

SMART
SENSOR
BUSINESS

RISIKO- BEURTEILUNG

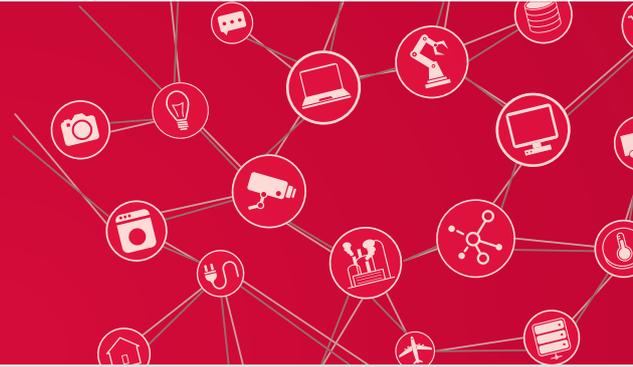


White Paper



White Paper

RISIKO- BEURTEILUNG IN HARMONY



Die europäische Maschinenrichtlinie sowie deren nationale Umsetzungen (in Deutschland ProdSG und 9. ProdSV) fordern vom Hersteller von Maschinen als Teil des Konstruktionsprozesses die Durchführung einer Risikobeurteilung. Ggf. erst nach hinreichenden Maßnahmen zur Risikominderung dürfen nur sichere Maschinen in Europa in Verkehr gebracht werden. Betreiber von Maschinenanlagen werden durch die deutsche Betriebssicherheitsverordnung dazu verpflichtet, eine regelmäßig zu wiederholende Gefährdungsbeurteilung durchzuführen. Ziel ist es, ggf. durch Nachrüsten von Sicherheitstechnik, das Bedien- und Instandhaltungs-Personal von Produktionsanlagen nach dem jeweiligen Stand der Technik zu schützen.

Sowohl die Risikobeurteilung als auch die Gefährdungsbeurteilung beinhalten als wesentliche Schritte

■ eine **Gefährdungsanalyse:**

Auflistung aller relevanten Gefährdungen, also potenzieller Möglichkeiten der Schädigung von Personen, in jeder Lebens- und Betriebsphase der Maschine(n) wie etwa Automatikbetrieb, Kalibrieren, Reinigen, Reparieren etc.

■ eine **Risikoeinschätzung:**

Abschätzen des Risikograds einzeln für jede Gefährdung. Das ist die Kombination aus Schwere einer möglichen Personenschädigung und Wahrscheinlichkeit des Eintretens dieser Schädigung, die z. B. als erforderlicher Safety Performance Level PL_r oder erforderlicher Safety Integrity Level SIL_{CL} für steuerungstechnische Maßnahmen ausgedrückt werden kann.

Die Grundnorm ISO12100:2010 beschreibt das iterative Vorgehen zur Minderung von Risiken. Sie schreibt auch die Reihenfolge der Maßnahmen zur Minimierung der Risiken folgendermaßen vor:

1. Konstruktive Maßnahmen:

Zunächst sind alle Möglichkeiten zur Änderung der Konstruktion einer Maschinen oder des Prozessablaufs auszuschöpfen, um Risiken gar nicht erst entstehen zu lassen.

2. Technische Maßnahmen:

Erst wenn alle Möglichkeiten der Veränderung der Konstruktion oder des Produktionsflusses ausge-

schöpft sind, kommen technische Maßnahmen zum Einsatz. Neben konstruktiv-technischen Maßnahmen wie Schutzzäune, Klappen, Hauben etc., können das auch steuerungstechnische Maßnahmen wie der Einsatz optischer Schutzeinrichtungen sein.

3. Organisatorische Maßnahmen:

Bleiben auch nach dem erschöpfenden Einsatz von Schutzeinrichtungen noch Restrisiken oder gibt es am Markt keine geeignete Sicherheitstechnik, müssen Warnhinweise und ggf. Markierungen an der Maschine angebracht werden. Hersteller müssen in ihren Unterlagen zur Maschine auf diese Risiken aufmerksam machen und können damit die Betreiber der Maschine zur Anwendung personenbezogener Maßnahmen verpflichten.

4. Personengebundene Maßnahmen:

Sind durch Betreiber von Maschinen umzusetzen und umfassen z. B. Gehörschutz, Schutzhelm, Schutzbrille, Handschuhe etc.

Für jede Gefährdung muss das Risiko jeweils vor und nach Maßnahmen eingeschätzt und dokumentiert werden, um die Wirksamkeit der gewählten Maßnahmen nachzuweisen. Dabei genügt es nicht, die Erfüllung der Anforderungen an die o. a. PL_r bzw. SIL_{CL} von steuerungstechnischen Maßnahmen mit geeigneten Tools (z. B. SISTEMA) nachzuweisen, denn konstruktiv-technische, organisatorische und personengebundene Maßnahmen haben keinen PL oder SIL .

In der Regel müssen verschiedene Verfahren zur Bewertung des Risikos von Gefährdungen und zur Ermittlung der erforderlichen steuerungstechnischen Kennwerte angewandt werden. Keines dieser Verfahren ist dabei durch die Maschinenrichtlinie, die Betriebssicherheitsverordnung oder durch eine Norm vorgeschrieben – sowohl bei der Auswahl des Verfahrens als auch bei der Einschätzung der jeweiligen Risikoparameter hat der Anwender die Qual der Wahl – und das macht es nicht einfacher.

Das Risiko einer Gefährdung kann aus folgenden Risikoparametern ermittelt werden, deren Kombination den Risikograd bestimmt:

- **S (Severity):**
Schadensausmaß bei Eintritt einer Schädigung
- **F (Frequency) oder E (Exposition):**
Häufigkeit und Dauer der Anwesenheit von Personen
- **O (Occurrence):**
Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Gefährdung
- **P (Probability) oder A (Avoidance):**
Möglichkeit der Vermeidung oder Minderung einer Schädigung

Mögliche Verfahren zur Risikoeinschätzung sind neben einfachen tabellarischen Verfahren wie etwa das Verfahren nach Nohl u. a.:

- das graphische Verfahren nach ISO 13849-1, Anhang A,
- das rechnerische Verfahren nach IEC 62061, Anhang A,
- und weniger bekannt, das rechnerische Verfahren HRN (Hazard Rating Numbers),

die nachfolgend kurz vorgestellt werden.

ISO 13849-1

Abb. 1 zeigt den aus ISO 13849-1:2015 Anhang A ableitbaren Risikographen. Als Ergebnis wird jeweils pro Sicherheitsfunktion der erforderliche Safety Performance Level PL_r für steuerungstechnische Maßnahmen ermittelt. Der Ansatz erscheint zunächst übersichtlich und einfach. In der Praxis zeigt sich jedoch, dass wenig geübte Personen mangels konkreter Wertebereichsvorgaben für die Risikoparameter Probleme mit der Auswahl zwischen 2 Werten haben und sicherheitshalber zu den höheren Werte x2 tendieren – das kann die Sicherheitstechnik teurer als nötig machen.

Die Bewertung anderer als steuerungstechnischer Maßnahmen ist hier nicht vorgesehen, ebenso wenig wie der Nachweis eines nach Maßnahmen hinreichend geminderten Risikos zur Beendigung des iterativen Verfahrens nach ISO 12100 – als Ergebnis kommt immer ein PL_r heraus; d. h. es ist noch etwas zu tun.

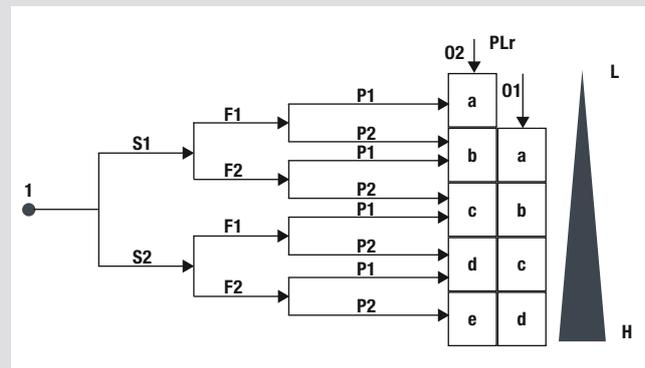


Abb. 1.: Risikograph nach ISO 13849-1, Anhang A

IEC 62061

Im Anhang A dieser Norm wird ein rechnerisches Verfahren empfohlen, deren Risikoparameter in Abb. 2 aufgelistet sind. Statt aus nur zwei möglichen Werten auswählen zu müssen, wie im graphischen Verfahren nach ISO 13849-1, stehen hier bis zu fünf Werte pro Parameter zur Verfügung. Vorteilhaft ist auch die Vorgabe konkreter Werte für den Parameter „Häufigkeit“.

F – Häufigkeit der Gefährdungs-Exposition (Dauer > 10 min)	
≥ 1 pro h	5
< 1 pro h bis ≥ 1 pro Tag	5
< 1 pro Tag bis ≥ 1 pro 2 Wochen	4
< 1 pro 2 Wochen bis ≥ 1 pro Jahr	3
< 1 pro Jahr	2

P – Möglichkeit der Vermeidung	
Unmöglich	5
Selten	3
Wahrscheinlich	1

O – Wahrscheinlichkeit dass die Gefährdung eintritt	
Sehr hoch	5
Wahrscheinlich	4
Möglich	3
Selten	2
Vernachlässigbar	1

Abb. 2.: Risikoparameter nach IEC 62061, Anhang A



Aus der Addition der einzelnen Risikoparameter ergibt sich zunächst die Risikoklasse K

$$K = F + P + O$$

Zusammen mit der Schwere (S) der möglichen Schädigung wird wie in Abb. 3 gezeigt der erforderliche SIL_{CL} einer Sicherheitsfunktion ermittelt.

S – Schadensausmaß, Schwere der möglichen Verletzung	
Irreversibel: Tod oder Verlust eines Auges oder Arms	4
Irreversibel: Gebrochene Gliedmaßen, Verlust von Fingern	3
Reversibel: Medizinische Behandlung erforderlich	2
Reversible: Erste Hilfe erforderlich	1

Schwere (S)	Klasse (K)				
	4	5–7	8–10	11–13	14–15
4	SIL 2	SIL 2	SIL 2	SIL 3	SIL 3
3		(AM)	SIL 1	SIL 2	SIL 3
2			(AM)	SIL 1	SIL 2
1				(AM)	SIL 1

Abb. 3.: Risikograd als SIL_{CL} aus Risikoklasse K und Schadensausmaß S nach IEC 62061

Auch mit diesem Verfahren kann der Prozess der Risikominderung rechnerisch nachweisbar nicht in jedem Fall beendet werden. Andere als steuerungs-technische Maßnahmen werden nicht betrachtet.

HAZARD RATING NUMBERS (HRN)

Im rechnerischen HRN-Verfahren werden vergleichsweise viele Bewertungen pro Parameter vorgegeben. Zum Teil werden auch Wertebereiche für die einzelnen Parameter angegeben – der Wert kann also vom Anwender leicht variiert werden. Der Parameter P bzw. A für die Möglichkeit der Schadensvermeidung ist nicht vorgesehen. Stattdessen können Auswirkungen auf mehr als eine Person über den Parameter N berücksichtigt werden. Das ist im Bereich Maschinensicherheit mit der stillschweigenden Annahme von 1 oder max. 2 geschädigten Personen meist nicht nötig, kann in der Prozess- oder Verkehrssicherheitstechnik aber wirksam verwendet werden kann. F bewertet nur die Häufigkeit, nicht aber die Dauer der Gefährdungs-Exposition.

S – Schadensausmaß, Schwere der möglichen Verletzung	
Schramme / Druckstelle / Prellung/ Bluterguss (Erste-Hilfe-Fall)	0,1
(Schnitt)wunde, leichte Verletzung (Durchgangsarztfall)	0,5
Leichter Bruch oder leichte Krankheit (reversibel)	1 ... 2
Schwerer Bruch oder schwere Krankheit (reversibel)	2 ... 4
Verlust von 1 Gliedmaß, Auge (irreversibel)	4 ... 6
Verlust von 2 Gliedmaßen, Augen (irreversibel)	8 ... 10
Tod	15

N – Anzahl gleichzeitig gefährdeter Personen	
1 – 2 Personen	1
3 – 7 Personen	2
8 – 15 Personen	4
16 – 50 Personen	8
> 50 Personen	12

F – Häufigkeit der Gefährdungs-Exposition	
Jährlich	0,2 ... 0,5
Monatlich	1
Wöchentlich	1,5
Täglich	2,5
Stündlich	4
Permanent	5

O – Wahrscheinlichkeit dass die Gefährdung eintritt	
Nahezu unmöglich – möglich unter extremen Umständen	0,05 ... 0,1
Sehr unwahrscheinlich – obwohl vorstellbar	0,5 ... 1
Unwahrscheinlich – kann jedoch eintreten	1 ... 1,5
Möglich – jedoch ungewöhnlich	2
Vielleicht – kann passieren	5
Wahrscheinlich – nicht überraschend	8
Sehr wahrscheinlich – ist zu erwarten	10
Sicher – kein Zweifel	15

Abb. 4.: Risikoparameter des HRN-Verfahrens



Der Risikograd R einer Gefährdung wird nun durch Multiplikation der Risikoparameter ermittelt und anschließend bewertet.

$$R = S \times N \times F \times O$$

Bewertung	Risikograd R
Risiko vernachlässigbar	0–5
Risiko gering – jedoch vorhanden	6–50
Risiko hoch	51–500
Risiko inakzeptabel	> 500

Abb. 5.: Risikoeinschätzung nach HRN

Ein großer Vorteil der Multiplikation ist, dass der Risikograd auch dann klein wird, wenn nur einer der unabhängigen Risikoparameter sehr klein wird. Das ist insbesondere für die Risikoeinschätzung nach Maßnahme(n) nützlich, wenn durch die Maßnahme(n) nur einer der Parameter, z. B. die Wahrscheinlichkeit des Eintritts einer Gefährdung, stark reduziert wird. Für die Bewertung steuerungstechnischer Maßnahmen fehlt im HRN-Verfahren allerdings die Ableitung eines PL_r bzw. SIL_{CL} aus dem Risikograd. Darüber hinaus kann nicht jeder Risikoparameter als vernachlässigbar und damit mit quasi Null bewertet werden, um das Restrisiko nach Maßnahmen als hinreichend klein bewerten zu können.

Genau das war Anlass für die Weiterentwicklung dieses Verfahrens zu „HaRMONY“, das nun vorgestellt wird.

HARMONY

Die Weiterentwicklung der gezeigten Verfahren zur Risikoeinschätzung für die Nutzbarkeit während des gesamten Iterationsprozesses der Risikominimierung nach ISO 12100:2010 ist der Anspruch des nachfolgend erläuterten Verfahrens HaRMONY (**H**azard Rating for **M**achinery and **p**rocess **i**ndustr**Y**). Es basiert auf dem rechnerischen Ansatz des HRN-Verfahrens, enthält aber folgende Ergänzungen:

- Einbeziehen der Risikoparameter A (Avoidance) und N (Number)
- Bewertung von Häufigkeit und Dauer der Gefährdungs-Exposition
- Ergänzen eines Wertes (0,01) für die Bewertung von Parametern nach Maßnahme(n)
- Definieren von Anforderungen an steuerungstechnische Sicherheitsfunktionen: PL_r und SIL_{CL}
- Anpassung der Risikobewertung und der Wertebereiche der Risikoparameter an die Parameter der Normen ISO 13849-1 und IEC 62061

HaRMONY verwendet die folgenden Risikoparameter:

S (Severity) – Schadensausmaß, Schwere der möglichen Verletzung

Beschreibung	Bewertung
Tod	20
Verlust von 2 Gliedmaßen, Augen (irreversibel)	15
Verlust von 1 Gliedmaß, Auge (irreversibel)	11
Schwerer Bruch oder schwere Krankheit (reversibel)	8
Leichter Bruch oder leichte Krankheit (reversibel)	2
(Schnitt-)wunde, leichte Verletzung (Durchgangs-Arzt)	0,5
Schramme / Druckstelle / Prellung / Bluterguss (Erste Hilfe)	0,1
Normalerweise keine Schädigung nach geeigneten Maßnahmen	0,01

Die Bewertung 0,01 kann zur Beendigung des Risikominderungsprozesses nach ISO 12100 verwendet werden, beispielweise wenn durch geeignete Maßnahmen eine gefährliche Bewegung rechtzeitig zum Stillstand kommt und deshalb keine Schädigung mehr auftreten kann.

E (Exposition) – Häufigkeit und Dauer der Gefährdungs-Exposition

Beschreibung	Bewertung	Grenzen bei
Permanent	20	–
Stündlich	0,5 / 5 / 8 / 12	2 Sek. / 3 / 15 Min.
Täglich	0,1 / 1,5 / 5 / 8	2 Sek. / 10 / 40 Min.
Wöchentlich	0,05 / 0,8 / 2,0 / 4,0	2 Sek. / 1 / 4 Std.
Monatlich	0,03 / 0,3 / 1,0 / 1,5	2 Sek. / 2 / 8 Std.
Jährlich	0,02 / 0,1 / 0,3 / 0,5	2 Sek. / 1 / 3 Tage
Normalerweise kein Aussetzen einer Gefährdung nach geeigneten Maßnahmen	0,01	

Der Parameter E erfasst neben der Häufigkeit des Aufenthalts von Personen im Gefahrenbereich auch deren Aufenthaltsdauer. Die in der obigen Tabelle angegebenen 3 Grenzwerte unterteilen die Dauer in der zugehörigen Zeile in 4 Bereiche – sie repräsentieren die Schrägstriche in der Spalte „Bewertung“. So wird etwa für den stündlich wiederkehrenden Aufenthalt zwischen 3 und



15 Minuten der Wert 8 benutzt, für eine deutlich längere Dauer der Wert 12. Es steht dem Benutzer prinzipiell frei, von den Bewertungen im Rahmen des Zeitbereichs etwas abzuweichen. So könnte ein stündlich wiederkehrender Aufenthalt von 20 Minuten Dauer auch mit 9 bewertet werden.

Die Werte auf der linken Seite (0,02 ... 0,5) sind ausschließlich für **leicht vermeidbare** Gefährdungen an Bestandsanlagen in Verbindung mit suboptimalen Schutzeinrichtungen vorgesehen, in deren Nähe sich normalerweise kein Arbeitsplatz befindet. So könnte z. B. das Quetschen und Scheren der oberen Gliedmaßen an Rollenbahnen durch eine nachträglich installierte optische Schutzeinrichtung als Zugangsicherung weitgehend verhindert werden, auch wenn aufgrund der baulichen Gegebenheiten der normativ vorgeschriebene Mindestabstand nicht eingehalten werden kann → die Expositionsdauer verkürzt sich ja durch diese Maßnahme von „permanent“ auf „wenige (Milli-)Sekunden“. Diese Werte dürfen bei nicht vermeidbaren Gefährdungen, etwa durch Bewegungen an Pressen oder Robotern, **nicht verwendet** werden.

Die Bewertung 0,01 kann den Risikominderungsprozess nach ISO 12100 beenden, wenn das Erreichen einer Gefahrstelle wirksam verhindert wird – beispielsweise durch einen Schutzzaun, der eine Gefährdungs-Exposition nicht mehr zulässt.

O (Occurrence) – Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Gefährdung

Beschreibung	Bewertung
Sicher – kein Zweifel (>99 %)	15
Sehr wahrscheinlich – ist zu erwarten (90 % ... 99 %)	10
Wahrscheinlich – nicht überraschend (70 % ... 90 %)	8
Vielleicht – kann passieren (30 % ... 70 %)	5
Möglich – jedoch ungewöhnlich (10 % ... 30 %)	2
Unwahrscheinlich – kann jedoch eintreten (2 % ... 10 %)	1,5
Sehr unwahrscheinlich – obwohl vorstellbar (0,1 % ... 2 %)	1
Normalerweise unmöglich nach geeigneten Maßnahmen	0,01

Die Abschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit von Gefährdungen nach textueller Beschreibung ist manchmal schwierig. Deshalb werden ergänzende Prozentwerte angegeben, die sich z. B. auf den Zeitanteil beziehen können, in dem mit der Gefährdung gerechnet werden muss. Im Bereich Maschinensicherheit kann bei mechanischen und elektrischen Gefährdungen oft von den Extremwerten ausgegangen werden – also tritt „sicher“ oder „sehr wahrscheinlich“ auf oder „normalerweise unmöglich“ nach Maßnahmen. Die Bewertung 0,01 kann z. B. dann vergeben werden, wenn die betrachtete Gefährdung durch konstruktive Maßnahmen oder Änderungen im Prozessablauf nicht mehr auftritt.

A (Avoidance) – Möglichkeit der Gefährdung auszuweichen oder deren Wirkung zu begrenzen

Beschreibung	Bewertung
Vermeiden unmöglich	5
Vermeiden möglich	3
Vermeiden wahrscheinlich, leicht möglich	1
Normalerweise keine Schädigung bei Kenntnis der Gefährdung und Handeln nach Anweisung oder Belehrung (organisatorisch)	0,1

Die Bewertung 1 kann z. B. dann verwendet werden, wenn eine Bewegung mit sicher reduzierter Geschwindigkeit oder im Schrittbetrieb mit Zustimmung gesteuert werden kann. Die Rate 0,1 ermöglicht es, den Einfluss organisatorischer Maßnahmen zu bewerten. Da eine organisatorische und damit willensabhängige Maßnahme nicht gleichwertig mit einer unabhängig vom Willen wirksamen Schutzeinrichtung ist, wird hier nur eine Bewertung von 0,1 statt 0,01 wie unter S, E und O verwendet. Zu beachten ist, dass organisatorische Maßnahmen erst nach erschöpfender Anwendung von konstruktiven und technischen Schutzmaßnahmen eingesetzt und mit 0,1 bewertet werden dürfen. Die Aussage „Die Mitarbeiter wurden belehrt und deshalb ist keine Sicherheitstechnik nötig“ steht im Widerspruch zur Herangehensweise der ISO 12100!



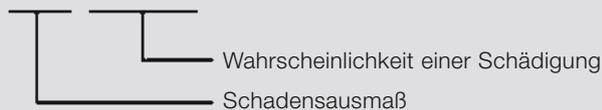
N (Number) – Anzahl **gleichzeitig** betroffener Personen

Beschreibung	Bewertung
50+ Personen	12
16–50 Personen	8
8–15 Personen	4
3–7 Personen	2
1–2 Personen	1
keine Person	0

N ist in der Maschinensicherheit meist 1. In der Prozesssicherheit und der Verkehrssicherheit können auch mehrere bis viele Menschen von einer Gefährdung betroffen sein – z. B. bei Explosionsgefahr oder einem Zugunglück. Dementsprechend höher ist das Risiko und dementsprechend hochwertiger müssen sicherheitstechnische Maßnahmen ausgelegt werden. Die Bewertung 0 kann beispielweise dann vergeben werden, wenn durch Änderungen des Produktionsprozesses (Maßnahme) keine Bedienperson mehr benötigt wird und damit niemand mehr von der betrachteten Gefährdung geschädigt werden kann. Das drückt sich aber gleichzeitig in den Parametern S und E aus.

Der Risikograd R errechnet sich schließlich durch Multiplikation der Risikoparameter:

$$R = S \times N \times E \times O \times A$$



Einfacher zu merken ist vielleicht die Reihenfolge

$$R = E \times A \times S \times O \times N$$

weil sich das Wort „reason“ (engl. für Grund, Begründung, Ursache) ergibt.

Der Risikograd wird folgendermaßen bewertet:

Risikograd	Bewertung	ISO 13849-1	IEC 62061 /61508
0–11	vernachlässigbar (remote)	---	---
11–60	gering (small)	PL b	SIL 1
60–400	erhöht (increased)	PL c	SIL 1
400–1.000	hoch (high)	PL d	SIL 2
> 1.000	extrem (extreme)	PL e	SIL 3
>30.000	katastrophal (catastrophic)	---	SIL 4

Anforderungen an steuerungstechnische Maßnahmen sind ebenso enthalten wie der numerische Risikograd zur Bewertung von nicht-steuerungstechnischen Maßnahmen. Safety Performance Level PL a nach ISO 13849-1 hat keine Entsprechung als SIL und wird von HaRMONY nicht verwendet. SIL 4 wird nicht durch IEC 62061, aber durch die Grundnorm IEC 61508 definiert. HaRMONY unterstützt somit die Risikoeinschätzung während des gesamten iterativen Prozesses der Risikominderung nach ISO 12100, sowohl vor als auch nach Maßnahmen. Das soll an einem Beispiel demonstriert werden.



An einer Gesenkbiegepresse (ugs. Abkantpresse) besteht bei ungeschütztem Arbeiten die Gefahr des Abtrennens von mehreren Fingern beim Aufsetzen des Oberwerkzeugs auf das Werkstück. Ohne bzw. vor Schutzmaßnahmen kann sich dadurch folgende Einschätzung des Risikos mit HaRMONY ergeben:

- S = 15; Severity: Verlust von 2 oder mehr Gliedmaßen
- E = 20; Exposition: Permanent, da der Bediener ständig an der Presse arbeitet
- O = 15; Occurrence: Gefährdung tritt sicher bei jeder Abwärtsbewegung auf



- A = 5; Avoidance: Ausweichen vor der Gefährdung ist unmöglich
- N = 1; Number: Einer, max. zwei Bediener arbeiten an der Presse

Daraus ergibt sich ein Risikograd vor Maßnahmen von

$R = 15 \times 20 \times 15 \times 5 \times 1 = 22.500 \rightarrow \text{PLr} = \text{PL e}, \text{SILCL} = \text{SIL3}$

Mögliche Schutzmaßnahmen sind:

- Lichtvorhang mit Ausblendung oder reduzierter Auflösung, falls größere Bleche gebogen werden,
- Spezielle Schutzsysteme für Gesenkbiegepressen wie z. B. AKAS von Fa. Fiessler oder Schutz-einrichtungen von Fa. LazerSafe,

die bei korrekter Anwendung die gefährliche Bewegung bei Unterbrechung des Schutzfelds rechtzeitig stoppen. Nach Anwendung einer dieser Maßnahmen ergeben sich folgende Risikoparameter:

- S = 0,01; Severity: Normalerweise keine Schädigung, Bewegung gestoppt
- E = 20; Exposition: Permanent, da der Bediener ständig an der Presse arbeitet
- O = 0,01; Occurence: Keine Gefährdung mehr – gestoppt
- A = 5; Avoidance: Vermeiden der potenziellen Gefährdung bleibt unmöglich
- N = 1; Number: Einer, max. zwei Bediener arbeiten an der Presse

Nach dieser wirksamen Maßnahme ergibt sich deshalb ein Risikograd von
 $R = 0,01 \times 20 \times 0,01 \times 5 \times 1 = 0,01 \rightarrow$ Risiko hinreichend gemindert

FAZIT:

Mit HaRMONY ist es möglich, den gesamten Prozess der Risikominderung nach ISO 12100 feinteilig zu quantifizieren. Vorteilhaft an diesem multiplikativen Verfahren ist, dass der Prozess über jeden der verwendeten Risikoparameter beendet werden kann.