

	Sicherheit von Maschinen Leitsätze zur Risikobeurteilung Deutsche Fassung EN 1050 : 1996	DIN EN 1050
ICS 13.110 Deskriptoren: Risikobeurteilung, Sicherheit, Maschine, Unfallverhütung Safety of machinery — Principles for risk assessment; German version EN 1050 : 1996 Sécurité des machines — Principes pour l'appréciation des risques; Version allemande EN 1050 : 1996 Die Europäische Norm EN 1050 : 1996 hat den Status einer Deutschen Norm. Beginn der Gültigkeit EN 1050 : 1996 wurde am 1996-08-22 angenommen. Nationales Vorwort Die Norm enthält sicherheitstechnische Festlegungen im Sinne des Gerätesicherheitsgesetzes. Sie beinhaltet die Deutsche Fassung der von der Arbeitsgruppe 14 "Risikobeurteilung" des Technischen Komitees 114 "Sicherheit von Maschinen, Geräten und Anlagen" des Europäischen Komitees für Normung (CEN) ausgearbeiteten Norm EN 1050 : 1996. Die Deutsche Fassung wurde vom Gemeinschaftsausschuß 0 "Allgemeine Grundsätze und Terminologie" des Normenausschusses Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG) im DIN erstellt. Für das im Abschnitt 2 zitierte Europäische Memorandum wird im folgenden auf die entsprechende Deutsche Norm hingewiesen: CEN/CLC Memorandum Nr 9 siehe DIN V 820-120 In der Einleitung der Europäischen Norm ist ausgeführt, daß diese Typ A-Norm Leitsätze für ein in sich geschlossenes, systematisches Verfahren für eine Risikobeurteilung beschreibt. In der EG-Maschinenrichtlinie heißt es jedoch, daß der Hersteller von "Maschinen im Sinne der Richtlinie" (mit CE-Kennzeichnung) eine Gefahrenanalyse vornehmen muß, um die zutreffenden und verbindlichen grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen zu ermitteln und eine Liste für die technische Dokumentation aufzustellen. Um hier eine begriffliche Klarheit zwischen den Benennungen "Risikobeurteilung" und "Gefahrenanalyse" zu schaffen, wird auf Bild 1 hingewiesen, worin "Identifizierung der Gefährdungen" mit "Gefahrenanalyse" gleichzusetzen ist. Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise DIN V 820-120 Normungsarbeit — Teil 120: Leitfaden für die Aufnahme von Sicherheitsaspekten in Normen (ISO/IEC Guide 51 : 1990); Deutsche Fassung CEN/CENELEC Memorandum Nr 9 : 1994-06 Fortsetzung 16 Seiten EN Normenausschuß Sicherheitstechnische Grundsätze (NASG) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. Normenausschuß Maschinenbau (NAM) im DIN Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)		

ICS 13.110

Deskriptoren: Sicherheit von Maschinen, Unfallverhütung, Gefährdung, Sicherheitsmaßnahme, Anforderung

Deutsche Fassung

Sicherheit von Maschinen

Leitsätze zur Risikobeurteilung

Safety of machinery — Principles for risk
assessment

Sécurité des machines — Principes pour
l'appréciation des risques

Diese Europäische Norm wurde von CEN am 1996-08-22 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und dem Vereinigten Königreich.

CEN

EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

European Committee for Standardization

Comité Européen de Normalisation

Zentralsekretariat: rue de Stassart 36, B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	7.3 Gesichtspunkte bei der Bestimmung der Risikoelemente	6
0 Einleitung	2	8 Risikobewertung	7
1 Anwendungsbereich	2	8.1 Allgemeines	7
2 Normative Verweisungen	2	8.2 Erreichen der Zielstellungen der Risikominderung	7
3 Definitionen	3	8.3 Risikovergleich	7
4 Allgemeine Leitsätze	3	9 Dokumentation	8
4.1 Grundkonzept	3	Anhang A (informativ) Beispiele für Gefährdungen, Gefährdungssituationen und Gefährdungsereignisse	8
4.2 Informationen zur Risikobeurteilung	3	Anhang B (informativ) Verfahren zur Untersuchung von Gefährdungen und zur Einschätzung des Risikos	14
5 Bestimmung der Grenzen der Maschine	3	Anhang C (informativ) Literaturhinweise	16
6 Identifizierung der Gefährdungen	5		
7 Risikoeinschätzung	5		
7.1 Allgemeines	5		
7.2 Risikoelemente	5		

Vorwort

Diese Europäische Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 114 "Sicherheit von Maschinen und Geräten" erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muß den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Mai 1997, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Mai 1997 zurückgezogen werden.

Diese Europäische Norm wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie(n).

Anhang A ist informativ und enthält Beispiele für Gefährdungen, Gefährdungssituationen und Gefährdungsereignisse. Anhang B ist informativ und enthält Verfahren zur Untersuchung von Gefährdungen und zur Einschätzung des Risikos.

Entsprechend der CEN/CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien und das Vereinigte Königreich.

0 Einleitung

Aufgabe dieser Typ A-Norm ist die Beschreibung von Leitsätzen für ein in sich geschlossenes, systematisches Verfahren für die in Abschnitt 6 von EN 292-1 : 1991 eingeführte Risikobeurteilung.

Diese Norm gibt eine Anleitung für Entscheidungsfindungen in der Entwicklungsphase einer Maschine (siehe 3.11 von EN 292-1 : 1991) und hilft bei der Ausarbeitung geeigneter und miteinander abgestimmter Typ B- und Typ C-Normen, damit die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen erfüllt werden können (siehe Anhang A von EN 292-2 : 1991/A1 : 1995).

Die Anwendung dieser Norm allein erlaubt nicht die Vermutung, daß die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen (siehe Anhang A von EN 292-2 : 1991/A1 : 1995) eingehalten werden.

Es wird empfohlen, diese Norm in Schulungskurse und Handbücher einzubeziehen, um grundsätzliche Anleitungen für die Konstruktion zu vermitteln.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm stellt allgemeine Leitsätze für das als Risikobeurteilung bekannte Verfahren auf, in dem die Kenntnisse und Erfahrungen über die Konstruktion, den Einsatz, das Zwischenfall- und Unfallgeschehen und über Schäden im Zusammenhang mit Maschinen zusammengetra-

gen werden, um die Risiken in allen Lebensphasen der Maschine zu beurteilen (siehe 3.11a von EN 292-1 : 1991).

Diese Norm gibt eine Anleitung über die Informationen, die für die Durchführung einer Risikobeurteilung notwendig sind. Sie beschreibt Verfahren zur Identifizierung von Gefährdungen und zur Einschätzung und Bewertung des Risikos. Sie stellt Entscheidungshilfen über die Sicherheit von Maschinen und die Art der Dokumentation bereit, mit deren Hilfe die durchgeführte Risikobeurteilung nachgewiesen werden kann.

Diese Norm ist nicht dazu bestimmt, eine detaillierte Aufzählung der Verfahren zur Gefährdungsanalyse und Risikoeinschätzung vorzulegen, da dies bereits an anderer Stelle (z. B. in Fachbüchern oder anderen Bezugsdokumenten) erfolgt ist. Zur Information ist lediglich eine Zusammenfassung einiger dieser Verfahren angegeben (siehe Anhang B).

2 Normative Verweisungen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Europäischen Norm, falls

sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

EN 292-1 : 1991

Sicherheit von Maschinen — Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze — Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodologie

EN 292-2 : 1991/A1 : 1995

Sicherheit von Maschinen — Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze — Teil 2: Technische Leitsätze und Spezifikationen

EN 60204-1 : 1992

Sicherheit von Maschinen — Elektrische Ausrüstung von Maschinen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 204-1 : 1992, modifiziert)

CEN/CLC Memorandum Nr 9 : 1994

Leitfaden für die Aufnahme von Sicherheitsaspekten in Normen (Identisch mit ISO/IEC Guide 51 : 1990)

3 Definitionen

Für die Anwendung dieser Norm gelten zusätzlich zu den Definitionen in EN 292-1 : 1991 folgende Definitionen:

3.1 Schaden: Physische Verletzung und/oder Schädigung von Gesundheit oder Sachen [siehe 3.4 von CEN/CLC Memorandum Nr 9 : 1994].

3.2 Gefährdungsergebnis: Ereignis, das einen Schaden hervorrufen kann.

3.3 Schutzmaßnahme: Maßnahme zur Beseitigung einer Gefährdung oder zur Minderung eines Risikos.

ANMERKUNG: Für zusätzliche Informationen siehe Abschnitt 5 von EN 292-1 : 1991.

3.4 Restrisiko: Risiko, das nach Ausführung der Schutzmaßnahmen verbleibt.

4 Allgemeine Leitsätze

4.1 Grundkonzept

Risikobeurteilung ist eine Folge von logischen Schritten, welche die systematische Untersuchung von Gefährdungen erlauben, die von Maschinen ausgehen. Wo erforderlich, folgt der Risikobeurteilung eine Risikominderung nach Abschnitt 5 von EN 292-1 : 1991. Bei Wiederholung dieses Vorgangs ergibt sich der iterative Prozeß, mit dessen Hilfe Gefährdungen soweit wie möglich beseitigt und Schutzmaßnahmen getroffen werden.

Risikobeurteilung umfaßt (siehe Bild 1):

- Risikoanalyse,
 - a) Bestimmung der Grenzen der Maschine (siehe Abschnitt 5);
 - b) Identifizierung der Gefährdungen (siehe Abschnitt 6);
 - c) Risikoeinschätzung (siehe Abschnitt 7);
- Risikobewertung (siehe Abschnitt 8).

Die Risikoanalyse liefert die erforderlichen Informationen zur Risikobewertung, mit deren Hilfe wiederum Entscheidungen über die Sicherheit der betrachteten Maschine getroffen werden können (siehe 3.4 von EN 292-1 : 1991). Risikobeurteilung beruht auf abwägenden Entscheidungen. Diese Entscheidungen müssen sich auf qualitative Verfahren stützen, welche soweit wie möglich von quanti-

tativen Verfahren ergänzt werden. Quantitative Verfahren sind besonders dann angebracht, wenn das vorhersehbare Ausmaß und der vorhersehbare Umfang eines Schadens hoch sind.

Quantitative Verfahren sind nützlich, um alternative Schutzmaßnahmen zu beurteilen und um zu bestimmen, welche den besseren Schutz bieten.

ANMERKUNG: Die Anwendung quantitativer Verfahren ist durch die zur Verfügung stehende Menge nutzbarer Daten begrenzt, und es wird in vielen Anwendungsfällen nur eine Risikobeurteilung aufgrund einer qualitativen Analyse möglich sein.

Die Risikobeurteilung muß so ausgeführt werden, daß ein Nachweis des Verfahrensweges und der erreichten Ergebnisse möglich ist (siehe Abschnitt 9).

4.2 Informationen zur Risikobeurteilung

Die Informationen zur Risikobeurteilung und zu allen qualitativen und quantitativen Untersuchungen müssen, soweit zutreffend, folgende Angaben umfassen:

- die Grenzen der Maschine (siehe Abschnitt 5);
- Anforderungen in den einzelnen Lebensphasen der Maschine (siehe 3.11a von EN 292-1 : 1991);
- Konstruktionszeichnungen und andere Hilfsmittel zur Beschreibung der Maschine;
- Art der Energieversorgung;
- jede Unfall- und Zwischenfallgeschichte;
- Informationen über Gesundheitsschäden.

Diese Informationen müssen bei konstruktiven Weiterentwicklungen und anderen Veränderungen an der Maschine aktualisiert werden.

Oft sind Vergleiche zwischen ähnlichen Gefährdungssituationen bei anderen Maschinentypen möglich, falls genügend Informationen über Gefährdungen und das Unfallgeschehen in solchen Situationen zur Verfügung stehen.

Das Fehlen einer Unfallgeschichte, eine geringe Anzahl von Unfällen oder ein geringes Schadensausmaß dürfen nicht automatisch zu der Annahme führen, daß das Risiko gering sei.

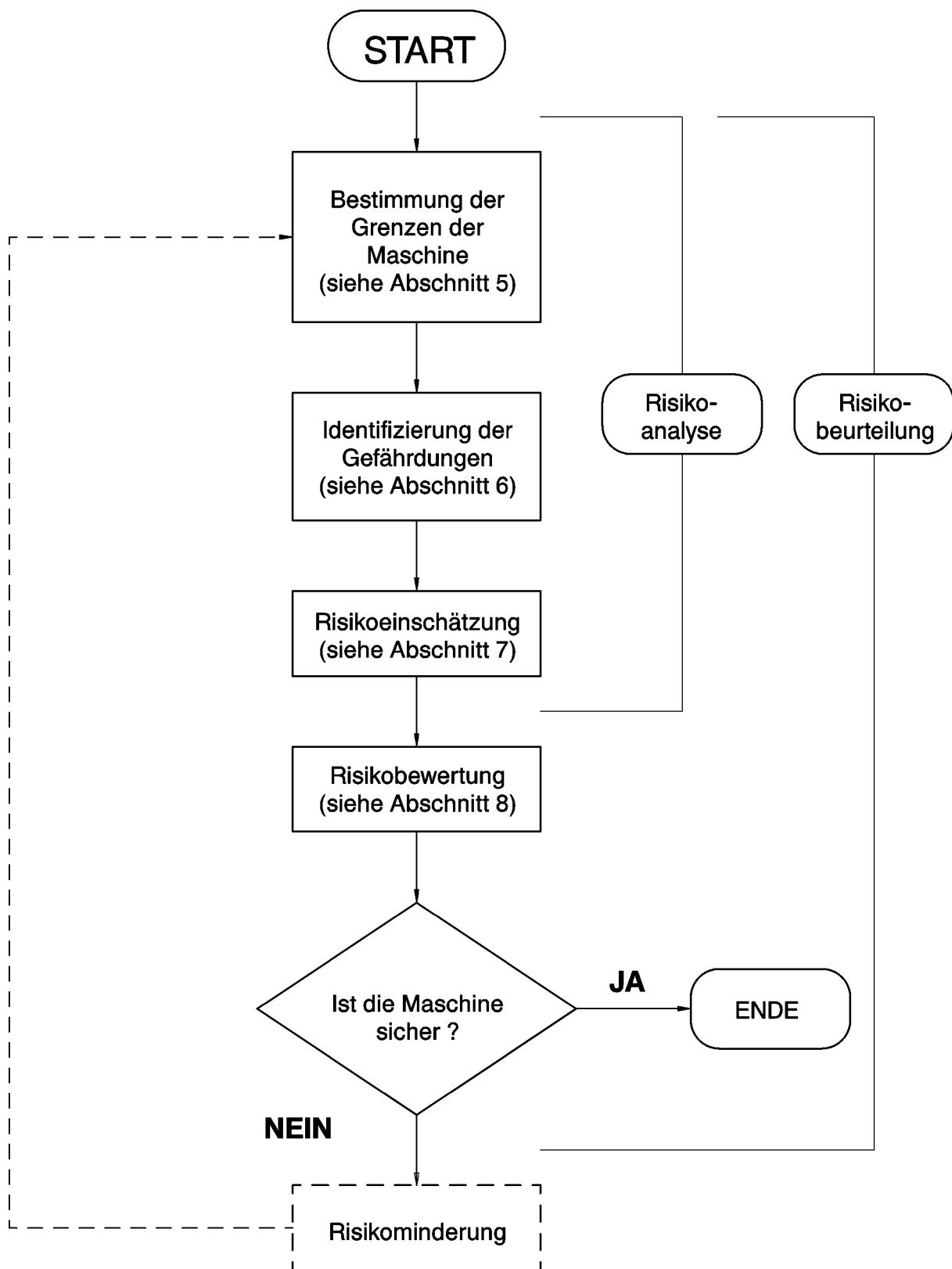
Für die quantitativen Untersuchungen dürfen Daten aus Datenbanken, Handbüchern, Prüflaboratorien und Herstellerspezifikationen verwendet werden unter der Voraussetzung, daß Vertrauen in die Eignung dieser Daten besteht. Fehlergrenzen und Unsicherheiten der Daten müssen aus der Dokumentation hervorgehen (siehe Abschnitt 9).

Daten, die auf dem Konsens von Expertenmeinungen beruhen und damit aus Erfahrungswerten abgeleitet sind (z. B. DELPHI-Methode — siehe B.8), können zur Ergänzung qualitativer Daten verwendet werden.

5 Bestimmung der Grenzen der Maschine

Risikobeurteilung muß berücksichtigen:

- die Lebensphasen der Maschine (siehe 3.11a von EN 292-1 : 1991);
- die Grenzen der Maschine (siehe 5.1 von EN 292-1 : 1991) einschließlich der bestimmungsgemäßen Verwendung (sowohl beim korrekten Einsatz und Betrieb der Maschine als auch bei einem vernünftigerweise vorhersehbaren Mißbrauch oder einer Fehlfunktion) nach 3.12 von EN 292-1 : 1991;



— — — Risikominderung und die Auswahl geeigneter Schutzmaßnahmen sind nicht Teil der Risikobeurteilung.
Zur weiteren Erklärung siehe Abschnitt 5 von EN 292-1 : 1991 und EN 292-2.

Bild 1: Iterativer Prozeß zum Erreichen der Sicherheit

- den gesamten vorhersehbaren Einsatzbereich (z. B. in der Industrie, im Gewerbe und im Haushalt) durch Personen mit unterschiedlichem Geschlecht und Alter, mit Links- oder Rechtshändigkeit, mit begrenzten physischen Fähigkeiten (z. B. mit Seh- oder Hörbeeinträchtigungen, Körpergröße, Kraft);
- das vorausgesetzte Niveau der Ausbildung, Erfahrungen oder Fähigkeiten der potentiellen Anwender wie zum Beispiel:

- a) Operatoren (einschließlich Instandhaltungspersonal oder Techniker);
- b) Auszubildende und Jugendliche;
- c) die allgemeine Öffentlichkeit;

- andere Personen, die den Gefährdungen im Zusammenhang mit der Maschine ausgesetzt sein können, soweit dies vernünftigerweise vorhersehbar ist.

6 Identifizierung der Gefährdungen

Es müssen alle Gefährdungen, Gefährdungssituationen und Gefährdungsereignisse festgestellt werden, die im Zusammenhang mit dem Einsatz der Maschine auftreten können. Die Beispiele in Anhang A geben eine Hilfe bei der Durchführung dieser Aufgabe (hinsichtlich weiterer Informationen über die Beschreibung von Gefährdungen, die von Maschinen ausgehen, siehe Abschnitt 4 von EN 292-1 : 1991).

Für die systematische Untersuchung von Gefährdungen wurde eine Reihe von Verfahren entwickelt. Beispiele sind in Anhang B aufgeführt.

7 Risikoeinschätzung

7.1 Allgemeines

Nach der Identifizierung der Gefährdungen (siehe Abschnitt 6) ist für jede Gefährdung eine Risikoeinschätzung durchzuführen, indem die in 7.2 beschriebenen Risikoelemente dieser Gefährdung bestimmt werden. Bei der Bestimmung der Risikoelemente sind die in 7.3 angegebenen Gesichtspunkte zu berücksichtigen.

7.2 Risikoelemente

7.2.1 Kombination der Risikoelemente

Das mit einer bestimmten Situation oder mit einem bestimmten technischen Verfahren zusammenhängende Risiko wird von einer Kombination der folgenden Elemente abgeleitet:

- das Ausmaß des möglichen Schadens;
- die Eintrittswahrscheinlichkeit dieses Schadens als Funktion:

- a) der Häufigkeit und der Dauer, mit der Personen der Gefährdung ausgesetzt sind;
- b) der Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Gefährdungsereignisses;
- c) der technischen und menschlichen Möglichkeiten zur Vermeidung oder Begrenzung des Schadens (z. B. durch verminderte Geschwindigkeit, NOT-AUS-Einrichtungen, Zustimmungs-Einrichtungen, Risikobewußtsein).

Die Elemente sind in Bild 2 dargestellt; zusätzliche Hinweise werden in 7.2.2 und 7.2.3 gegeben.

Für die systematische Untersuchung der Risikoelemente wurde eine Reihe von Verfahren entwickelt. Beispiele sind in Anhang B aufgeführt.

ANMERKUNG : In vielen Fällen können diese Elemente nicht exakt bestimmt, sondern nur abgeschätzt werden. Dies gilt besonders hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines möglichen Schadens. Das Ausmaß eines möglichen Schadens kann in einigen Fällen ebenfalls nicht leicht festgestellt werden (z. B. bei Gesundheitsschädigungen durch toxische Substanzen oder durch Streß).

7.2.2 Schadensausmaß

Das Ausmaß des möglichen Schadens kann unter Berücksichtigung der folgenden Kriterien eingeschätzt werden:

- a) die Art des zu schützenden Rechtsgutes:
 - 1) Personen;
 - 2) Sachen;
 - 3) Umwelt;
- b) das Ausmaß der Verletzungen oder Gesundheitsschädigung:
 - 1) leicht (üblicherweise reversibel);
 - 2) schwer (üblicherweise irreversibel);
 - 3) tödlich;
- c) der Schadensumfang (für jede Maschine):
 - 1) eine Person betroffen;
 - 2) mehrere Personen betroffen.

7.2.3 Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens

Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens kann eingeschätzt werden unter Berücksichtigung von 7.2.3.1 bis 7.2.3.3.

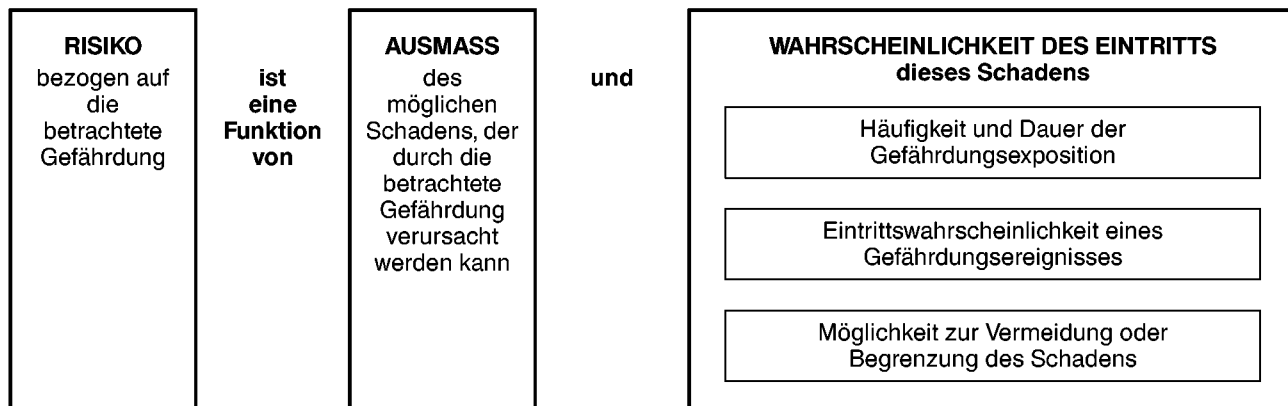


Bild 2: Risikoelemente

7.2.3.1 Häufigkeit und Dauer einer Gefährdungsexposition, ableitbar aus:

- der Notwendigkeit des Zugangs zum Gefahrbereich (z. B. für Normalbetrieb, Instandhaltung oder Reparatur);
- der Art des Zugangs (z. B. manuelle Materialzuführung);
- der Zeit, die im Gefahrenbereich verbracht wird;
- der Anzahl der Personen, für die ein Zugang erforderlich ist;
- der Häufigkeit des Zugangs.

7.2.3.2 Eintrittswahrscheinlichkeit eines Gefährdungserignisses, ableitbar aus:

- Zuverlässigkeits- und anderen statistischen Daten;
- der Unfallgeschichte;
- Daten über Gesundheitsschädigungen;
- Risikovergleichen (siehe 8.3).

ANMERKUNG: Das Eintreten eines Gefährdungserignisses kann technisch oder menschlich bedingt sein.

7.2.3.3 Möglichkeiten zur Vermeidung oder Begrenzung eines Schadens, ableitbar aus:

- a) der Art der Bedienung der Maschine:
 - 1) durch Fachkräfte;
 - 2) nicht durch Fachkräfte;
 - 3) automatischer Betrieb;
- b) der Schnelligkeit des Eintretens eines Gefährdungserignisses:
 - 1) plötzlich;
 - 2) schnell;
 - 3) langsam;
- c) dem Risikobewußtsein:
 - 1) durch allgemeine Information;
 - 2) durch direkte Beobachtung;
 - 3) durch Warnsignale und Anzeigergeräte;
- d) den menschlichen Möglichkeiten zur Vermeidung oder Begrenzung eines Schadens (z. B. Reflexe, Beweglichkeit, Möglichkeiten der Befreiung):
 - 1) möglich;
 - 2) möglich unter bestimmten Bedingungen;
 - 3) unmöglich;
- e) den praktischen Erfahrungen und den Kenntnissen über:
 - 1) die Maschine;
 - 2) bekannte ähnliche Maschinen;
 - 3) keine Erfahrungen.

7.3 Gesichtspunkte bei der Bestimmung der Risikoelemente

7.3.1 Exponierte Personengruppe

Die Risikoeinschätzung muß alle den Gefährdungen ausgesetzten Personen berücksichtigen. Hierzu gehören Operatoren (siehe 3.21 von EN 292-1 : 1991) und andere Personen, bei denen vernünftigerweise vorhersehbar ist, daß sie von der Maschine geschädigt werden können.

7.3.2 Art, Häufigkeit und Dauer der Gefährdungsexposition

Die Einschätzung jeder Gefährdungsexposition (einschließlich Langzeit-Gesundheitsschäden) erfordert eine Analyse und muß alle Betriebsarten der Maschine und alle Arbeitsweisen umfassen. Dies gilt im besonderen auch für den nötigen Zugang während der Einstellung,

Programmierung, Umrüstung oder Prozeßkorrektur, Reinigung, Fehlersuche und Instandhaltung (siehe 3.11 von EN 292-1 : 1991).

Wenn Sicherheitsfunktionen aufgehoben werden müssen, ist eine solche Situation bei der Risikoeinschätzung zu berücksichtigen (z. B. während der Instandhaltung).

7.3.3 Zusammenhang von Gefährdungsexposition und Auswirkung

Der Zusammenhang zwischen einer Gefährdungsexposition und ihren Auswirkungen muß berücksichtigt werden. Ebenso müssen die Auswirkungen akkumulierter Gefährdungsexpositionen und synergistische Effekte in Rechnung gestellt werden. Bei der Untersuchung dieser Effekte muß so weit als möglich auf geeignete anerkannte Daten zurückgegriffen werden.

ANMERKUNG: Es können Unfalldaten verfügbar sein, welche die Wahrscheinlichkeit und das Ausmaß von Verletzungen angeben, die beim Einsatz eines bestimmten Maschinentyps mit einem bestimmten Typ von Schutzmaßnahmen auftreten.

7.3.4 Menschliche Faktoren

Menschliche Faktoren können das Risiko beeinflussen und müssen deshalb in die Risikoeinschätzung eingehen. Dies schließt zum Beispiel ein:

- Wechselwirkungen zwischen Personen und Maschine;
- Wechselwirkungen zwischen Personen;
- psychologische Gesichtspunkte;
- ergonomische Gesichtspunkte;
- Fähigkeit zur Entwicklung von Risikobewußtsein in einer gegebenen Situation in Abhängigkeit von der Ausbildung, den Erfahrungen und Fähigkeiten.

Zur Einschätzung der Fähigkeiten der exponierten Personen müssen die folgenden Gesichtspunkte in Betracht gezogen werden:

- Anwendung ergonomischer Grundsätze bei der Gestaltung der Maschine;
- natürliche oder erworbene Fähigkeit der exponierten Personen zur Ausführung der geforderten Aufgaben;
- Risikobewußtsein;
- Maß ihres Vertrauens darauf, daß die geforderten Aufgaben ohne beabsichtigte oder unbeabsichtigte Abweichungen ausgeführt werden;
- Anreize, von den vorgeschriebenen und notwendigen sicheren Arbeitsverfahren abzuweichen.

Ausbildung, Erfahrungen und Fähigkeiten können das Risiko beeinflussen, aber keiner dieser Faktoren darf als Ersatz für die Beseitigung von Gefährdungen oder für Risikominderung durch Konstruktion oder technische Schutzmaßnahmen dienen, wenn diese Schutzmaßnahmen eingesetzt werden können.

7.3.5 Zuverlässigkeit von Schutzfunktionen

Die Risikoeinschätzung muß die Zuverlässigkeit von Bauteilen und Systemen berücksichtigen. Sie muß:

- die Umstände identifizieren, die einen Schaden zur Folge haben können (z. B. Ausfall von Bauteilen, Ausfall der Energieversorgung, elektrische Störungen);
- wo zutreffend, quantitative Verfahren zum Vergleich alternativer Schutzmaßnahmen anwenden;
- Informationen geben, die eine Auswahl der geeigneten Schutzfunktionen, Bauteile und Geräte gestatten.

Diejenigen Bauteile und Systeme, die als Bestandteil sicherheitsbedingter Funktionen (siehe 3.13.1 von EN 292-1 : 1991) gelten, verlangen besondere Aufmerksamkeit.

Wenn mehr als eine Schutzeinrichtung zu einer Schutzfunktion beitragen, muß die Auswahl dieser Einrichtungen hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit und Leistung ein abgestimmtes Ergebnis darstellen.

Wenn Schutzmaßnahmen die Arbeitsorganisation, korrekte Verhaltensweisen, Aufmerksamkeit, die Verwendung von persönlichen Schutzausrüstungen, Geschicklichkeit oder Ausbildung beinhalten, dann muß deren im Vergleich zu erprobten technischen Schutzmaßnahmen relativ geringe Zuverlässigkeit bei der Risikoeinschätzung mit berücksichtigt werden.

7.3.6 Möglichkeit zur Ausschaltung oder Umgehung von Schutzmaßnahmen

Risikoeinschätzung muß die Möglichkeit berücksichtigen, daß bestimmte Schutzmaßnahmen wirkungslos gemacht oder umgangen werden können. Sie muß auch berücksichtigt werden, daß ein Anreiz bestehen kann, Schutzmaßnahmen wirkungslos zu machen oder zu umgehen, weil zum Beispiel

- die Schutzmaßnahme die Produktion verlangsamt oder irgendwelche anderen Aktivitäten oder Absichten des Bedieners stört;
- die Schutzmaßnahme schwierig anzuwenden ist;
- andere Personen als das Bedienungspersonal betroffen sind;
- die Schutzmaßnahme nicht erkannt oder in ihrer Wirkung nicht als geeignet akzeptiert wird.

Die Möglichkeit, die Schutzmaßnahme wirkungslos zu machen, hängt sowohl von ihrer Art (z. B. einstellbare trennende Schutzeinrichtung, programmierbare Schutzeinrichtung mit Annäherungsreaktion) als auch von Einzelheiten ihrer Konstruktion ab.

Die Anwendung programmierbarer elektronischer Systeme bringt eine zusätzliche Möglichkeit mit sich, Schutzmaßnahmen wirkungslos zu machen oder zu umgehen, wenn der Zugang zu sicherheitsrelevanter Software nicht in geeigneter Weise programmiert und überwacht wird. Die Risikoeinschätzung muß feststellen, wo sicherheitsrelevante Funktionen nicht von anderen Maschinenfunktionen getrennt sind und in welchem Umfang ein Zugang möglich ist. Dies ist besonders dann von Bedeutung, wenn aus der Entfernung ein Zugang zu diagnostischen Zwecken oder Zwecken der Prozeßveränderung erforderlich ist (siehe 12.3.5 von EN 60204-1 : 1992).

7.3.7 Fähigkeit zur Erhaltung von Schutzmaßnahmen

Die Risikoeinschätzung muß in Betracht ziehen, ob die Schutzmaßnahmen in dem Zustand erhalten werden können, der für die Sicherstellung des geforderten Schutzgrades notwendig ist.

ANMERKUNG: Wenn eine Schutzmaßnahme nicht problemlos im korrekten Betriebszustand erhalten werden kann, kann dies ein Anreiz zu ihrer Ausschaltung oder Umgehung sein, um damit die Maschine weiterhin einsetzen zu können.

7.3.8 Benutzerinformation

Die Risikoeinschätzung muß die korrekte Umsetzung des Abschnittes 5 von EN 292-2 : 1991 in der Information für den Benutzer berücksichtigen, die der Maschine beizufügen ist.

8 Risikobewertung

8.1 Allgemeines

Nach der Risikoeinschätzung muß eine Risikobewertung durchgeführt werden, um zu entscheiden, ob eine Risikominderung notwendig ist oder ob Sicherheit erreicht wurde. Wenn das Risiko weiter vermindert werden muß, sind geeignete Schutzmaßnahmen auszuwählen und anzuwenden, und die Risikobeurteilung ist zu wiederholen (siehe Bild 1). In diesem iterativen Prozeß ist es für den Konstrukteur wichtig zu prüfen, ob durch die Anwendung neuer Schutzmaßnahmen zusätzliche Gefährdungen geschaffen wurden. Falls zusätzliche Gefährdungen auftreten, müssen sie der Liste der festgestellten Gefährdungen hinzugefügt werden.

Das Erreichen der Zielstellungen der Risikominderung (siehe 8.2) und das positive Ergebnis des Risikovergleichs (siehe 8.3) geben Vertrauen, daß die Maschine sicher ist (siehe 3.4 von EN 292-1 : 1991).

8.2 Erreichen der Zielstellungen der Risikominderung

Die Erfüllung der folgenden Bedingungen zeigt, daß der Prozeß der Risikominderung abgeschlossen werden kann:

- die Gefährdung wurde beseitigt oder das Risiko vermindert durch:
 - a) konstruktive Maßnahmen oder Substitution durch weniger gefährliche Materialien und Stoffe;
 - b) technische Schutzmaßnahmen;
- die ausgewählten technischen Schutzmaßnahmen, die aus Erfahrung eine sichere Situation für die bestimmungsgemäße Verwendung ergeben;
- die Art der ausgewählten technischen Schutzmaßnahme für die Anwendung geeignet ist hinsichtlich:
 - a) der Wahrscheinlichkeit, sie wirkungslos zu machen oder zu umgehen;
 - b) des Ausmaßes des Schadens;
 - c) der Behinderung bei der Arbeitsausführung;
- die Information über die bestimmungsgemäße Verwendung der Maschine ist ausreichend klar;
- die Arbeitsverfahren, die beim Einsatz der Maschine zu befolgen sind, entsprechen den Fähigkeiten des Bedienungspersonals und der anderen Personen, die den von der Maschine ausgehenden Gefährdungen ausgesetzt sein können;
- die empfohlenen Methoden für ein sicheres Arbeiten mit der Maschine und die entsprechenden Ausbildungsanforderungen sind in angemessener Form festgelegt;
- der Anwender ist ausreichend über Restrisiken in den verschiedenen Lebensphasen der Maschine informiert;
- falls persönliche Schutzausrüstungen empfohlen werden, wurden die Notwendigkeit ihrer Benutzung und die entsprechenden Ausbildungsanforderungen in angemessener Form festgelegt;
- die zusätzlichen Vorsichtsmaßnahmen (siehe Abschnitt 6 von EN 292-2 : 1991) sind ausreichend.

8.3 Risikovergleich

Als Teil des Verfahrens der Risikobewertung können die Risiken einer Maschine mit denen ähnlicher Maschinen

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Nr	Gefährdungen	Anhang A von EN 292-2 : 1991 / A1 : 1995	EN 292	
			Teil 1 : 1991	Teil 2 : 1991
1.1	Gefährdung durch Quetschen	1.3	4.2.1	
1.2	Gefährdung durch Scheren			
1.3	Gefährdung durch Schneiden oder Abschneiden			
1.4	Gefährdung durch Erfassen oder Aufwickeln			
1.5	Gefährdung durch Einziehen oder Fangen			
1.6	Gefährdung durch Stoß			
1.7	Gefährdung durch Durchstich oder Einstich			
1.8	Gefährdung durch Reibung oder Abrieb			
1.9	Gefährdung durch Eindringen oder Herausspritzen von Flüssigkeiten unter hohem Druck	1.3.2	4.2.1	3.8
2	elektrische Gefährdungen durch			
2.1	direkte Berührung von Personen mit von unter Spannung stehenden Teilen	1.5.1, 1.6.3	4.3	3.9, 6.2.2
2.2	Berührung von Personen mit Teilen, die durch Fehlzustände spannungsführend geworden sind	1.5.1	4.3	3.9
2.3	Annäherung an unter Hochspannung stehende Teile	1.5.1, 1.6.3	4.3	3.9, 6.2.2
2.4	elektrostatische Vorgänge	1.5.2	4.3	3.9
2.5	thermische Strahlung oder Vorgänge wie Herausschleudern geschmolzener Teilchen oder chemische Vorgänge bei Kurzschlüssen, Überlastungen usw.	1.5.1, 1.5.5	4.3	3.9
3	thermische Gefährdungen mit der Folge von			
3.1	Verbrennungen und Frostbeulen und andere Verletzungen durch den Kontakt von Personen mit Gegenständen oder Werkstoffen sehr hoher oder niedriger Temperatur, durch Flammen oder Explosionen und auch durch die Strahlung von Wärmequellen	1.5.5, 1.5.6, 1.5.7	4.4	
3.2	Schädigungen der Gesundheit durch heiße oder kalte Arbeitsumgebung	1.5.5	4.4	
4	Gefährdungen durch Lärm mit der Folge von	1.5.8	4.5	3.2, 4
4.1	Gehörverlust (Taubheit), anderen physiologischen Beeinträchtigungen (z. B. Gleichgewichtsverlust, Nachlassen der Aufmerksamkeit)			
4.2	Störung der Sprachkommunikation, Störung akustischer Signale usw.			
5	Gefährdungen durch Vibration	1.5.9	4.6	3.2
5.1	Verwendung handgeführter Werkzeuge mit dem Ergebnis von Nerven- und Gefäßstörungen			
5.2	Ganzkörpervibration, speziell in Verbindung mit Zwangshaltungen			
(fortgesetzt)				

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Nr	Gefährdungen	Anhang A von EN 292-2 : 1991/ A1 : 1995	EN 292	
			Teil 1 : 1991	Teil 2 : 1991
6	Gefährdungen durch Strahlung			
6.1	Strahlung mit Niederfrequenz, Funkfrequenz, Mikrowellen	1.5.10	4.7	
6.2	infrarotes, sichtbares und ultraviolettes Licht			
6.3	Röntgen- und Gammastrahlen			
6.4	Alphastrahlen, Betastrahlen, Elektronen- oder Ionenstrahlen, Neutronenstrahlen	1.5.10, 1.5.11	4.7	3.7.3, 3.7.11
6.5	Laserstrahlen	1.5.12	4.7	
7	Gefährdungen durch Werkstoffe und andere Stoffe (und durch ihre Bestandteile), die von Maschinen verarbeitet oder verwendet werden			
7.1	Gefährdungen durch Kontakt mit oder Einatmung von gefährlichen Flüssigkeiten, Gasen, Nebeln, Dämpfen und Stäuben	1.1.3, 1.5.13, 1.6.5	4.8	3.3b, 3.4
7.2	Gefährdung durch Feuer oder Explosion	1.5.6, 1.5.7	4.8	3.4
7.3	biologische oder mikrobiologische Gefährdungen (durch Viren oder Bakterien)	1.1.3, 1.6.5, 2.1	4.8	
8	Gefährdungen durch die Vernachlässigung ergonomischer Grundsätze bei der Gestaltung der Maschine wie z. B. Gefährdungen durch			
8.1	ungesunde Körperhaltung oder besondere Anstrengung	1.1.2d, 1.1.5, 1.6.2, 1.6.4	4.9	3.6.1, 6.2.1, 6.2.3, 6.2.4, 6.2.6
8.2	ungenügende Berücksichtigung der Anatomie von Hand/Arm oder Fuß/Bein	1.1.2d, 2.2	4.9	3.6.2
8.3	nachlässiger Gebrauch persönlicher Schutzausrüstungen	1.1.2e		3.6.6
8.4	unangepaßte örtliche Beleuchtung	1.1.4		3.6.5
8.5	mentale Überbelastung oder Unterforderung, Streß	1.1.2d	4.9	3.6.4
8.6	menschliches Fehlverhalten, menschliches Verhalten	1.1.2d, 1.2.2, 1.2.5, 1.2.8, 1.5.4, 1.7	4.9	3.6, 3.7.8, 3.7.9, 5, 6.1.1
8.7	ungeeignete Konstruktion, Platzierung oder Kenntlichmachung von Stellteilen	1.2.2		3.6.6, 3.7.8
8.8	ungeeignete Konstruktion oder Platzierung von Sichtanzeigen	1.7.1		3.6.7, 5.2
9	Kombinationen von Gefährdungen		4.10	
10	unerwarteter Anlauf, unerwartetes Durchdrehen/Überdrehen (oder jede vergleichbare Fehlfunktion) durch			
10.1	Ausfall/Störung des Steuerungssystems	1.2.7, 1.6.3		3.7, 6.2.2
(fortgesetzt)				

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Nr	Gefährdungen	Anhang A von EN 292-2 : 1991/ A1 : 1995	EN 292	
			Teil 1 : 1991	Teil 2 : 1991
10.2	Wiederherstellung der Energiezuführung nach einer Unterbrechung	1.2.6		3.7.2
10.3	äußere Einflüsse auf elektrische Betriebsmittel	1.2.1, 1.5.11, 4.1.2.8		3.7.11
10.4	andere äußere Einflüsse (Schwerkraft, Wind usw.)	1.2.1		3.7.3
10.5	Softwarefehler	1.2.1		3.7.7
10.6	Bedienungsfehler (zurückzuführen auf unzureichende Anpassung der Maschine an menschliche Eigenschaften und Fähigkeiten, siehe 8.6)	1.1.2d, 1.2.2, 1.2.5, 1.2.8, 1.5.4, 1.7	4.9	3.6, 3.7.8, 3.7.9, 5, 6.1.1
11	fehlende Möglichkeit, die Maschine unter optimalen Bedingungen stillzusetzen	1.2.4, 1.2.6, 1.2.7		3.7, 3.7.1, 6.1.1
12	Änderungen der Umdrehungsgeschwindigkeit von Werkzeugen	1.3.6		3.2, 3.3
13	Ausfall der Energieversorgung	1.2.6		3.7, 3.7.2
14	Ausfall des Steuer- bzw. Regelkreises	1.2.1, 1.2.3, 1.2.4, 1.2.5, 1.2.7, 1.6.3		3.7, 6.2.2
15	fehlerhafte Montage	1.5.4	4.9	5.5, 6.2.1
16	Bruch beim Betrieb	1.3.2	4.2.2	3.3
17	herabfallende oder herausgeworfene Gegenstände oder Flüssigkeiten	1.3.3	4.2.2	3.3, 3.8
18	Verlust der Standfestigkeit/Umkippen der Maschine	1.3.1	4.2.2	6.2.5
19	Ausgleiten, Stolpern oder Fall von Personen (im Zusammenhang mit Maschinen)	1.5.15	4.2.3	6.2.4
Zusätzliche Gefährdungen, Gefährdungssituationen und Gefährdungsereignisse aufgrund von Bewegungen				
20	im Zusammenhang mit der Fortbewegung der Maschine			
20.1	Fortbewegung beim Starten der Maschine	3.3.2, 3.3.4		
20.2	Fortbewegung, ohne daß sich der Fahrer auf dem Fahrersitz befindet	3.3.2		
20.3	Fortbewegung, ohne daß alle Teile gesichert sind	3.3.2		
20.4	zu hohe Geschwindigkeit einer durch Fußgänger geführten Maschine	3.3.4		
20.5	zu starke Schwingungen bei der Fortbewegung	3.4.1		
20.6	ungenügende Möglichkeit, die Maschine zu verlangsamen, stillzusetzen und unbeweglich zu machen	3.3.3, 3.3.5		
(fortgesetzt)				

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Nr	Gefährdungen	Anhang A von EN 292-2 : 1991/ A1 : 1995	EN 292	
			Teil 1 : 1991	Teil 2 : 1991
21	in Verbindung mit dem Arbeitsplatz (einschließlich Fahrerkabine) auf der Maschine			
21.1	Fall von Personen beim Zugang zum oder vom Arbeitsplatz	3.2.1, 3.2.3, 3.4.5, 3.4.7		
21.2	Abgase/Sauerstoffmangel am Arbeitsplatz	3.2.1		
21.3	Feuer (Entflammbarkeit der Kabine, Mangel an Feuerlöscheinrichtungen)	3.2.1, 3.5.2		
21.4	mechanische Gefährdungen am Arbeitsplatz: a) Berührung der Räder; b) Überrollen; c) Herabfallen von Gegenständen, Durchdringen; durch Gegenstände; d) Bruch von mit hoher Geschwindigkeit rotierenden Teilen; e) Berührung von Personen mit Maschinenteilen oder Werkzeugen (bei durch Fußgänger geführten Maschinen).	3.2.1 3.2.1, 3.4.3 3.2.1, 3.4.4 3.4.2 3.3.4		
21.5	ungenügende Sichtbarkeit aus der Arbeitsposition	3.2.1		
21.6	ungeeignete Beleuchtung	3.1.2		
21.7	ungeeigneter Sitz	3.2.2		
21.8	Lärm am Arbeitsplatz	3.2.1		
21.9	Vibration am Arbeitsplatz	3.2.1, 3.2.2, 3.6.3		
21.10	unzureichende Evakuierungsmöglichkeiten/Notausgänge	3.2.1		
22	zurückzuführen auf das Steuerungssystem			
22.1	ungeeignete Positionierung von Stellteilen	3.2.1, 3.3.1, 3.4.5		
22.2	ungeeignete Konstruktion der Stellteile und ihrer Betriebsweisen	3.2.1, 3.3.1, 3.3.3		
23	durch Arbeiten an der Maschine (Stabilitätsverlust)	3.1.3		
24	zurückzuführen auf die Energiequelle und Energieübertragung			
24.1	Gefährdungen durch Motor und Batterien	3.4.8, 3.5.1		
24.2	Gefährdungen durch die Energieübertragung zwischen Maschinen	3.4.7		
24.3	Gefährdungen durch Kupplungen und Seilzüge	3.4.6		
25	durch/für dritte Personen			
25.1	unerlaubtes Starten/Benutzen	3.3.2		
25.2	Bewegung eines Maschinenteils über seine Halteposition hinaus	3.4.1		
25.3	Fehlen oder mangelnde Eignung von optischen oder akustischen Warneinrichtungen	1.7.4, 3.6.1		
26	unzureichende Anweisungen für den Fahrer/Bediener	3.6		
(fortgesetzt)				

Tabelle A.1 (fortgesetzt)

Nr	Gefährdungen	Anhang A von EN 292-2 : 1991 / A1 : 1995	EN 292	
			Teil 1 : 1991	Teil 2 : 1991
Zusätzliche Gefährdungen und Gefährdungsereignisse aufgrund von Hebevorgängen				
27	mechanische Gefährdungen und Gefährdungsereignisse			
27.1	durch herabfallende Lasten, Zusammenstöße, Anstoßen der Maschine wegen:			
27.1.1	mangelnder Stabilität	4.1.2.1		
27.1.2	falscher Beladung, Überlastung, Überschreiten der Kippmomente	4.2.1.4, 4.3.3, 4.4.2a		
27.1.3	unkontrollierten Bewegungsausschlägen	4.1.2.6a, 4.2.1.3		
27.1.4	unerwarteten/unbeabsichtigten Ladungsbewegungen	4.1.2.6c		
27.1.5	ungeeigneten Befestigungsmitteln/Zubehörteilen	4.1.2.6e, 4.4.1		
27.1.6	Zusammenstoß von mehreren Maschinen	4.1.2.6b		
27.2	durch Zugang von Personen zu Lastträgern	4.3.3		
27.3	durch Entgleisen	4.1.2.2		
27.4	durch ungenügende mechanische Festigkeit von Bauteilen	4.1.2.3		
27.5	durch ungeeignete Konstruktion von Lastaufnahmehaken und -trommeln	4.1.2.4		
27.6	durch ungeeignete Auswahl von Ketten, Seilen, Hebeeinrichtungen und Zubehör und deren ungeeigneten Einbau in die Maschine	4.1.2.4, 4.1.2.5, 4.3.1, 4.3.2		
27.7	durch Herablassen der Last unter Überwachung der Reibungsbremse	4.1.2.6d		
27.8	durch abnormale Bedingungen für Montage/Prüfung/Nutzung/Instandhaltung	4.4.1, 4.4.2d		
27.9	durch Einwirkung der Last auf Personen (Stoß durch Last oder Gegengewicht)	4.1.2.6b, 4.1.2.7, 4.2.3		
28	elektrische Gefährdungen			
28.1	durch Blitzschlag	4.1.2.8		
29	Gefährdungen durch die Vernachlässigung ergonomischer Grundsätze			
29.1	ungenügende Sichtbarkeit aus der Fahrerposition	4.1.2.7, 4.4.2c		
Zusätzliche Gefährdungen, Gefährdungssituationen und Gefährdungsereignisse aufgrund von Arbeiten unter Tage				
30	mechanische Gefährdungen und Gefährdungsereignisse aufgrund von:			
30.1	mangelnder Stabilität von Schreitaufbauten	5.1		
30.2	Ausfall der Antriebs- oder Bremssteuerung bei schienengebundenen Hebezeugen	5.4		
30.3	Ausfall oder Fehlen von Totmannschaltern bei schienengebundenen Maschinen	5.4, 5.5		
(fortgesetzt)				

(fortgesetzt)

Tabelle A.1 (abgeschlossen)

Nr	Gefährdungen	Anhang A von EN 292-2 : 1991/ A1 : 1995	EN 292	
			Teil 1 : 1991	Teil 2 : 1991
31	eingeschränkte Bewegung von Personen	5.2		
32	Feuer und Explosion	5.6		
33	Emission von Staub, Gasen usw.	5.7		
Zusätzliche Gefährdungen, Gefährdungssituationen und Gefährdungsereignisse aufgrund von Hebe- beziehungsweise Fortbewegungsvorgängen für Personen				
34	mechanische Gefährdungen und Gefährdungsereignisse aufgrund von:			
34.1	ungeeigneter mechanischer Festigkeit — ungeeigneten Arbeitskennziffern	6.1.2		
34.2	Ausfall der Ladesteuerung	6.1.3		
34.3	Ausfall der Steuerung in Personentransporteinrichtungen (Funktion, Priorität)	6.2.1		
34.4	zu hoher Geschwindigkeit bei Personentransporteinrichtungen	6.2.3		
35	Fall von Personen von Personentransporteinrichtungen	1.5.15, 6.3.1, 6.3.2, 6.3.3		
36	Umkippen oder Überschlagen der Personentransporteinrichtungen	6.4.1, 6.4.2		
37	menschliches Fehlverhalten, menschliches Verhalten	6.5		

Anhang B (informativ)

Verfahren zur Untersuchung von Gefährdungen und zur Einschätzung des Risikos

B.1 Allgemeines

Es gibt eine Vielzahl von Verfahren zur Untersuchung von Gefährdungen und zur Einschätzung des Risikos, und nur einige wenige sind in diesem Anhang aufgeführt. Ebenfalls sind Risikoanalysemethoden aufgeführt, welche die Gefährdungsuntersuchung mit der Risikoeinschätzung verbinden.

Jedes dieser Verfahren wurde für ein spezielles Anwendungsgebiet entwickelt. Deshalb kann es notwendig werden, sie für die Anwendung auf Maschinen in Einzelheiten abzuändern.

Es gibt zwei Grundtypen der Risikoanalyse; sie werden als deduktive bzw. induktive Verfahren bezeichnet. Bei deduktiven Verfahren werden ein Schlußereignis angenommen und die Ereignisse gesucht, die dieses Schlußereignis hervorrufen können.

Bei induktiven Verfahren wird der Ausfall eines Maschinenelementes angenommen. Die anschließende Analyse stellt die Ereignisse fest, die dieser Ausfall hervorrufen kann.

B.2 Vorläufige Untersuchung von Gefährdungen (preliminary hazard analysis; PHA)

PHA ist ein induktives Verfahren mit dem Ziel, für ein festgelegtes System/Untersystem/Maschinenelement in allen seinen Lebensphasen die Gefährdungen, Gefährdungssituationen und Gefährdungsereignisse festzustellen, die zu einem Unfall führen könnten. Das Verfahren stellt die Unfallmöglichkeiten fest und schätzt qualitativ den Grad einer möglichen Verletzung oder eines möglichen gesundheitlichen Schadens ab. Vorschläge von Schutzmaßnahmen und das Ergebnis ihrer Anwendung werden dann angegeben.

PHA sollte in den Phasen der Konstruktion, des Aufbaus und der Prüfung aktualisiert werden, um neu auftretende Gefährdungen zu entdecken und wo nötig Korrekturen anzubringen.

Die erzielten Ergebnisse können in unterschiedlicher Weise dargestellt werden (z. B. Tabelle, Fehlerbaum).

B.3 "WAS-WENN"-Verfahren ("WHAT-IF" Method)

Das "was-wenn"-Verfahren ist ein induktives Verfahren. Für relativ einfache Anwendungen werden Konstruktion und Betrieb der Maschine untersucht. Bei jedem Schritt werden "was-wenn"-Fragen gestellt und beantwortet, um die Wirkung des Ausfalls von Maschinenelementen oder von Verfahrensfehlern hinsichtlich der durch die Maschine hervorgerufenen Gefährdungen bewerten zu können.

Für komplexere Anwendungen kann das "was-wenn"-Verfahren am besten mit Hilfe einer "Checkliste" und entsprechender Arbeitsteilung durchgeführt werden, um bestimmte Aspekte des Prozesses denjenigen Personen zuzuordnen, die zur Bewertung der jeweiligen Aspekte die größte Erfahrung und Übung haben. Bedienerverhalten und Berufskenntnisse werden begutachtet. Die Eignung der Ausrüstung und der Konstruktion der Maschine, ihre Steuerung und ihre Schutzeinrichtungen werden begutachtet. Es werden die Einflüsse durch die verarbeiteten Werkstoffe untersucht und die Bedienungs- und Instandhaltungsaufzeichnungen geprüft. Im allgemeinen geht die Checklisten-Bewertung der Maschine den unten beschriebenen, mehr verfeinerten Verfahren voran.

B.4 Fehlzustandart- und -auswirkungsanalyse; Ausfalleffekt- analyse (Failure Mode and effects Analysis; FMEA)

FMEA ist ein induktives Verfahren mit dem hauptsächlich Zweck, die Häufigkeit und die Folgen des Ausfalles von Maschinenelementen zu ermitteln. Wo Verfahrensfehler oder Bedienungsfehler von wesentlicher Bedeutung sind, können andere Verfahren geeigneter sein.

FMEA kann zeitaufwendiger sein als die Fehlerbaumanalyse, weil für jedes Element jede Art des Ausfalls betrachtet wird. Einige Ausfälle haben eine sehr geringe Eintrittswahrscheinlichkeit. Wenn diese Ausfälle nicht im Detail analysiert werden, sollte dies in der Dokumentation aufgezeichnet sein.

Das Verfahren ist in IEC 812 "Analysis techniques for system reliability — Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)" festgelegt.

B.5 Fehlersimulation für Steuerungen (Fault Simulation for Control Systems)

Bei diesem induktiven Verfahren beruhen die Prüfverfahren auf zwei Kriterien: Auslegung und Komplexität der Steuerungen. Grundsätzlich sind folgende Verfahren anwendbar:

- praktische Prüfungen am betreffenden Regelkreis und Fehlersimulation an bestimmten Bestandteilen, insbesondere auf Abschnitten, die sich in theoretischen Untersuchungen als kritisch erwiesen haben;
- Simulation des Regelverhaltens (z. B. mit Hilfe von Hardware- und/oder Softwaremodellen).

Wenn komplexe sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen geprüft werden, ist es üblicherweise notwendig, das System in mehrere funktionelle Untersysteme zu gliedern und lediglich die Schnittstellen der Fehlersimulationsprüfung zu unterziehen.

Dieses Verfahren kann auch für die Prüfung anderer Maschinenteile angewendet werden.

B.6 MOSAR-Verfahren (Method Organized for a Systematic Analysis of Risks)

MOSAR ist ein vollständiges Verfahren in zehn Schritten. Das zu analysierende System (Maschine, Prozeß, Einrichtung usw.) wird als eine Anzahl von wechselwirkenden Subsystemen angesehen. Es wird eine Tabelle benutzt, um die Gefährdungen, Gefährdungssituationen und Gefährdungseignisse zu identifizieren.

Die Eignung der Schutzmaßnahmen wird mit Hilfe einer zweiten Tabelle untersucht; in einer dritten Tabelle wird ihre gegenseitige Abhängigkeit berücksichtigt.

Eine Untersuchung mit den bekannten Mitteln wie FMEA gibt die möglichen gefährlichen Ausfälle zu erkennen. Dies führt zur Ausarbeitung von Unfallszenarien. Die Szenarien sind in einer Tabelle, welche im Konsens erstellt wurde, nach dem Schadensausmaß sortiert.

Eine weitere ebenfalls im Konsens erarbeitete Tabelle verbindet das Schadensausmaß mit den Zielstellungen, die von den Schutzmaßnahmen zu erreichen sind, und legt die Leistungsebenen der technischen und organisatorischen Maßnahmen fest.

Die Schutzmaßnahmen werden dann in die Logikbäume aufgenommen und die Restrisiken mit Hilfe einer im Konsens ausgearbeiteten Akzeptanztable analysiert.

B.7 Fehlerbaumanalyse; Fehlzustands- baumanalyse (Fault Tree Analysis; FTA)

FTA ist ein deduktives Verfahren, das aufgrund eines als unerwünscht angesehenen Ereignisses durchgeführt wird und den Anwender in die Lage versetzt, alle kritischen Pfade herauszufinden, die zum unerwünschten Ereignis führen.

Gefährliche oder besonders wichtige Ereignisse werden zuerst identifiziert. Dann werden alle Kombinationen von Einzelfehlern, die zu einem Gefährdungseignis führen können, im logischen Aufbau des Fehlerbaums gezeigt. Bei der Einschätzung der Einzelfehlerwahrscheinlichkeiten und anschließender Verwendung geeigneter arithmetischer Ausdrücke kann die Häufigkeit eines besonders wichtigen Ereignisses berechnet werden. Die Auswirkung einer Systemveränderung auf die Häufigkeit eines solchen Ereignisses kann somit schnell eingeschätzt werden; folglich ist es durch FTA vergleichsweise einfach, die Auswirkung von alternativen Schutzmaßnahmen zu untersuchen. FTA hat sich auch als sehr nützlich bei der Bestimmung von Unfallursachen erwiesen.

Das Verfahren ist in IEC 1025 "Fault tree analysis (FTA)" festgelegt.

B.8 DELPHI-Methode

Ein großer Expertenkreis wird in mehreren Schritten befragt, wobei das Ergebnis des vorhergehenden Schrittes zusammen mit zusätzlichen Informationen allen Teilnehmern übermittelt wird.

Im dritten oder vierten Schritt konzentriert sich die anonyme Befragung auf diejenigen Gesichtspunkte, zu denen bisher keine Übereinstimmung erzielt wurde.

Im Grundsatz ist die DELPHI-Methode ein Voraussageverfahren, das auch zur Entwicklung von neuen Ideen verwendet wird. Dieses Verfahren ist besonders effektiv, weil ausschließlich Fachleute beteiligt werden.

Anhang C (informativ)

Literaturhinweise

IEC 812

Analysis techniques for system reliability — Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)

IEC 1025

Fault tree analysis (FTA)