann ausgewählt werden, wenn eine realistische Möglichkeit besteht, dass ein Schaden vermieden oder deutlich verringert werden kann. Anderenfalls sollte P2 gewählt werden. Zur Unterstützung der Einschätzung

enthält die Fassung von 2023 eine zusätzliche Tabelle. Mit deren Anwendung liegen noch keine Erfahrungen vor, daher raten wir davon ab sie zu verwenden.

Wahrscheinlichkeit des Eintretens O:

- O1 = Wahrscheinlichkeit gering (gut begründet, z. B. durch statistische Belege oder die Unfallgeschichte)
- O2 = Wahrscheinlichkeit hoch oder nicht einschätzbar

## 4.2 Risikoeinschätzung nach EN IEC 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 IEC 62061 hat ebenso wie EN ISO 13849-1 Konformitätsvermutungswirkung unter der EG-Maschinenrichtlinie, sogar schon seit 2005. Die Methode ist daher völlig gleichberechtigt mit EN ISO 13849-1. In der Fassung von 2021 ist eine direkte Zuordnung von SIL und PL enthalten.

### Risikotabelle

Schwere der Verletzung <b>S</b>	Klasse K (F+W+P)								
	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5-7</b>	<b>8</b>	<b>9-10</b>	<b>11</b>	<b>12-13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
4	SIL 1	SIL 1	SIL 2	SIL 2	SIL 2	SIL 3	SIL 3	SIL 3	SIL 3
	PL <sub>r</sub> b	PL <sub>r</sub> c	PL <sub>r</sub> d	PL <sub>r</sub> d	PL <sub>r</sub> d	PL <sub>r</sub> e	PL <sub>r</sub> e	PL <sub>r</sub> e	PL <sub>r</sub> e
3	0		AM	SIL 1	SIL 1	SIL 2	SIL 2	SIL3	SIL 3
			PL <sub>r</sub> a	PL <sub>r</sub> b	PL <sub>r</sub> c	PL <sub>r</sub> d	PL <sub>r</sub> d	PL <sub>r</sub> d	PL <sub>r</sub> e
2	0			AM	AM	SIL 1	SIL 1	SIL 2	SIL 2
				PL <sub>r</sub> a	PL <sub>r</sub> a	PL <sub>r</sub> b	PL <sub>r</sub> c	PL <sub>r</sub> d	PL <sub>r</sub> d
1	0				AM		AM	SIL 1	SIL 1
					PL <sub>r</sub> a	PL <sub>r</sub> a	PL <sub>r</sub> b	PL <sub>r</sub> c	

AM = andere Maßnahmen empfohlen, d. h. es gelten keine Anforderungen an die Zuverlässigkeit nach EN IEC 62061.

0 = kein SIL oder PL gefordert

\*PL b entspricht nicht SIL 1 wenn nur Steuerungskategorie B nach EN ISO 13849-1 vorliegt

### 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

Wir empfehlen EN IEC 62061, weil:

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

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

Aufenthaltsdauer ≥ 10 Min.	Aufenthaltsdauer < 10 Min.	Häufigkeit
2	1	< 1 pro Jahr
3	2	< 1 pro 2 Wochen bis ≥ 1 pro Jahr
4	3	< 1 pro Tag bis ≥ 1 pro 2 Wochen
5	4	< 1 pro Stunde bis ≥ 1 pro Tag
5	5	≥ 1 pro Stunde

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. durch 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 der Einschätzung dieser Fragen nimmt man den Mittelwert.

Möglichkeit der Vermeidung der Gefährdung oder des Ausweichens P:

1	wahrscheinlich
3	selten
5	unmöglich

Drei Fragen sollten zum P-Faktor gestellt werden:

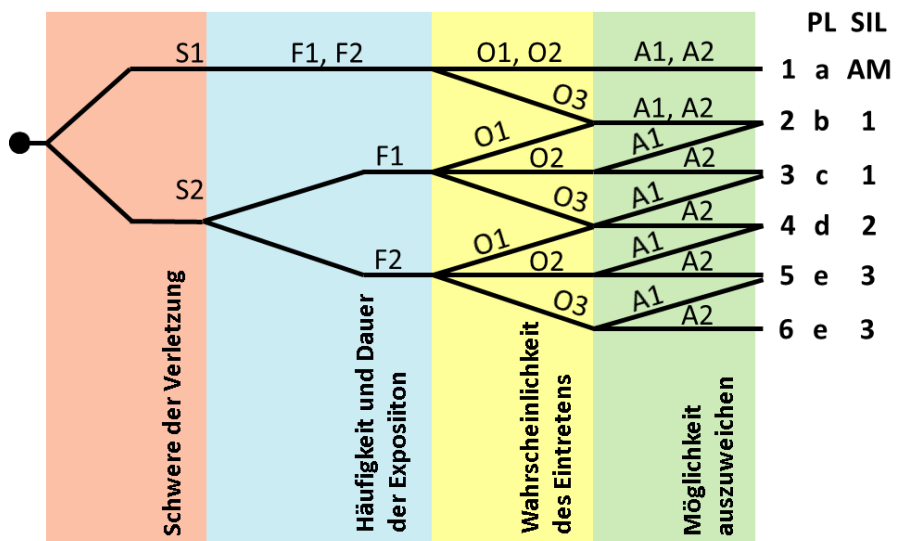
- Ist die Gefahr erkennbar/aufgrund Ausbildung bekannt?
- Kann man noch ausweichen/reagieren, aufgrund der Geschwindigkeit?
- Hat die Person einen Einfluss auf die Gefährdungsauslösung (z. B. durch bewussten Start mit einem Bedienelement)?

### 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 ISO-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; die verletzte Person ist 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.; die verletzte Person ist 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 das Ereignis nicht eintritt
- 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 250 mm/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 zu reagieren. 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 (vom Autor hinzugefügt).

## 5 Was wir für Sie tun können

Axelent bietet zusammen mit seinen Partnern zur Risikobeurteilung folgende Produkte und Dienstleistungen:

- Buch „Risikobeurteilung / Gefahrenanalyse für Maschinen und Anlagen“, Matthias Schulz, 2023, [www.gft-verlag.de](http://www.gft-verlag.de)
- Software zur Risikobeurteilung SafetyToolBox von [pgx software solutions gmbh](http://pgxsoftware.com), [www.pgx.de](http://www.pgx.de). Alle Beispiele in dieser Broschüre wurden mit der SafetyToolBox 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 von Axelents Internetseiten herunterladen. Das Beispiel wurde erstellt mit der [pgx SafetyToolBox](http://pgxsoftware.com).