

Sicherheit von Maschinen: Konstrukteure in der Pflicht?

Konstrukteure beeinflussen mit ihren täglichen Entscheidungen die Sicherheit von Maschinen und Anlagen maßgeblich. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die wichtigsten gesetzlichen Pflichten, die Konstrukteure im Produktentstehungsprozess mindestens erfüllen müssen. Darüber hinaus gibt der Fachbeitrag Antworten zur pragmatischen Lösungsfindung während der Konstruktionsprozesse und wie die Zusammenarbeit mit anderen Abteilungen und Personen optimal organisiert werden können.



Johannes Frick, MSc ETH: Fachreferent im Bereich Maschinenrichtlinie und Niederspannungsrichtlinie. Geschäftsführer der IBF-Solutions AG mit Sitz in Zürich.
 E-Mail: johannes.frick@ibf-solutions.ch HP: www.ibf-solutions.ch / www.ibf.at

Gesetzlich geforderte Risikobeurteilung

Eine der wichtigsten Tätigkeiten im sicherheitstechnischen Planungsprozess ist die gesetzeskonforme Durchführung und Dokumentation der *Risikobeurteilung*. Hinter diesem Begriff verbirgt sich ein gesetzlich vorgeschriebener Prozess, mit dem alle am Produktentstehungsprozess beteiligten Personen ermitteln müssen, welche Gefährdungen und Risiken von ihrer Maschine ausgehen und mit welchen Maßnahmen diese Gefährdungen ausgeschaltet werden können bzw. wie das Risiko von Unfällen vermindert werden kann. Die Maschinenrichtlinie beschreibt dafür in Anhang I ein pragmatisches Vorgehen (siehe Kasten). Besonders wichtig ist für Konstrukteure der letzte Punkt der Auflistung. Letztlich geht es bei jeder Produktentwicklung immer darum, *Gefährdungen auszuschalten* oder *Risiken hinreichend zu mindern*. Damit dies zweckmäßig erfolgen kann, müssen die vorgelagerten Aufzählungspunkte erfüllt werden:

- Grenzen der Maschine definieren,
- Gefährdungen ermitteln,
- Risiken einschätzen und auf Basis dieser Parameter
- „bewerten“, ob Maßnahmen zur Risikominderung erforderlich sind oder eben nicht.

2006/42/EG, Anhang I, Allg. Grundsätze:

*Der Hersteller einer Maschine (...) hat dafür zu sorgen, dass eine Risikobeurteilung vorgenommen wird (...) Die Maschine muss **dann** unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Risikobeurteilung konstruiert und gebaut werden.*

Bei den vorgenannten iterativen Verfahren der Risikobeurteilung und Risikominderung hat der Hersteller oder sein Bevollmächtigter:

- die Grenzen der Maschine zu bestimmen, was ihre bestimmungsgemäße Verwendung und jede vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung einschließt;
- die Gefährdungen, die von der Maschine ausgehen können, und die damit verbundenen Gefährdungssituationen zu ermitteln;
- die Risiken abzuschätzen unter Berücksichtigung der Schwere möglicher Verletzungen oder Gesundheitsschäden und der Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens;
- die Risiken zu bewerten, um zu ermitteln, ob eine Risikominderung gemäß dem Ziel dieser Richtlinie erforderlich ist;
- die **Gefährdungen auszuschalten** oder durch Anwendung von Schutzmaßnahmen die mit diesen Gefährdungen verbundenen **Risiken** in der in Nummer 1.1.2 Buchstabe b festgelegten Rangfolge zu **mindern**.

Risikobeurteilung parallel zur Konstruktion?

Sehr häufig werden Risikobeurteilungen jedoch erst durchgeführt, nachdem die Maschine bereits konstruiert oder sogar gebaut ist. Im ersten Absatz der allgemeinen Grundsätze der Maschinenrichtlinie

ist aber unmissverständlich festgelegt, dass die Risikobeurteilung vorher durchgeführt werden muss und die Maschine erst „dann unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Risikobeurteilung konstruiert und gebaut werden“ darf. Siehe Abbildung 1.

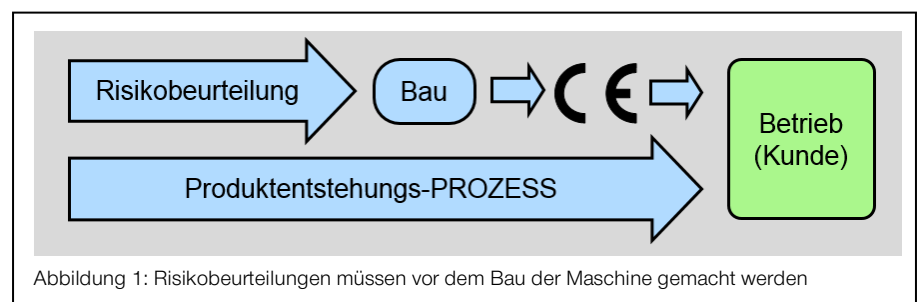


Abbildung 1: Risikobeurteilungen müssen vor dem Bau der Maschine gemacht werden

Achtung: Keine bloße Empfehlung!

Eine weitere für Konstrukteure besonders wichtige Passage in der Maschinenrichtlinie ist Abschnitt 1.1.5 b:

2006/42/EG, Anhang I, 1.1.5 b:
Bei der Wahl der angemessensten Lösungen muss der Hersteller oder sein Bevollmächtigter folgende Grundsätze anwenden, und zwar in der angegebenen Reihenfolge:

- Beseitigung oder Minimierung der Risiken so weit wie möglich (Integration der Sicherheit in Konstruktion und Bau der Maschine);
- Ergreifen der notwendigen Schutzmaßnahmen gegen Risiken, die sich nicht beseitigen lassen;
- Unterrichtung der Benutzer (...)

Hier wird dargestellt, dass die Auswahl der sicherheitstechnischen Lösungen in einer klar vorgegebenen Reihenfolge erfolgen muss!

Es wäre also nicht gesetzeskonform, wenn in der Betriebsanleitung auf eine Restgefährdung hingewiesen wird, wenn es mit wirtschaftlich vertretbaren Mitteln möglich wäre, die Gefährdung konstruktiv zu vermeiden. Die harmonisierte Europäische Norm EN ISO 12100 [1] fordert analog zu den Anforderungen der Maschinenrichtlinie ein 3-stufiges Konzept zur Risikominderung:

Stufe	Maschinenrichtlinie 2006/42/EG	EN ISO 12100
1	Integration der Sicherheit	Inhärent sichere Konstruktion
2	notwendige Schutzmaßnahmen	Technische Schutzmaßnahmen und ergänzende Schutzmaßnahmen
3	Unterrichtung der Benutzer	Benutzerinformation

Tabelle 1: Reihenfolge zur Auswahl sicherheitstechnischer Lösungen

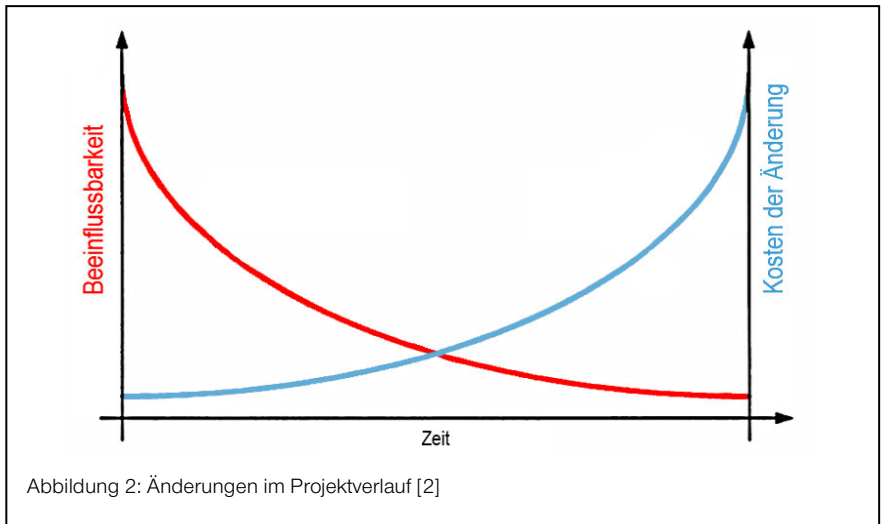
Für die Konstruktionspraxis ergibt sich aus diesen gesetzlichen und normativen Vorgaben eine einfache und logische Vorgehensweise: Risikobeurteilungen müssen in den Projekten frühzeitig beginnen. Nur so können die Ergebnisse der Risikobeurteilung zweckmäßig in die konstruktive Gestaltung der Maschinen oder Anlagen Einfluss nehmen. Ein Urteil des schweizerischen Bundesverwaltungsgerichts (siehe Kasten) zeigt, dass die Nichteinhaltung dieses 3-stufigen Verfahrens entscheidend für den Ausgang von Gerichtsverfahren sein kann.

Urteil (C-5864/2009)
Sachverhalt:
An einem Kreissägeautomaten kam es zu einer schweren Handverletzung, da nachlaufende Teile der Maschine nach dem Ausschalten erreichbar waren.
Der Hersteller der Maschine argumentierte, dass der Unfall nicht geschehen wäre, wenn sich der Bediener an die Angaben in der Betriebsanleitung gehalten hätte.
Das Gericht entschied jedoch, dass die Maschine nicht den Anforderungen der Maschinenrichtlinie entsprach. In der Urteilsbegründung wird ausgeführt:
„Demnach sind spezielle Warnhinweise in der Bedienungsanleitung oder Instruktionen der Benutzer als Sicherheitsvorkehrung nur dann hinreichend, wenn andere Schutzmassnahmen nicht möglich sind oder diese zu unverhältnismässigen Beeinträchtigungen bei der Benutzung der Maschine führen würden.“

Folgen von verspäteten Risikobeurteilungen

Verspätete Risikobeurteilungen können zu hohen Kosten für Re-Designs und Umbauten führen. Generell gilt: Je früher im Projektverlauf bekannt ist, welche Gefährdungen im Zusammenhang mit der Maschine oder Anlage auftreten, desto besser können Konstrukteure darauf reagieren und bestimmte Gefährdungen bereits durch die Konstruktion selbst ausschalten. Mit anderen Worten: Die Beeinflussbarkeit nimmt mit fortschreitendem Projektfortschritt ab. Gleichzeitig steigen der Aufwand und die Kosten für Änderungen, je weiter das Projekt fortgeschritten ist, siehe Abbildung 2.

Um spät im Projektverlauf entdeckte Gefährdungen dennoch auszuschalten, bzw. das Verletzungsrisiko zu reduzieren, wird teilweise auf teures Sicherheitsequipment (z.B. Lichtvorhänge o.ä.) zurückgegriffen, da dies verglichen mit Re-Designs eine günstigere Alternative darstellt. Aber Vorsicht: Der Sicherheitsmaßstab, mit dem die Maschine bewertet wird, orientiert sich immer am 3-stufigen Konzept. Hätte die Gefährdung also durch eine konstruktive Maßnahme (Stufe 1) beseitigt werden können, so sind auch Schutzmaßnahmen wie Lichtvorhänge (Stufe 2) keine adäquate Lösung.



Maßnahmen zur Risikominderung

Inhärent sichere Konstruktion (Stufe 1)

Doch wie genau muss ein Konstrukteur nun vorgehen? EN ISO 12100 nennt in Abschnitt 6.2 unterschiedlichste Aspekte und Lösungswege für eine inhärent sichere Konstruktion. Abschnitt 6.2.2 spricht beispielsweise von der *Berücksichtigung von geometrischen Faktoren und physikalischen Aspekten*:

EN ISO 12100, 6.2.2
 (Zusammenfassung)

Geometrische Faktoren

- Einsehbarkeit in Arbeits- und Gefahrenbereiche
- Gestaltung und Anordnung von Bauteilen (Vermeiden von Quetsch- und Scherstellen) durch die Wahl von Minimal- oder Maximalabständen
- Vermeidung scharfer Kanten und Ecken, ...
- ...

Physikalische Aspekte

- Begrenzung der Betätigungskraft
- Begrenzung der kinetischen Energie
- Begrenzung von Emissionen (z.B. Lärm, Schwingungen, Gefahrstoffe, Strahlung)
- ...

Neben diesen Aspekten beschäftigen sich Konstrukteure in ihrer täglichen Arbeit mit einer Vielzahl von weiteren Faktoren. Tabelle 2 zeigt, welche weiteren Anforderungen an die inhärent sichere Konstruktion durch EN ISO 12100 definiert werden.

Abschnitt	Inhalt
6.2	Inhärent sichere Konstruktion
6.2.1	Allgemeines
6.2.2	Berücksichtigung von geometrischen Faktoren und physikalischen Aspekten
6.2.3	Berücksichtigung des allgemeinen technischen Wissens

	zur Konstruktion von Maschinen <i>z.B. mechanische Beanspruchung (mechanische Festigkeit, etc.) oder Auswahl von Werkstoffen (Verschleiß, Entflammbarkeit, ...)</i>
6.2.4	Auswahl geeigneter Technologien <i>z.B. beim Einsatz von Maschinen in explosionsgefährdeten Atmosphären</i>
6.2.5	Anwenden des Prinzips der mechanisch zwangsläufigen Wirkung
6.2.6	Vorkehrungen für die Stand-sicherheit
6.2.7	Vorkehrungen für die Wartungsfreundlichkeit
6.2.8	Beachten ergonomischer Grundsätze
6.2.9	Elektrische Gefährdungen
6.2.10	Pneumatische und hydraulische Gefährdungen
6.2.11	Anwenden von Maßnahmen zur inhärent sicheren Konstruktion von Steuerungen
6.2.12	Minimieren des Ausfalls von Sicherheitsfunktionen
6.2.13	Begrenzen der Gefährdungsexposition durch Zuverlässigkeit der Ausrüstung
6.2.14	Begrenzen der Gefährdungsexposition durch Mechanisierung oder Automatisierung von Belade- (Beschickungs-) /Entlade-(Entnahme-)arbeiten
6.2.15	Begrenzen der Gefährdungsexposition durch Schaffung von Einricht- und Wartungsstellen außerhalb von Gefährdungsbereichen

Tabelle 2: Methoden zur inhärent sicheren Konstruktion nach EN ISO 12100

Unterstützung durch Normen

Bei der konkreten technischen Auslegung der oben definierten Methoden zur inhärent sicheren Konstruktion bieten einschlägige technische Normen hilfreiche Wissensquellen. Z.B. stellt sich für Bauteile, die eine Betätigungskraft auslösen, die Frage, bis zu welcher maximalen Kraft ein Vorgang als *inhärent sicher* betrachtet werden kann. Produktspezifische Normen (sogenannte C-Normen) enthalten häufig bereits konkrete Lösungsvorschläge oder



Praxis-Seminare

Wissensvermittlung seit über 20 Jahren nach zwei bewährten Grundsätzen:

- Maximale Information in minimaler Zeit
- Hilfe zur Selbsthilfe!

Seminare zu Risikobeurteilung und CE-Kennzeichnung

- **Konstruieren sicherer Maschinen – Risikobeurteilung in der Praxis**

Praxis pur! Ohne juristische Details!

- **Effiziente CE-Kennzeichnung und Risikobeurteilung von Maschinen und Anlagen**

Schritt für Schritt zu CE

- **CE perfekt organisieren – Der CE-Koordinator / CE-Beauftragte in der Praxis**

Prozesse optimal organisieren

Workshops in Ihrem Unternehmen

All unsere Seminare bieten wir auch als Inhouse-Workshops in Ihrem Unternehmen vor Ort an.

www.ibf.at/seminare

verweisen bezüglich der Auswahl von Parametern auf allgemeinere sicherheitstechnische Normen (B-Normen).

Bei der Auswahl von Normen muss der Konstrukteur prüfen, ob eine bestimmte Norm für seine Maschine bzw. seinen Anwendungszweck geeignet ist. Wenn beispielsweise nicht ausgeschlossen werden kann, dass nur Erwachsene Zugang zu einer bestimmten Maschine haben, muss geprüft werden, ob die von einer Norm vorgegebenen Parameter auch für Kinder geeignet sind.

Neben der Prüfung des Anwendungsbereichs, muss vor der Auswahl einer Norm geprüft werden, ob diese aktuell ist! Gleichmaßen müssen Lösungen, die aus früheren Projekten kopiert werden, auf Aktualität überprüft werden.

Technische Schutzmaßnahmen und ergänzende Schutzmaßnahmen (Stufe 2)

Wenn Gefährdungen nicht durch inhärent sichere Konstruktionen abgesichert werden können, kommen technische Schutzmaßnahmen zum Einsatz. Beispiele hierfür sind feststehende trennende Schutzeinrichtungen, wie Schutzzäune oder Abdeckungen oder bewegliche trennende Schutzeinrichtungen, wie Klappen oder Türen. Ohne weitere Maßnahme wären aber Gefährdungsbereiche erreichbar, wenn die Klappen oder Türen geöffnet sind. Aus diesem Grund werden bewegliche trennende Schutzeinrichtungen steuerungstechnisch überwacht, damit das Ingangsetzen von gefährlichen Maschinenfunktionen nur dann möglich ist, wenn die Schutzeinrichtung geschlossen ist bzw. beim Öffnen der Schutzeinrichtung ein Befehl zum Stillsetzen ausgelöst wird. Die Maschinenrichtlinie nennt diese steuerungstechnische Maßnahme „Verriegelung“. Maschinen, bei denen Gefahrenbereiche erreicht werden könnten, obwohl das Öffnen der Schutztür einen Befehl

zum Stillsetzen ausgelöst hat, müssen zusätzlich mit einer Zuhaltung ausgerüstet sein. Für das oben besprochene Urteil des Kreissägeautomaten wäre eine verriegelte trennende Schutzeinrichtung mit Zuhaltung eine mögliche Lösung gewesen, die zur Vermeidung des Unfalls geführt hätte.

Neben den trennenden Schutzeinrichtungen sind auch nichttrennende Schutzeinrichtungen wie berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen (BWS) oder Zweihandschaltungen Beispiele für Maßnahmen der Stufe 2. Bei allen Maßnahmen, welche steuerungstechnisch überwacht werden, ergibt sich eine wichtige Schnittstelle zwischen Konstrukteuren unterschiedlicher Disziplinen: Je nach Risiko, das durch die steuerungstechnische Maßnahme (z.B. Überwachung der Schutztür) gemindert werden soll, ergeben sich andere Anforderungen an die Zuverlässigkeit und den Diagnosegrad der Sicherheitsfunktion, also der gesamten Wirkkette von Positionsensor, Auswerteeinheit und Aktor. Diese in der Risikobeurteilung ermittelte Anforderung wird dem Steuerungsbauer dann beispielsweise in Form eines required Performance Levels (PL_r) als Eingangsparameter für die Auslegung der Sicherheitsfunktion (z.B. entsprechend EN ISO 13849-1) zur Verfügung gestellt.

Als ergänzende Schutzmaßnahmen nennt ISO 12100 beispielsweise NOT-HALT Einrichtungen, welche ggf. zusätzlich an Maschinen angebracht werden müssen.

Risikominderung durch Benutzerinformation (Stufe 3)

EN ISO 12100, Abschnitt 6.1
 Falls trotz inhärent sicherer Konstruktion und dem Einsatz technischer und ergänzender Schutzmaßnahmen Risiken verbleiben, muss die Benutzerinformation auf **jegliche** Restrisiken hinweisen.

Sicherheitshinweise in Form von Benutzerinformationen dienen dazu,



Investieren Sie nur 7 Minuten und erfahren Sie in unserer

Online Video Präsentation

wie Sie die CE-Praxissoftware **Safexpert** bei der Durchführung und Dokumentation von Risikobeurteilungen unterstützt:

- **CE-Leitfaden inkl. Risikobeurteilung**
Schritt für Schritt geführt
- **Status-Check per Mausclick**
Damit Sie nichts vergessen!
- **Normdatenbank**
Maximale Übersicht im Normen-Dschungel
- **Wartungsverträge**
Bleiben Sie up to date!

www.ibf.at/safexpert-demomovie

Safexpert

die Erkennbarkeit von nicht vermeidbaren Gefährdungen zu erhöhen. Dazu muss im Zuge der Risikobeurteilung entschieden werden, welcher Informationskanal genutzt wird.

Hinweise können an verschiedenen Stellen erfolgen, z.B.:

- direkt an der Maschine (z.B. in Form von Piktogrammen)
- in der Betriebsanleitung
- auf der Verpackung

In Bezug auf die Betriebsanleitung besteht eine wichtige Schnittstelle zwischen den Konstrukteuren und den technischen Redakteuren: Werden Hinweise auf Restgefährdungen bereits während der Risikobeurteilung dokumentiert, so können diese zu einem späteren Zeitpunkt durch die technischen Redakteure in der Betriebsanleitung ausformuliert werden. Ohne diese Informationen ist nicht sichergestellt, dass die technischen Redakteure alle Restgefährdungen erkennen. Für den Betrieb wichtige Sicherheitsinformationen, die in der Betriebsanleitung fehlen, führen zu einem erhöhten Produkthaftungsrisiko.

Neben den bisher beschriebenen Hinweisarten können auch optische oder akustische Signale verwendet werden, um Personen vor drohenden Gefahren zu warnen. EN ISO 12100 warnt bei der Wahl solcher Signale jedoch vor „Reizüberflutungen“:

EN ISO 12100, Abschnitt 6.4.3
Der Konstrukteur muss die Möglichkeit einer "Reizüberflutung" berücksichtigen, die sich aus zu vielen optischen und/oder akustischen Signalen ergeben kann und auch dazu führen kann, dass Warneinrichtungen umgangen werden.

Voraussetzung: Notwendige Mittel

Die Maschinenrichtlinie weist darauf hin, dass die Hersteller von Maschinen über die notwendigen Mittel

verfügen müssen, wenn sie Maschinen oder Anlagen für den EWR entwickeln und bauen:

2006/42/EG, Art. 5 (3)
Der Hersteller oder sein Bevollmächtigter muss (...) über die **notwendigen Mittel** verfügen oder Zugang zu ihnen haben, um sicherzustellen, dass die Maschine die in Anhang I aufgeführten grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen erfüllt.

Notwendige Mittel sind neben den qualifizierten Mitarbeitern beispielsweise der Zugang zu erforderlichen Informationen oder nötige Ausrüstungen.

Fazit

Konstrukteuren kommt im sicherheitstechnischen Engineering eine besonders wichtige Rolle zu. Sie ermitteln in der Risikobeurteilung frühzeitig, welche Gefährdungen und Risiken von der Maschine ausgehen. Dies ermöglicht die konsequente Anwendung des 3-stufigen iterativen Prozesses zur Risikominimierung, welcher einerseits gesetzlich gefordert ist und andererseits Aufwände für umfangreiche Re-Designs bzw. Kosten für teures Sicherheitsequipment spart.

Unterstützung durch IBF

Seit 1994 unterstützt IBF Unternehmen weltweit bei der möglichst effizienten Umsetzung der CE-Kennzeichnung und Risikobeurteilung mit praxisgerechten Seminaren und Beratungen sowie mit der führenden Software zur CE-Kennzeichnung und Risikobeurteilung.

www.ibf.at/seminare

www.ibf.at/safexpert

Literaturverzeichnis

- [1] EN ISO 12100 - Sicherheit von Maschinen - Allgemeine Gestaltungsleitsätze - Risikobeurteilung und Risikominimierung.
- [2] W. Engeln, Methoden der Produktentwicklung.

Copyright IBF

Sie erhalten diese Fachbeiträge im Rahmen unseres CE-InfoService kostenlos. Informieren Sie Kollegen und Geschäftspartner über diese nützliche Einrichtung. Kostenloser Download dieses und weiterer bereits erschienener Beiträge unter:

www.ibf.at/ce-infoservice

Herausgeber:

IBF-Automatisierungs- und Sicherheitstechnik GmbH, E-Mail: office@ibf.at