

# Vorwort

Das vorliegende Buch entstand im Zusammenhang mit den Vorlesungen *Elektrokonstruktion* im Grundstudium und *Elektroprojektierung* im Hauptstudium des Studienganges Elektrotechnik. Sie werden begleitet durch weitere Lehrveranstaltungen insbesondere zu den Themen Elektroenergietechnik, Steuerungstechnik und elektrische Antriebe.

Die Elektrokonstruktion umfasst die Erarbeitung der notwendigen Unterlagen für Herstellung, Betrieb und Wartung einer elektrischen Einrichtung. Dieser Prozess bringt das Wissen mehrerer Fachgebiete in Zusammenhang und erfordert die Beachtung zahlreicher Restriktionen. Von besonderer Bedeutung sind dabei die gesetzlichen Grundlagen und Normen, weshalb in dem vorliegenden Buch zahlreiche Verweise auf aktuelle Normen enthalten sind. Die Normen sollen den Konstrukteur nicht mit Formalismen „bevormunden“, sondern sie sollen als Nachschlagewerk oder als Lösungssammlung eine wichtige Informationsquelle darstellen.

Die europäische Normung ist ein sehr dynamischer Prozess, in dessen Ergebnis zahlreiche neue oder geänderte Normen entstanden sind. Oft ist dies mit der Trennung von gewohnten und viele Jahre genutzten Prinzipien verbunden, wie z. B. von dem Schriftfeld aus dem Jahr 1970.

Zu einer der wichtigsten Aufgaben des Elektrokonstruktors gehört es, eine Anlage so zu gestalten, dass von ihr keine Gefährdungen ausgehen, und dies auch nachzuweisen. Aus diesem Grund wird ein Überblick über die Problematik von Risikobeurteilung und Risikominderung gegeben. Es ist bereits jetzt erkennbar, dass die Bedeutung dieses Nachweises weiter steigen wird.

Die Elektrokonstruktion mündet in die Anfertigung der Konstruktionsdokumentationen. Vermittelt werden hierzu Grundkenntnisse für die Erarbeitung von Plänen und Listen der Elektrotechnik, wobei großer Wert auf moderne rechnerunterstützte Konstruktionsmethoden (CAD) gelegt wird. Dabei werden sowohl energietechnische als auch steuerungstechnische und elektropneumatische Komponenten berücksichtigt.

In dieser Grundlagenvermittlung ist das Wissen dargestellt, das nötig ist, bevor man EPLAN einsetzt, und es wird anschließend die Anwendung dieses Wissens in EPLAN an Beispielen aus der Praxis erläutert.



Zum Erlernen der Arbeit mit *EPLAN Electric P8* und zur Anfertigung der Beispiele in diesem Buch wird das Programm *EPLAN Education - Version 2.4* eingesetzt.

Eine kostenlose, auf die Ausbildungszeit befristete Version *EPLAN Education* kann zur Erstellung von Labor- und Abschlussarbeiten im Bereich Elektro-, Fluid- und EMSR-Technik von Schülern, Studenten und Auszubildenden bei der Firma *EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG* über [WWW.EPLAN.DE](http://WWW.EPLAN.DE) bezogen werden.

Ein erstes durchgängiges Beispiel zeigt einen „Weg durch EPLAN“ und ermöglicht damit, den Umgang mit diesem Elektro-Engineering-System zu erlernen. Die dabei erworbenen Fähigkeiten können danach an einem weiteren Beispiel geübt und erweitert werden. Zusätzliche Funktionen des Programmsystems können auf dieser Basis selbst erarbeitet oder in weiterführenden Lehrgängen bei *EPLAN Software & Service* erlernt werden.

Mein besonderer Dank gilt der Firma *EPLAN Software & Service GmbH & Co. KG* für die wertvollen Hinweise bei der Gestaltung dieses Buches.

Gleichfalls danke ich dem Fachbuchverlag Leipzig für die Anregung zu diesem Buch und für die Betreuung dieses Projektes.

Zwickau, September 2015

Gerald Zickert



Für die Erläuterung der Programmbedienung wird folgende Syntax benutzt:

- Menüpunkte mit **Fettschrift**,
- Menüfenster mit <...> ,
- Registerkarten mit /.../,
- Tasten (Bildschirm oder Tastatur) mit [...],
- Befehlsfolgen durch → getrennt,
- beispielhafte Einträge *kursiv*.

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Ablauf und Methoden der Konstruktion</b> .....	<b>11</b>
1.1	Entwurfsprozess .....	11
1.2	Konstruktion in der Elektrotechnik .....	12
<b>2</b>	<b>Gesetzliche Grundlagen und Normung</b> .....	<b>15</b>
2.1	Produkthaftung .....	15
2.2	Normung .....	16
2.2.1	Begriff und Inhalt technischer Normen .....	16
2.2.2	Rechtliche Stellung der Normen .....	17
2.2.3	Normungsgremien .....	18
2.3	Risikobeurteilung und Risikominderung .....	19
2.3.1	Risikobeurteilung .....	20
2.3.2	Risikominderung .....	21
<b>3</b>	<b>Gestaltung elektrischer Geräte und Anlagen</b> .....	<b>36</b>
3.1	Sicherheitsgerichtete Konstruktion .....	37
3.1.1	Grundsätzliche Gestaltungshinweise .....	37
3.1.2	Handlungen im Notfall .....	42
3.1.3	Schaltungstechnische Umsetzung .....	44
3.2	Bedien- und Anzeigeelemente .....	47
3.3	Gefäßsysteme und mechanischer Aufbau .....	50
3.3.1	Schränke und Gehäuse aus dem 19-Zoll-Aufbausystem .....	51
3.3.2	Mechanischer Aufbau .....	56
3.4	Wärmeabführung .....	60
3.4.1	Physikalische Grundlagen .....	60
3.4.2	Schaltschrankklimatisierung .....	66
<b>4</b>	<b>Konstruktionsunterlagen</b> .....	<b>73</b>
4.1	Technische Zeichnungen .....	73
4.2	Technische Unterlagen in der Elektrotechnik .....	74
4.3	Grundlegende Gestaltungshinweise .....	78
4.3.1	Format und Faltung .....	78
4.3.2	Schriftfeld .....	79
4.3.3	Linienarten .....	80

4.4	Schaltzeichen .....	82
4.5	Beschriftungen .....	86
4.5.1	Referenzkennzeichnung .....	86
4.5.2	Verweis auf den Darstellungsort .....	93
4.5.3	Angaben an Verbindungen .....	95
<b>5</b>	<b>Pläne und Listen der Elektrotechnik .....</b>	<b>98</b>
5.1	Übersichtsschaltplan .....	98
5.2	Stromlaufplan .....	100
5.2.1	Anwendung .....	100
5.2.2	Inhaltliche Gestaltung .....	101
5.2.3	Verteilte Darstellung .....	104
5.3	Verbindungsschaltplan .....	108
5.3.1	Geräteverdrahtungsplan und Verbindungsplan .....	109
5.3.2	Anschlussplan und Klemmenplan .....	112
5.3.3	Kabelplan .....	113
5.4	Anordnungsplan .....	114
5.5	Elektropneumatik .....	115
5.5.1	Bauelemente .....	116
5.5.2	Grundsaltungen .....	119
5.5.3	Pläne der Elektropneumatik .....	121
5.6	Stückliste .....	125
<b>6</b>	<b>Rechnerunterstützte Konstruktion und EPLAN .....</b>	<b>129</b>
6.1	Computer Integrated Manufacturing (CIM) .....	129
6.1.1	Konzept .....	129
6.1.2	Computer Aided Design (CAD) .....	130
6.1.3	CAD in der Elektrotechnik .....	133
6.2	Arbeitsweise der Elektro-CAD-Systeme .....	134
6.2.1	Systemaufbau .....	134
6.2.2	Handlungsablauf .....	139
6.2.3	Angrenzende Systeme und Schnittstellen .....	141
6.3	Das Programmsystem EPLAN Electric P8 .....	145
<b>7</b>	<b>Beispiele mit EPLAN .....</b>	<b>150</b>
7.1	Hubanlage .....	150
7.1.1	Überblick .....	150
7.1.2	Programmstart und Oberfläche .....	154
7.1.3	Projekte verwalten .....	155
7.1.4	Parametereinstellungen .....	159
7.1.5	Strukturkennzeichen vorbereiten .....	160
7.1.6	Projektseiten .....	163
7.1.7	Grafische Bearbeitung .....	164
7.1.8	Artikelverwaltung .....	191

7.1.9	Projekt prüfen .....	201
7.1.10	Pläne und Listen erstellen (Auswertungen) .....	206
7.2	Transporttisch .....	211
7.2.1	Überblick .....	212
7.2.2	Projekt und Projektseiten anlegen .....	219
7.2.3	Stromlaufpläne projektieren .....	221
7.2.4	SPS-Übersicht anlegen .....	232
7.2.5	Pläne und Listen erstellen (Auswertungen) .....	234
<b>8</b>	<b>Lösungen .....</b>	<b>236</b>
	<b>Literatur, Gesetze und Normen .....</b>	<b>246</b>
	<b>Index .....</b>	<b>251</b>

# 2

## Gesetzliche Grundlagen und Normung

Wer sich mit der Konstruktion, der Errichtung oder dem Betrieb elektrischer Anlagen oder Geräten befasst, schafft Gefahrenquellen und ist daher in jedem Einzelfall für die *Einhaltung der anerkannten Regeln der Elektrotechnik* verantwortlich. Der folgende Abschnitt soll darstellen, wie der Konstrukteur dieser Verantwortung gerecht werden kann und welche Bedeutung Normen in diesem Zusammenhang haben.

### ■ 2.1 Produkthaftung

Das seit dem 1.1.1990 geltende Produkthaftungsgesetz (ProdHaftG) beinhaltet eine eigenständige verschuldungsunabhängige Gefährdungshaftung des Herstellers für fehlerhafte Produkte.

Im § 1 I S. 1 Produkthaftungsgesetz heißt es hierzu:

*„Wird durch den Fehler eines Produktes jemand getötet, sein Körper oder seine Gesundheit verletzt oder eine Sache beschädigt, so ist der Hersteller des Produkts verpflichtet, dem Geschädigten den daraus entstehenden Schaden zu ersetzen.“*

Ein *Konstruktionsfehler* ist im Sinne des Produkthaftungsgesetzes ebenfalls ein Produktfehler, wenn schon bei der Planung des Produkts gegen anerkannte Regeln der Technik verstoßen wurde. Der Fehler liegt dann zeitlich vor der Herstellung und ist für die komplette Produktionsserie typisch. Entsteht ein Schaden, muss der Hersteller in der zivil- oder strafrechtlichen Auseinandersetzung nachweisen, dass der Fehler nach dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik nicht erkannt werden konnte, also nach den anerkannten Regeln der Technik konstruiert wurde.

Für technische Arbeitsmittel und Verbraucherprodukte ist ergänzend das *Gesetz über die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt* (Produktsicherheitsgesetz - ProdSG) zutreffend. Nach diesem Gesetz darf ein Hersteller von Produkten diese nur in den Verkehr bringen oder ausstellen, wenn sie so beschaffen sind, dass bei bestimmungsgemäßer Verwendung Sicherheit und Gesundheit von Benutzern oder Dritten nicht gefährdet werden. Bei der Beurteilung, ob ein Produkt diesen Anforderungen entspricht, können Normen und andere technische Spezifikationen als anerkannte Regeln der Technik zu Grunde gelegt werden.

Ebenfalls zu beachten sind das *Energiewirtschaftsgesetz* (EnWG), die *Unfallverhütungsvorschriften* der gewerblichen Berufsgenossenschaften und weitere Vorschriften, die ergänzend zum Produkthaftungsgesetz gültig sind.



Es gilt grundsätzlich, dass nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik bzw. der Elektrotechnik konstruiert werden muss und sich diese Regeln aus überbetrieblichen Normen und aus technischen Vorschriften verschiedener Organisationen ergeben.

Andererseits darf (oder muss) von Normen und Regeln abgewichen werden, soweit die gleiche Sicherheit (oder eine bessere Sicherheit) nachweislich auf andere Weise gewährleistet ist. Diese Möglichkeit muss eröffnet werden, da sonst technische Weiterentwicklungen und neue Verfahren blockiert würden. Auch wenn Normen und Spezifikationen regelmäßig aktualisiert werden, könnten dennoch neue Erkenntnisse noch nicht enthalten sein. Der Konstrukteur muss deshalb auch beim Vorhandensein einschlägiger Normen oder Regelwerke prüfen, ob diese noch auf aktuellem Stand sind. Der Konstrukteur kann sich auf derartige Regelwerke auch deshalb nicht immer verlassen, weil sie nur allgemein anerkannte Standards enthalten und nicht auf alle Sonderfälle eingehen können.

Aus diesen Zusammenhängen kann die rechtliche Stellung von Normen abgeleitet werden.

Umfassende Informationen zur Produktsicherheit sind in [KREY14] enthalten.

## ■ 2.2 Normung

Nationale und internationale Normen sind wichtige Informationsquellen für den Konstrukteur. Als Arbeitsgrundlage unterstützen sie den Konstruktionsprozess.

### 2.2.1 Begriff und Inhalt technischer Normen

*Normen* sind ein Mittel zur Ordnung und sind Grundlage für eine sinnvolle Zusammenarbeit, denn in einer Gesellschaft kann nicht jeder nach seinem Belieben handeln. Je größer die Gemeinschaft ist, desto detaillierter müssen die Regeln (Normen) sein, die dieses Zusammenleben ordnen [KLEIN08]. Der Begriff Normung ist in DIN 820-3 definiert:

Normung ist die „... *planmäßige, durch die interessierten Kreise gemeinschaftlich durchgeführte Vereinheitlichung von materiellen und immateriellen Gegenständen zum Nutzen der Allgemeinheit.*“

Die *Normungsarbeit* erfolgt auf nationaler, regionaler oder internationaler Ebene. Hierzu gehören auch das Anwenden ihrer Ergebnisse und deren laufendes Anpassen an den jeweiligen Stand der Entwicklung. Eine Norm wird von einem Dokument geprägt, das im Wesentlichen im Konsens erstellt und von einer anerkannten Körperschaft angenommen worden ist. Sie legt entsprechende Regeln, Anleitungen oder Kenndaten für Tätigkeiten oder deren Ergebnisse für die allgemeine und wiederkehrende Anwendung fest [KLEIN08].

Die Normung wird ungerechterweise oft als Einschränkung der Gestaltungsfreiheit in der Konstruktion verstanden, obwohl die Anwendung von Normen neben einer größeren Rechtssicherheit weitere entscheidende Vorteile bietet:

- **Information**  
Die Normung bietet Lösungen für wiederkehrende Aufgaben wie die Ermittlung des notwendigen Leiterquerschnittes für eine bestimmte Stromstärke.
- **Rationalisierung**  
Der Einsatz von Normteilen verringert die Typenvielfalt und erlaubt die kostengünstige Herstellung in großen Stückzahlen. Gleichzeitig wird die Lagerhaltung vereinfacht und die Austauschbarkeit, z. B. von Baugruppen aus dem 19-Zoll-Aufbausystem, ermöglicht.
- **Ordnung**  
Vereinheitlichte Darstellungsmittel, z. B. durch Zeichnungsnormen, ermöglichen die Verständigung zwischen unterschiedlichen Fachgebieten. Genormte Mess- und Prüfverfahren machen die Ergebnisse vergleichbar.
- **Qualität**  
Durch genormte Qualitätsanforderungen werden Mindestvorgaben durchgesetzt und Qualitätsangaben einheitlich.
- **Sicherheit**  
Genormte Sicherheitsanforderungen, z. B. für die sicherheitsgerechte Konstruktion, schützen vor Unfällen und Havarien, bieten Lösungen für diese Anforderungen und machen Sicherheitsangaben kompatibel.

### 2.2.2 Rechtliche Stellung der Normen



Die Normen des deutschen Normenwerkes gelten als Empfehlungen, sie sind keine Gesetze, der Gesetzgeber verlangt keinen Erfüllungsnachweis und sie stehen jedermann zur Anwendung frei [DIN 820-1].

Sie sind zwar einerseits Empfehlungen, gelten jedoch andererseits als anerkannte Regeln der Technik. In mehreren Gesetzen wird auf die Einhaltung dieser Regeln verwiesen oder es wird aus einer Rechtsvorschrift die Anwendungspflicht abgeleitet. Normen sind eine wichtige Informationsquelle für einwandfreies technisches Verhalten im Normalfall. Sie sind bei zivil- und strafrechtlichen Auseinandersetzungen geeignet, den Verantwortlichen zu entlasten, da deren Anwendung die Vermutung begründet, dass einwandfreies technisches Verhalten vorliegt [DIN 820-1].

Normen können nicht alle Sonderfälle und alle neuen Erkenntnisse sofort berücksichtigen, weshalb weitere Informationen aus anderen Quellen, z. B. Veröffentlichungen, Fachtagungen oder Messveranstaltungen, auszuwerten sind. In Sonderfällen sind weitergehende oder weniger umfangreiche Maßnahmen möglich, sofern die Sicherheit nachweislich erhalten bleibt. Dies erlaubt die Übernahme neuer Verfahren, die im Normenwerk noch nicht enthalten sind.



„Durch das Anwenden von Normen entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln“ [DIN 820-1].



Aus der Verantwortung, die der Konstrukteur einer elektrischen Anlage oder eines Gerätes für die Sicherheit hat, resultiert die Forderung, diese so sicher zu machen, wie es nach dem Stand der Technik, der in Normen beschrieben wird, möglich ist. Die konstruktive Gestaltung einer elektrischen Anlage, z. B. der Elektroausrüstung einer Maschine, muss den Anforderungen des *Europäischen Normenwerkes für die Sicherheit von Maschinen* entsprechen. Diese Normensammlung ist hierarchisch aufgebaut und gliedert sich in folgende Typen:

- **Typ-A-Normen** (Sicherheitsgrundnormen)  
behandeln Grundbegriffe, Gestaltungsleitsätze und allgemeine Aspekte, die auf Maschinen angewandt werden können, z. B. in DIN EN ISO 12100.
- **Typ-B-Normen** (Sicherheitsgruppennormen)  
behandeln einen Sicherheitsaspekt oder eine Art von Schutzeinrichtungen, die für eine ganze Reihe von Maschinen verwendet werden können. Es wurde hier eine weitere Unterteilung vorgenommen in
  - **Typ-B1-Normen** für allgemeine übergeordnete Sicherheitsaspekte  
z. B. sicherheitsrelevante Teile von Steuerungen (DIN EN ISO 13849-1), elektrische Ausrüstung von Maschinen (DIN EN 60204-1) und
  - **Typ-B2-Normen** für spezielle Schutzeinrichtungen  
z. B. Zweihandschaltungen (DIN EN 574), Lichtschranken (DIN EN 61496-1), Not-Halt-Einrichtungen (DIN EN ISO 13850).
- **Typ-C-Normen** (Fach- oder Produktnormen)  
behandeln detaillierte Sicherheitsanforderungen an eine bestimmte Maschine oder Gruppe von Maschinen, z. B. Bearbeitungszentren (DIN EN 12417).

A-Normen richten sich vorzugsweise an die Gestalter von B- und C-Normen. Auch die B-Normen richten sich primär an die Entwickler von C-Normen. Sie können jedoch auch für den Konstrukteur einer Maschine hilfreich sein, wenn keine C-Norm vorliegt.

Grundsätzlich müssen alle Normen des europäischen Normenwerkes für die Sicherheit von Maschinen in die nationale Normung übernommen werden. Für die beispielhaft genannten Normen ist dies bereits erfolgt. Produktnormen können Anforderungen enthalten, die von Grund- oder Gruppennormen abweichen. In diesem Fall hat die Produktnorm die höhere Priorität.

### 2.2.3 Normungsgremien

#### Deutsches Institut für Normung (DIN)

Träger der Normung in Deutschland ist das Deutsche Institut für Normung. Es ist ein eingetragener und als gemeinnützig anerkannter Verein mit Sitz in Berlin. Mitglied können Firmen und Verbände sowie alle an der Normung interessierten Körperschaften, Behörden oder Organisationen werden. Die Arbeitsergebnisse des DIN sind die DIN-Normen.

### **Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE)**

Historisch bedingt haben sich in Deutschland zwei Organisationen entwickelt, die die Normungsarbeit einerseits auf nichtelektrischen Gebieten (DIN) und andererseits auf dem Gebiet der Elektrotechnik (VDE<sup>1</sup>) ausführen.

Die DKE wurde als gemeinsames Organ des DIN und des VDE gebildet, sie wird juristisch vom VDE getragen und ist gleichzeitig die „elektrotechnische Abteilung“ des DIN. Die Arbeitsergebnisse der DKE sind DIN-Normen. Sie werden zusätzlich als VDE-Bestimmung gekennzeichnet, wenn sie Sicherheitsvorschriften für die Anwendung des elektrischen Stromes enthalten.

### **Europäisches Komitee für Normung (CEN)**

#### **Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC)**

Ziel der europäischen Normung ist, bestehende nationale Normen zu harmonisieren und neue regionale Normen zu entwickeln. Die europäischen Normungsgremien sind nicht-staatliche und gemeinnützige Vereinigungen mit Sitz in Brüssel. Die Arbeitsergebnisse sind EN-Normen, die nach unveränderter Übernahme als DIN-EN-Norm geführt werden.

### **International Organization for Standardization (ISO)**

#### **International Electrotechnical Commission (IEC)**

ISO und IEC erarbeiten internationale ISO- bzw. IEC-Normen als Empfehlungen, die von den nationalen Normungsgremien der Mitgliedsländer übernommen werden sollen. Deutschland ist Mitglied beider Organisationen. Nach unveränderter Übernahme sind dies die DIN-ISO- oder DIN-IEC-Normen.

## ■ 2.3 Risikobeurteilung und Risikominderung

Aufgrund der Struktur und ihrer Funktion beinhalten Anlagen, Maschinen oder Geräte Risiken. Aufgabe des Konstrukteurs ist es, Gefährdungen durch geeignete Gestaltung und Auswahl von Konstruktionsmerkmalen zu vermeiden. Falls nicht alle Gefährdungen vermieden werden können, sind Schutzeinrichtungen gegen die verbleibenden Gefährdungen zu verwenden. Sollten Schutzeinrichtungen im Einzelfall nicht anwendbar sein, muss das Personal entsprechend unterwiesen sein. Wichtig ist die Reihenfolge der Herangehensweise:



1. Sicher gestalten (inhärent sichere Konstruktion)
2. Sicherheitseinrichtungen vorsehen
3. Personal unterweisen (Benutzerinformationen)

Sicherheitsuntersuchungen gehen davon aus, dass Fehler in sicherheitsrelevanten Anlagenteilen nicht völlig verhindert werden können. Es muss jedoch gesichert sein, dass ein solcher Fehler keine Gefahren verursacht. Deshalb wird betrachtet, ob trotz eines Fehlers

<sup>1</sup> Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik

die Sicherheit noch gegeben ist, wie groß das Risiko für den Bediener oder die Anlage ist und mit welchen Sicherheitsmaßnahmen das Gefährdungsrisiko auf ein vertretbares Maß reduziert werden kann.

Um die funktionale Sicherheit der Anlage zu gewährleisten, ist es somit notwendig, dass alle sicherheitsrelevanten Teile der Schutz- und Steuereinrichtungen korrekt funktionieren und sich im Fehlerfall so verhalten, dass die Anlage in einem sicheren Zustand bleibt oder in einen sicheren Zustand gebracht wird. Dies wird als *erstfehlersicher* bezeichnet. Je nach Gefährungsgrad müssen unterschiedlich hohe Anforderungen an die Schutzrichtungen, deren Überwachung und die Signalverarbeitung gestellt werden. Die Höhe des Gefährungsgrades muss durch eine Risikobeurteilung festgestellt werden.

Dieser Abschnitt soll einen Überblick über den Gesamtprozess von Risikobeurteilung und Risikominderung geben. Ausführlichere Informationen sind in [BÖR08] und [GRÄF07] enthalten.

### 2.3.1 Risikobeurteilung

Die Risikobeurteilung ist eine Folge von Handlungen zur Risikoanalyse und Risikobewertung, die die systematische Untersuchung von Gefährdungen erlaubt. Die DIN EN ISO 12100 beschreibt die zu betrachtenden Risiken und gibt Hinweise zu möglichen Gefährdungen. Sie stellt außerdem den iterativen Prozess zum Erreichen der Sicherheit aus Risikobeurteilung und Risikominderung dar (Bild 2.1).

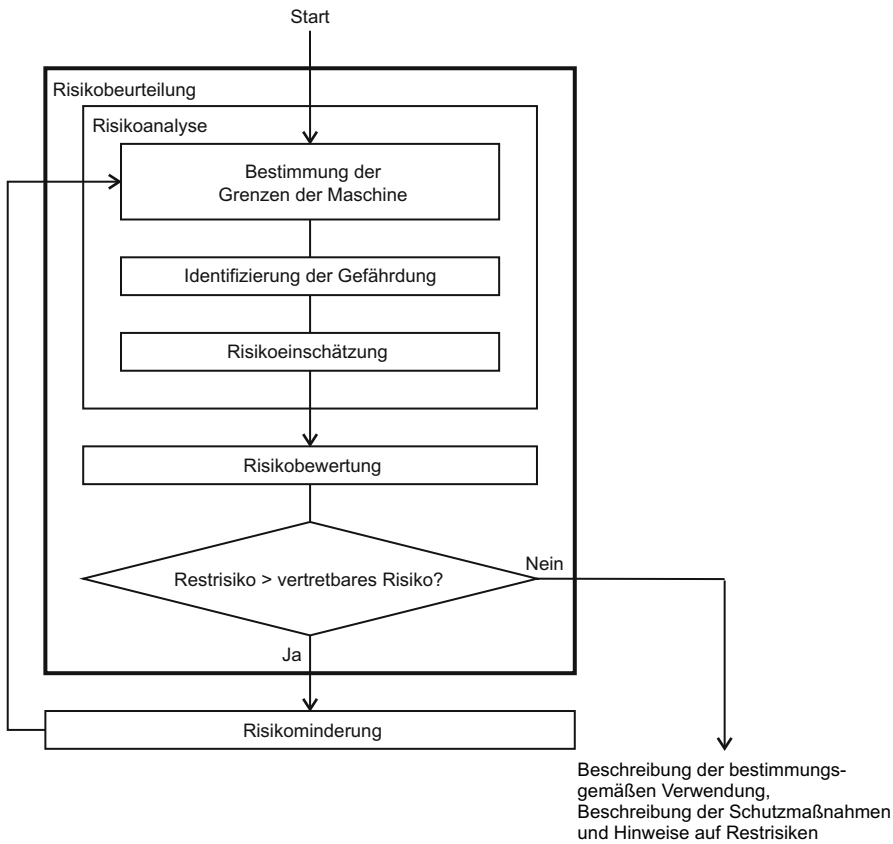
#### Risikoanalyse

Die Risikoanalyse umfasst, bezogen auf die Grenzen der Maschine, die Identifizierung einer möglichen Gefährdung und die Risikoeinschätzung.

Die *Grenzen der Maschine* resultieren aus räumlichen und zeitlichen (Verschleiß-)Grenzen und aus der bestimmungsgemäßen Verwendung, wobei vorhersehbares, willkürliches oder reflexartiges Fehlverhalten in Betracht gezogen werden muss.

Zur *Identifizierung einer Gefährdung* müssen alle Gefahren ermittelt und dokumentiert werden, die im Zusammenhang mit der bestimmungsgemäßen Verwendung der Maschine oder Anlage innerhalb der einzelnen Teilsysteme und an den Schnittstellen zwischen den Systemen auftreten können. Darüber hinaus müssen auch vernünftigerweise vorhersehbare Gefährdungen, Gefährdungssituationen oder Gefährdungsereignisse identifiziert werden, die nicht unmittelbar mit den Aufgaben in Zusammenhang stehen (z. B. Bersten von Hydraulikschläuchen).

Zur *Risikoeinschätzung* werden das Ausmaß des möglichen Schadens und die Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines solchen Schadens untersucht. Diese Wahrscheinlichkeit ist abhängig von Häufigkeit und Dauer der Gefährdungsexposition, von der Eintrittswahrscheinlichkeit des Gefährdungsereignisses und von der Möglichkeit zur Schadensvermeidung.



**Bild 2.1** Risikobeurteilung

### Risikobewertung

Ergibt sich bei der Risikobewertung, dass das verbleibende Restrisiko größer ist, als das größte vertretbare Risiko (Grenzrisiko), muss das Risiko weiter gemindert werden. Gleichfalls ist zu prüfen, ob eine neue Schutzmaßnahme zu neuen Gefährdungen geführt hat.

Ein positives Ergebnis des Risikovergleiches gibt Vertrauen, dass das Risiko hinreichend vermindert wurde. Dabei ist zu berücksichtigen, dass zusätzliche Maßnahmen auch Zusatzkosten verursachen. Ein minimales Risiko, das natürliche Hintergrundrisiko, wird nicht zu vermeiden sein.

### 2.3.2 Risikominderung

Falls eine Risikominderung (Bild 2.2) notwendig ist, sind unter Beachtung der Hinweise in DIN EN ISO 12100 geeignete Maßnahmen auszuwählen und anzuwenden und die Risikobeurteilung ist zu wiederholen.

Die zur Minderung des Risikos geeigneten Maßnahmen müssen für alle Gefährdungen und für alle Betriebszustände in nachstehender Prioritätenfolge angewendet werden:

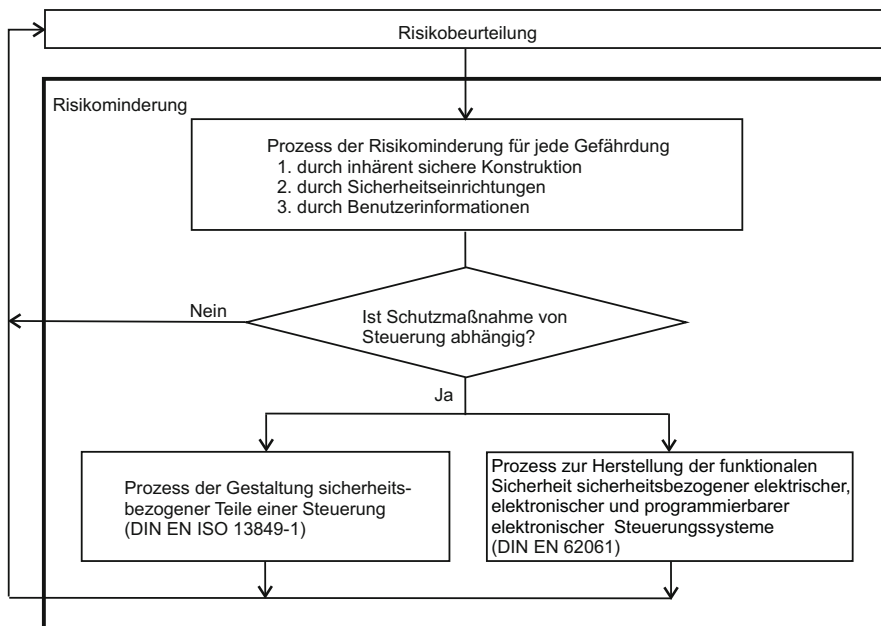
1. konstruktive Maßnahmen (inhärent sichere Konstruktion),
2. technische und ergänzende Schutzmaßnahmen, die das Risiko unter Berücksichtigung der bestimmungsgemäßen Verwendung und der vernünftigerweise vorhersehbaren Fehlanwendung hinreichend vermindern und für die jeweilige Anwendung geeignet sind (Sicherheitseinrichtungen),
3. Benutzerinformation, die einen Hinweis auf jegliches Restrisiko enthält.

Wird die Risikominderung mit einer *Sicherheitseinrichtung* ausgeführt und ist diese von einer Steuerung abhängig, so kann nach einer der beiden angegebenen Methoden vorgegangen werden. Grundsätzlich reicht die Anwendung einer der beiden Vorgehensweisen aus.

Mit der gegenwärtig diskutierten Norm IEC ISO 17305 ist die Zusammenführung der Normen DIN EN ISO 13849-1 und DIN EN 62061 vorgesehen.



Zahlreiche Hersteller von Betriebsmitteln stellen die Sicherheitskennwerte als Datei in einem nach VDMA 66413 genormten Format bereit. Diese Datei kann zum Beispiel in die Artikeldaten von EPLAN eingelesen werden.



**Bild 2.2** Risikominderung

# Index

## A

- Abbruchstelle 95, 178
- Ablageformat 79
- Ablaufdiagramm 75
- Ablaufsteuerung 121
- Analyse 11 f.
- Anlage 36
- Anlagenkennzeichnung 87
- Anordnungsplan 75, 114, 244
- Anschlusskennzeichnung 83, 87, 92
  - Funktions- 84, 92
  - Produkt- 92
- Anschlussliste 112
- Anschlussplan 75, 112
- Anschlusstabelle 75
- Anzeigeelement 47
- Arbeitsweise
  - Grafikorientiert 147, 139
  - Objektorientiert 135, 139, 147, 212
- Artikel
  - Funktionsdefinition 194
  - Geräteauswahl 200
- Artikeldaten
  - Sichern 198
  - Wiederherstellen 198
- Artikeldatenbank 137, 191
- Artikelstückliste 210
- Artikelverwaltung 191 f.
- Aspekt
  - Funktions- 87
  - Orts- 87
  - Produkt- 87, 89
- Aufbausystem
  - Neunzehn-Zoll- 51
- Aufgabenstellung 12
- Aufstellungsbedingung 13
- Auswertung 135, 148, 206
  - Artikelstückliste 210
  - Eingebettet 234
  - Inhaltsverzeichnis 211
  - Klemmenplan 208

- Strukturkennzeichenübersicht 234
- Titel-/Deckblatt 211
- Autoconnecting 139, 170
- Autovervollständigen 162

## B

- Basisprojekt 156
- Bauartnachweis 56
- Baueinheit 110
- Bauform 56
- Baugruppe 52
- Baugruppenträger 52, 54
- Bedienelement 47
- Bestückungsplan 115
- Betriebsmittel 36
- Betriebsmittelbibliothek 137, 191
- Betriebsmittelkennzeichnung 86
- Betriebsmittelnavigator 221
- Bibliothek 134, 136
  - Betriebsmittel- 137
  - Formular- 138
  - Projekt- 136
  - Symbol- 136
- Binäres Element 83
- Busanschaltbaugruppe 106, 227, 232

## C

- CAD 130
- CAE 129
- CAM 130
- CAP 130
- CAQ 130
- CCF 28
- CEN 19
- GENELEC 19
- CIM 129
- Computer Aided Design 130
- Computer Aided Engineering 129
- Computer Aided Manufacturing 130

Computer Aided Planning 130  
 Computer Aided Quality Assurance 130  
 Computer Integrated Manufacturing 129

## D

Darstellung

- Aufgelöste 240
- Einpolige 76, 99
- Halbzusammenhängende 76
- Mehrpolige 76
- Verteilte 76, 94, 100, 104
- Vollständige 101
- Zusammenhängende 76
- Zusätzliche 104, 107, 242

Darstellungsort 93

- Verweise auf den 94, 105

Darstellungsregel 73, 239

DC 28

Diagnosedeckungsgrad 28

DIN 18

Diversität 42

- Funktionelle 42
- Geräte- 42

DKE 19

Dreischützschtaltung 46

Drucktaster 47

## E

Eigenkonvektion 66

Einbauhöhe 57

Einfügepunkt 183

Eingabeverarbeitung 134

Einpolige Darstellung 76, 99

Elektro-CAD 133

Elektro-CAD-System 134

Elektrokonstruktion 11

Elektropneumatik 116

- Pläne der 121

Elektroprojektierung 12

Elektrotechnik

- Regeln der 16
- Unterlagen der 74

Energie-Schaltgerätekombination 56

Enterprise-Resource-Planning 129

Entwurfsprozess 11

EPLAN 150

- Abbruchstelle 178
- Artikel anlegen 191
- Artikelauswahl 198

- Artikelstückliste 210
- Artikelverwaltung 191 f.
- Artikel zuweisen 198
- Auswertung eingebettet 234
- Auswertung in Seiten 206
- Autoconnecting 170
- Automatikfilter 199
- Benutzereinstellungen 160
- Betriebsmittel 165
- Betriebsmittelnavigator 221
- Busanschaltbaugruppe 227
- Editieroperation 169
- Eigenschaften (Schaltzeichen) 168
- Eigenschaftstext verschieben 181, 187
- Firmenspezifische Einstellungen 160
- Funktionsschablone 193
- Geräteanschluss 186, 223
- Geräteauswahl 200
- Gerätekasten 184, 223
- Grafik 180
- Grafische Bearbeitung 164
- Inhaltsverzeichnis 211
- Kabeldefinition 182, 190
- Kabellinie 182, 190
- Klemme einfügen 189
- Klemmeneigenschaften 175
- Klemmenleistendefinition 177
- Klemmenleistennavigator 224
- Klemmenplan 208
- Konfliktanzeige 199
- Kontaktspiegel 186
- Mehrfachselektion 169
- Meldungsverwaltung 204
- Oberfläche 154
- Parametereinstellung 159
- Potenzialanschluss 179
- Projekt 155
- Projekt anlegen 156, 219
- Projekt sichern 157
- Projektspezifische Einstellungen 160
- Projektstammdaten 166
- Projektverwaltung 157
- Projekt wiederherstellen 158
- Prüflauf 204
- Schaltzeichen 165
- Schütz 186
- Seite anlegen 163, 220
- Seitennavigator 163
- Seiten verwalten 164
- SPS-Navigator 233
- SPS-Übersicht 232

- Stationsspezifische Einstellungen 160
- Strukturkasten 181
- Symbol 165
- Symbolauswahl 167
- Symbol einfügen 165
- Symbolmakro 174
- Systemstammdaten 166
- Taster 187
- Titel-/Deckblatt 211
- Verbindungen aktualisieren 186
- Verbindungssymbol 171
- Zoomfunktion 165
- EPLAN Data Portal 191
- EPLAN Education 150
- EPLAN Electric P8 145
- EPLAN Fluid 145
- EPLAN-Plattform 145
- EPLAN PPE 145
- EPLAN Pro Panel 145
- ERP 129
- Erstfehlersicher 20
- Europäisches Normenwerk für die Sicherheit von Maschinen 18
- Europakarte 55

**F**

- Fachnorm 18
- Faltung 79
- Faltungsregel 79
- Federrückgestelltes Ventil 120
- Fehler mit gemeinsamer Ursache 28
- Filterlüfter 68
- Fluidtechnik 115
- Fluidtechnischer Plan 123
- Format 78
- Formatsystem 78
  - A-Reihe 78
- Formularbibliothek 138
- Freigabekreis 46
- Frontplatte 53
- Funktionsanschlusskennzeichen 84
- Funktionsaspekt 87, 160
- Funktionsdefinition 176, 194
- Funktionsschablone 193

**G**

- Gefäßsystem 50
- Gehäuse 52
- Gerät 36

- Geräteanschluss 186, 223
- Geräteauswahl 200
- Gerätekasten 139, 184, 223, 245
- Geräteverdrahtungsliste 111
- Geräteverdrahtungsplan 75, 109
- Gestaltung 13
- Grafikeditor 164
- Grafische Bearbeitung 164

**H**

- Hauptstromkreis 38
- Höheneinheit 54
- Hutschiene 58

**I**

- IEC 19
- Impulsventil 120
- Inhaltsverzeichnis 211
- ISO 19
- Isolierstoffverteiler 58

**K**

- Kabelliste 126
- Kabelnavigator 202
- Kabelplan 75, 113
- Kastenbauform 58
- Kategorie 25
- Kennbuchstabe 89
- Klemme
  - Bezeichnung 176
  - Eigenschaften 175
  - Funktionsdefinition 176
  - Interne Seite 175
- Klemmenleistennavigator 201, 224
- Klemmenliste 112, 126
- Klemmenplan 112, 208
- Klimatisierung 66
- Konfliktanzeige 199
- Konstruktion 11
  - Rechnerunterstützte 130
  - Sicherheitsgerichtete 37
- Konstruktionsfehler 15
- Konstruktionsphasen 12
- Konstruktionsprozess 12
- Kontaktspiegel 104, 186
  - Position 187
- Konvektion 61, 63
- Kühlgerät 70



Kühlkörper 65  
 Kühlleistung  
 - Nutz- 70

## L

Lastenheft 12, 236  
 Leiterplatte 53  
 Leitungskapazität 39  
 Leuchtdrucktaster 48  
 Leuchtmelder 47  
 Linienart 80  
 Listenausgabe 135  
 Luft-Luft-Wärmetauscher 69  
 Luftvolumenstrom 68  
 Luft-Wasser-Wärmetauscher 70

## M

Mappingtabelle 103  
 Maschine 36  
 Mechatronik 37, 116, 141  
 Mehrfachplatzierung 171  
 Mehrpolige Darstellung 76  
 Meldungsverwaltung 204  
 Modell  
 - Rechnerinternes 134  
 MTTF 27

## N

Nachverarbeitung 135  
 Navigator 201, 221  
 - Betriebsmittel- 221  
 - Klemmenleisten- 201  
 - Seiten- 155, 163  
 - SPS- 233  
 - Stückliste- 203  
 Netzanschluss 37  
 Netz-Trenneinrichtung 49  
 Neunzehn-Zoll-Aufbausystem 51  
 Niederspannungs-Schaltgerätekombination  
 56  
 Norm 16  
 - Fach- 18  
 - Produkt- 18  
 - Sicherheitsgrund- 18  
 - Sicherheitsgruppen- 18  
 Normung 16  
 Normungsarbeit 16  
 Normungsgremien 18

Not-Aus 43, 238  
 Not-Befehle 42  
 Notfall  
 - Ausschalten im 42  
 - Einschalten im 42  
 - Handlungen im 42  
 - Ingangsetzen im 42  
 - Stillsetzen im 42  
 Not-Halt 43, 238  
 Not-Halt-Gerät 184

## O

Oktale Aufteilung 106  
 Originalzeichnung 73, 239  
 Ortsaspekt 87, 160  
 Ortskennzeichnung 87

## P

Parts-Count-Verfahren 27  
 PDM 129  
 Performance Level 23  
 - Erforderlicher 23  
 - Erreichter 24  
 Pflichtenheft 12, 236  
 PL 23  
 Plan 73, 112f.  
 - fluidtechnischer 123  
 PLM 129  
 Pneumatik 115  
 - Antriebselement 118  
 - Grundschialtung 119  
 - Kennbuchstabe 123  
 - Kennzeichnungsschlüssel 123  
 - Schaltplansystematik 123  
 - Wegeventil 117  
 Pneumatikmotor 118  
 Pneumatikplan 123  
 Potenzial 178  
 PPS 129  
 Product-Lifecycle-Management 129  
 Produktspekt 87, 89  
 Produktdatenmanagement 129  
 Produktgruppe 194  
 Produkthaftungsgesetz 15  
 Produktionsplanung und -steuerung  
 129  
 Produktnorm 18  
 Produktobergruppe 194  
 Produktuntergruppe 194

Programmoberfläche 145  
Projekt 12, 136, 155  
- Sichern 157  
- Wiederherstellen 159  
Projektbibliothek 136, 155  
Projektierung 12  
Projektmanagement 12  
Projektstammdaten 198  
Projektverwaltung 157  
Projektvorlage 156  
Prüflauf 204

**Q**

Querverweis 94, 105, 242

**R**

Rechnerinternes Modell 134  
Rechnerunterstützte Konstruktion  
130  
Redundanz 42  
Referenzkennzeichen 87, 104  
- Gruppe 87  
Regeln der Elektrotechnik 16  
Risikoanalyse 20  
Risikobeurteilung 20  
Risikobewertung 21  
Risikoeinschätzung 20  
Risikograph 23  
Rückführkreis 47

**S**

Schaltfolgediagramm 75  
Schaltgerätekombination  
- Energie- 56  
- Niederspannungs- 56  
Schaltplan 75  
Schaltschrank 52  
Schaltschrankklimatisierung 66  
Schaltschrankoberfläche  
- Wirksame 67  
Schaltungsunterlage 75  
Schaltzeichen 74, 82, 136, 138  
Schnittstelle 141  
Schrankbauform 57  
Schriftfeld 79  
- Elektrokonstruktion 80  
- Standard- 79  
Schwenkantrieb 118  
Seitennavigator 155, 163  
Seitennummerierung 156  
Seitenverwaltung 146  
Sicherheitseinrichtung 22  
Sicherheitsgrundnorm 18  
Sicherheitsgruppenorm 18  
Sicherheits-Integritätslevel 28  
- Erforderlicher 29  
- Erreichter 31  
Sichern  
- Artikeldaten 198  
- Projekt 157  
SIL 28  
SIL-Anspruchsgrenze 28  
Skizze 73, 239  
Spannungsstabilität 39  
Spannungsversorgung 102  
- Mehrleitersystem 102  
- Schaltkreise 103  
- Zweileitersystem 102  
Speicherprogrammierbare Steuerung  
106  
SPS 106  
SPS-Anschluss 106  
SPS-Karte 106  
SPS-Navigator 233  
SPS-Übersicht 105, 107, 232  
SPS-Zuordnungsliste 245  
SRECS 28  
Stammdaten 148  
Steckplatte 52  
Steckverbinder 53  
Steuerstromkreis 39  
Steuerung 106  
- Dezentrale 60  
Stillsetzen 43  
Stopp-Kategorie 43  
Strahlungsaustauschkonstante 64  
Stromlaufplan 75, 100, 113, 122, 133, 239,  
242  
- Anordnung der Stromkreise 102  
- Inhalt 101  
- Spannungsversorgung 102  
Stromlaufplaneingabe 139  
Stromlaufplangenerator 142  
Strukturkasten 139, 181, 245  
Strukturkennzeichen 160  
Strukturkennzeichenübersicht 234  
Stückliste 60, 125  
Stückliste-Navigator 203  
Stücknachweis 57

Symbol 74, 76, 82, 136, 138  
- Analoges Element 85  
- Anwendung 82  
- Ausführung 83  
- Ausgangsblock 85  
- Binäres Element 83  
- Steuerblock 84  
Symbolbibliothek 136  
Symbolmakro 174  
Synthese 11 f.  
Systemaufbau 134  
Systemstammdaten 198

**T**

Taster 47  
Technische Zeichnung 73  
Teilungseinheit 54  
Thermischer Widerstand 61  
Titel-/Deckblatt 211  
Tragschiene 58

**U**

Übersichtsschaltplan 59, 75, 98, 240, 242  
Umgebungsbedingung 13  
Unterlagen der Elektrotechnik 74

**V**

Validierung 28, 33  
Ventil  
- Federrückgestelltes 120  
- Impuls- 120  
Verbindung  
- Abbruchstelle 95  
- Angaben an 95  
- Externe 112  
- Interne 112  
Verbindungsliste 111  
Verbindungsplan 75, 109, 150, 213

Verbindungsschaltplan 75, 108  
Verdrahtung  
- Punkt- 170  
- Ziel- 170  
Verschweißfreiheit 38  
Verteilte Darstellung 76, 94, 100, 104

**W**

Wärmeabführung 60  
Wärmedurchgangskoeffizient 66  
Wärmeleistung 69  
Wärmeleitung 61 f.  
Wärmestrahlung 61, 64  
Wärmestrom 61  
Wärmetauscher  
- Luft-Luft- 69  
- Luft-Wasser- 70  
Wärmeübergangskoeffizient 63  
Wegeventil  
- Anschluss 117  
- Bezeichnung 118  
- Darstellung 117  
Widerstand  
- thermischer 61  
Wiederherstellen  
- Artikeldaten 198  
- Projekt 159  
Winkelvariante 171

**Z**

Zählnummer 92  
Zeichenregel 73 f.  
Zeichnung  
- Technische 73  
Zusammenhängende Darstellung 76  
Zweischützschtaltung 45  
Zylinder  
- Doppeltwirkender 118 f., 244  
- Einfachwirkender 118 f., 244