HANSER

Leseprobe

zu

Elektrokonstruktion

von Gerald Zickert

Print-ISBN 978-3-446-47380-5
E-Book-ISBN 978-3-446-47406-2

Weitere Informationen und Bestellungen unter
https://www.hanser-kundencenter.de/fachbuch/artikel/9783446473805
sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

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 Elektrokonstrukteurs 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 2.9* 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 GmbH & Co. KG* über *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 erlernt werden.

Ich danke dem Carl Hanser Verlag und besonders Frau Christina Kubiak und Herrn Frank Katzenmayer für die Anregung zu diesem Buch und für die Betreuung dieses Projektes.

Zwickau, Januar 2022 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

1 Ablauf und Methoden der Konstruktion 11

1.1 Entwurfsprozess 11
1.2 Konstruktion in der Elektrotechnik 12

2 Gesetzliche Grundlagen und Normung 15

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

3 Gestaltung elektrischer Geräte und Anlagen 36

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 48
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 61
3.4.1 Physikalische Grundlagen 61
3.4.2 Schaltschrankklimatisierung 67

4 Konstruktionsunterlagen 74

4.1 Technische Zeichnungen 74
4.2 Technische Unterlagen in der Elektrotechnik 75
4.3 Grundlegende Gestaltungshinweise 79
4.3.1 Format und Faltung 79
4.3.2 Schriftfeld 80
4.3.3 Linienarten 81
4.4 Schaltzeichen 83
4.5 Beschriftungen 87

4.5.1 Referenzkennzeichnung ... 87
4.5.2 Verweis auf den Darstellungsort ... 94
4.5.3 Angaben an Verbindungen ... 96

5 Pläne und Listen der Elektrotechnik ... 99

5.1 Übersichtsschaltplan ... 99
5.2 Stromlaufplan ... 101
5.2.1 Anwendung ... 101
5.2.2 Inhaltliche Gestaltung ... 102
5.2.3 Verteilte Darstellung ... 105
5.3 Verbindungsschaltplan ... 109
5.3.1 Geräteverdrahtungsplan und Verbindungsplan ... 110
5.3.2 Anschlussplan und Klemmenplan ... 113
5.3.3 Kabelplan ... 114
5.4 Anordnungsplan ... 115
5.5 Elektropneumatik ... 117
5.5.1 Bauelemente ... 117
5.5.2 Grundschaltungen ... 120
5.5.3 Pläne der Elektropneumatik ... 122
5.6 Stückliste ... 126

6 Rechnerunterstützte Konstruktion und EPLAN ... 130

6.1 Smart Engineering ... 130
6.1.1 Konzept ... 130
6.1.2 Computer Aided Design (CAD) ... 132
6.1.3 CAD in der Elektrotechnik ... 134
6.2 Arbeitsweise der Elektro-CAD-Systeme ... 135
6.2.1 Systemaufbau ... 135
6.2.2 Handlungsablauf ... 140
6.2.3 Angrenzende Systeme und Schnittstellen ... 142
6.3 Das Programmsystem EPLAN Electric P8 ... 146

7 Beispiele mit EPLAN ... 151

7.1 Hubanlage ... 151
7.1.1 Überblick ... 151
7.1.2 Programmstart und Oberfläche ... 155
7.1.3 Projekte verwalten ... 157
7.1.4 Parametereinstellungen ... 160
7.1.5 Strukturkennzeichen vorbereiten ... 162
7.1.6 Projektseiten ... 164
7.1.7 Grafische Bearbeitung ... 166
7.1.8 Artikelverwaltung ... 192
7.1.9 Projekt prüfen ... 202
7.1.10 Pläne und Listen erstellen (Auswertungen) ... 207

7.2 Transporttisch ... 212
7.2.1 Überblick ... 213
7.2.2 Projekt und Projektseiten anlegen ... 220
7.2.3 Stromlaufpläne projektieren ... 222
7.2.4 SPS-Übersicht anlegen ... 233
7.2.5 Pläne und Listen erstellen (Auswertungen) ... 236

8 Lösungen ... 237

Literatur, Gesetze und Normen ... 247

Index ... 251

Ergänzendes Material auf *https://plus.hanser-fachbuch.de:*

- zwei Projektdateien
- Artikelbibliothek
- Kontrollfragen mit den Antworten

1 Ablauf und Methoden der Konstruktion

Die *Konstruktion* beinhaltet den Entwurf eines technischen Erzeugnisses, wobei im Mittelpunkt die Anfertigung technischer Zeichnungen zur Dokumentation des Entwurfsergebnisses steht. Ein technisches Erzeugnis kann eine Anlage, eine Maschine oder ein einzelnes Bauteil sein. Die *Elektrokonstruktion* befasst sich mit dem Entwurf eines elektrotechnischen Erzeugnisses – einer elektrischen bzw. elektronischen Anlage oder eines Gerätes.

1.1 Entwurfsprozess

Im Zentrum der Konstruktion steht der Entwurfsprozess (Bild 1.1). Dies ist ein zyklischer und sich der Lösung schrittweise nähernder (iterativer) Prozess der Bestimmung und ständigen Detaillierung einer Struktur (Synthese) bei gleichzeitiger Prüfung auf Erfüllung der geforderten Funktion (Analyse).

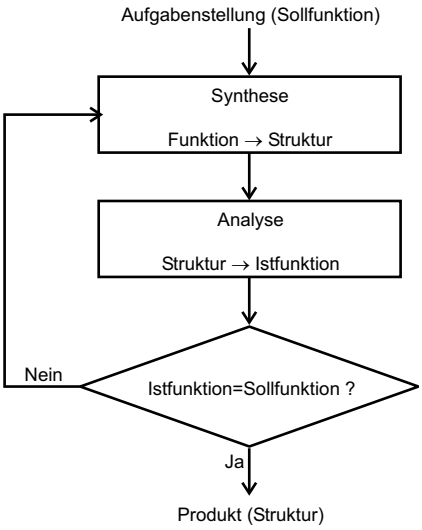

Bild 1.1 Entwurfsprozess

Das ist am Beispiel des Softwareentwurfes leicht nachvollziehbar. Basierend auf einer Aufgabenstellung (Sollfunktion) wird ein Programm (Struktur) im ersten Entwurf geschrieben. Das ist die Synthese. Danach folgt ein erster Test des Programms auf Erfüllung der geforderten Funktion. Das ist die Analyse. Meist ist das Programm in diesem Entwurfsstadium noch fehlerhaft, weshalb in der nächsten Iteration weiter an der Struktur gearbeitet wird. Dieser Zyklus wird durchlaufen, bis das Programm fehlerfrei arbeitet.

Die *Synthese* kann auch als Abbildung einer Funktion in eine Struktur verstanden werden. Diese Abbildung ist mehrdeutig, da es für eine Aufgabe meist mehrere Lösungen gibt. Der Entscheidungsspielraum wird jedoch durch Anforderungen des Auftraggebers, durch Vorschriften und Normen sowie durch weitere Randbedingungen eingeschränkt. Die *Analyse* ist die Abbildung einer Struktur in eine Funktion und ist im Allgemeinen eindeutig.

In der Norm VDI 2221 werden der Konstruktionsprozess und die Konstruktionsphasen ausführlich beschrieben. Die *Konstruktionsphasen* lassen sich zu fünf Schwerpunkten zusammenfassen:

- Klären der Aufgabenstellung und Formulieren der Soll-Gesamtfunktion,
- Auflösen der Gesamtfunktion in ein Netz von Teilfunktionen,
- Erarbeitung der Wirkprinzipien für jede Teilfunktion,
- Gestaltung unter Berücksichtigung von Randbedingungen,
- Detaillierung und Erstellung der Dokumentation.

Zu den Randbedingungen gehören neben den Vorschriften und Normen die Umgebungs- und Aufstellungsbedingungen, aber auch wirtschaftliche Gesichtspunkte.

1.2 Konstruktion in der Elektrotechnik

Der zunächst allgemein beschriebene Konstruktionsprozess lässt sich auch auf den Bereich der Elektrotechnik/Elektronik anwenden. Es handelt sich ebenfalls um einen mehrschrittigen Prozess der Lösungssuche, welcher mit der Klärung der Aufgabenstellung beginnt und dessen Ziel die detaillierte Dokumentation des konstruierten Gerätes oder der Anlage ist (Bild 1.2).

Die *Elektroprojektierung* ist ein Informationsverarbeitungsprozess, in dem Informationen über industriell hergestellte und katalogisierte Betriebsmittel zu komplexen Informationen über elektrische Anlagen verarbeitet werden. Dieses einmalige und neue Vorhaben, das Projekt, ist durch eine Aufgabenstellung, eine spezifische Ablauforganisation sowie durch zahlreiche Randbedingungen geprägt.

Die *Aufgabenstellung* wird als Ergebnis der Aufgabenklärung zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer vereinbart. Der Auftraggeber erstellt hierzu das Lastenheft als Ausschreibungsgrundlage mit einer Zusammenstellung aller Anforderungen an das Konstruktionsergebnis. Als Grundlage für die Realisierung erarbeitet der Auftragnehmer nach Auftragserteilung das Pflichtenheft, in dem er die Umsetzung der Forderungen aus der Aufgabenstellung beschreibt. Häufig ist hierzu bereits ein Grobentwurf in Form einer Vorstudie notwendig, da grundlegende Fragen der Realisierung bereits in dieser Phase geklärt werden müssen. Das Lastenheft wird zum Bestandteil des Pflichtenheftes. Angaben zu Inhalt und Gliederung dieser Unterlagen können der VDI/VDE 3694 entnommen werden.

Eine zweckmäßige *Ablauforganisation* unter Nutzung von Methoden des Projektmanagements sichert die planmäßige Bearbeitung des komplexen Arbeitsgebietes, welches Schnittstellen zu zahlreichen Fachgebieten aufweist und vom ständigen technologischen Wandel geprägt ist. Eine besondere Bedeutung haben in diesem Zusammenhang die Terminplanung und die Kostenplanung sowie deren strikte Kontrolle.

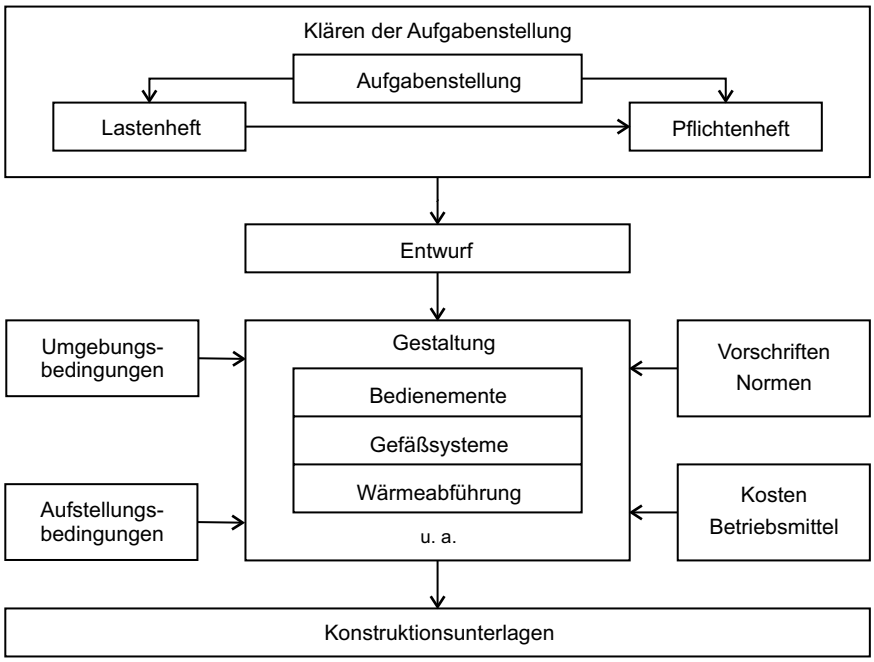

Bild 1.2 Konstruktionsprozess

Randbedingungen aus der Aufgabenstellung schränken den Entscheidungsspielraum des Projektanten bzw. des Konstrukteurs ein. Die wichtigste Forderung ist die Beachtung des anerkannten Standes der Elektrotechnik, auf den zahlreiche Gesetze verweisen. Die Einhaltung von gesetzlichen Vorschriften und von Sicherheitsnormen hilft, Unfälle und Havarien mit hohen Folgekosten zu vermeiden. In diesem Zusammenhang ist ebenfalls die Betrachtung der Zuverlässigkeit und der Qualität des konstruierten Produktes von großer Bedeutung.

Die *Umgebungs- und Aufstellungsbedingungen* beinhalten neben den Anschlussbedingungen und Platzverhältnissen auch klimatische, mechanische und elektromagnetische Einflüsse sowie die notwendige Überspannungsfestigkeit.

Wirtschaftliche Gesichtspunkte werden außer vom Preis auch durch Erfahrungen mit Herstellern und Lieferanten geprägt. So werden in diesem Fall durch den Auftraggeber mittels Freigabelisten einzelne Hersteller oder Produkte vorgeschrieben, für die bereits positive Erfahrungen vorliegen.

Die *Gestaltung* des Gerätes bzw. der Anlage umfasst ein komplexes Tätigkeitsfeld, für das Informationen aus zahlreichen Fachgebieten notwendig sind und gemäß der Aufgabenstellung in Übereinstimmung gebracht werden müssen (Bild 1.3). Die Konstruktion ist ein integratives Arbeitsgebiet, da Wissen in Zusammenhängen anzuwenden ist.

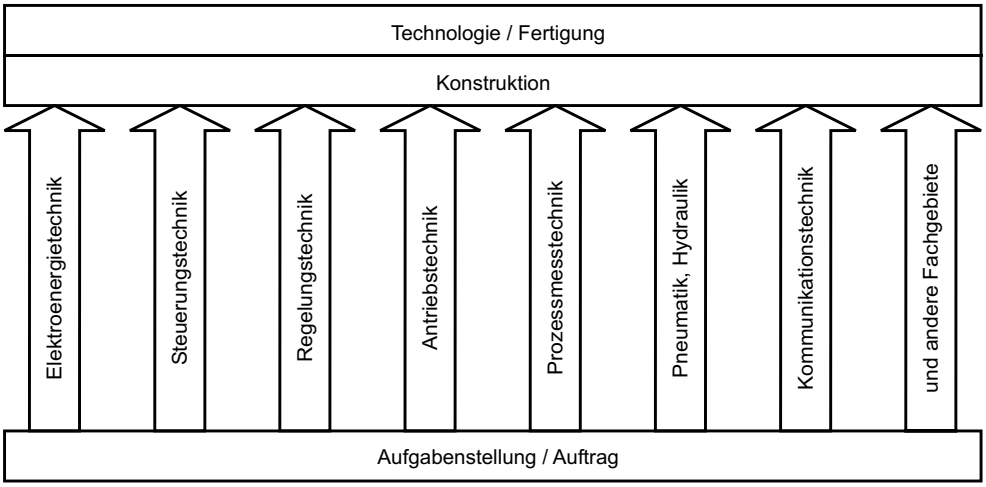

Bild 1.3 Arbeitsgebiete der Konstruktion

Zur Tätigkeit des Konstrukteurs gehört wesentlich mehr als „nur“ die Anfertigung von technischen Zeichnungen. Dennoch sind Zeichnungen und Pläne ein wichtiges Verständigungsmittel in den technischen Abteilungen eines Unternehmens. Sie dokumentieren das Arbeitsergebnis des Konstrukteurs und sind Grundlage für die anschließende Fertigung des konstruierten Gerätes oder der Anlage.

Aufgabe 1.1

Nennen Sie die Hauptkomponenten des Konstruktionsprozesses. Welche Restriktionen müssen bei der Konstruktion beachtet werden?

Aufgabe 1.2

Worin besteht der Unterschied zwischen Lastenheft und Pflichtenheft?

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 [KREY17] 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 im Konsens 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 Messeveranstaltungen, auszuwerten sind. In Sonderfällen sind weiter gehende 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 ISO 13851), 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 ISO 16090-1).

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[1]) 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 nichtstaatliche 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

[1] 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 Gefährdungsgrad müssen unterschiedlich hohe Anforderungen an die Schutzeinrichtungen, deren Überwachung und die Signalverarbeitung gestellt werden. Die Höhe des Gefährdungsgrades muss durch eine Risikobeurteilung festgestellt werden.

Dieser Abschnitt soll einen Überblick über den Gesamtprozess von Risikobeurteilung und Risikominderung geben. Ausführlichere Informationen sind in [BÖR21] 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 Fehlveralten 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.

Index

A

Abbruchstelle 96, 179
Ablageformat 80
Ablaufdiagramm 76
Ablaufsteuerung 122
Analyse 11 f.
Anlage 36
Anlagenkennzeichnung 88
Anordnungsplan 76, 115, 244
Anschlusskennzeichnung 84, 88, 93
– Funktions- 85, 93
– Produkt- 93
Anschlussliste 113
Anschlussplan 76, 113
Anschlusstabelle 76
Anzeigeelement 48
Artikeldatenbank 138, 192
Artikelstückliste 211
Artikelverwaltung 193
Aufgabenstellung 12
Aufstellungsbedingung 13
Auswertung 136, 149, 207
– Artikelstückliste 211
– Eingebettet 236
– Inhaltsverzeichnis 212
– Klemmenplan 209
– Objektorientiert 213
– Strukturkennzeichenübersicht 236
– Titel-/Deckblatt 212
Autoconnecting 140, 171
Autovervollständigen 163

B

Basisprojekt 157
Bauartnachweis 57
Baueinheit 111
Bauform 56
Baugruppe 53
Baugruppenträger 53 f.
Bedienelement 48
Bestückungsplan 116
Betriebsmittel 36
Betriebsmittelbibliothek 138, 192
Betriebsmittelkennzeichnung 87
Betriebsmittelnavigator 222
Bibliothek 136 f.
Binäres Element 84
Busanschaltbaugruppe 106, 229, 233

C

CAD 131 f.
CAE 131
CAM 131
CAP 131
CAQ 131
CCF 28
CEN 19
CENELEC 19
Computer Aided Design 131 f.
Computer Aided Engineering 131
Computer Aided Manufacturing 131
Computer Aided Planning 131
Computer Aided Quality Assurance 131

D

Darstellungsort 94
– Abbruchstelle 96
– Angaben an 96
– Externe 113
– Interne 113
– Verteilte 95
– Verweise auf den 95, 106
– Zusätzliche 108
Darstellungsregel 74, 240
DC 28
Diagnosedeckungsgrad 28
DIN 18
Diversität 42
– Ausschalten im 42
– Einschalten im 42

– Energie- 57
– Funktionelle 42
– Geräte- 42
– Handlungen im 42
– Ingangsetzen im 42
– Neunzehn-Zoll- 51
– Niederspannungs- 57
– Stillsetzen im 42
DKE 19
Dreischützschaltung 46
Drucktaster 48

E

Eigenkonvektion 67
Einbauhöhe 58
Einfügepunkt 184
Eingabeverarbeitung 136
Einpolige Darstellung 77, 100
Elektro-CAD 134
– System 135
Elektrokonstruktion 11
Elektropneumatik 117
– Pläne der 122
Elektroprojektierung 12
Energie-Schaltgerätekombination 57
Enterprise-Resource-Planning 130
Entwurfsprozess 11
EPLAN 151
– Abbruchstelle 179
– Artikel anlegen 193
– Artikelauswahl 199
– Artikeldaten 199
– Artikelstückliste 211
– Artikelverwaltung 193
– Artikel zuweisen 199
– Auswertung eingebettet 236
– Auswertung in Seiten 207
– Autoconnecting 171
– Automatikfilter 200
– Benutzereinstellungen 161
– Betriebsmittel 167
– Betriebsmittelnavigator 222
– Bezeichnung 177
– Busanschaltbaugruppe 229
– Editieroperation 170
– Eigenschaften 177
– Eigenschaften (Schaltzeichen) 169
– Eigenschaftstext verschieben 183, 188
– Firmenspezifische Einstellungen 161
– Funktionsdefinition 177, 196
– Funktionsschablone 194
– Geräteanschluss 187, 224
– Geräteauswahl 201
– Gerätekasten 185, 224
– Grafik 182
– Grafische Bearbeitung 166
– Inhaltsverzeichnis 212
– Interne Seite 177
– Kabeldefinition 183, 192
– Kabellinie 184, 192
– Klemme einfügen 190
– Klemmeneigenschaften 177
– Klemmenleistendefinition 179
– Klemmenleistennavigator 225
– Klemmenplan 209
– Konfliktanzeige 200
– Kontaktspiegel 188
– Mehrfachselektion 171
– Meldungsverwaltung 205
– Oberfläche 155
– Parametereinstellung 160
– Potenzialanschluss 180
– Projekt 157, 159 f.
– Projekt anlegen 157, 220
– Projekt sichern 159
– Projektspezifische Einstellungen 161
– Projektstammdaten 167
– Projektverwaltung 158
– Projekt wiederherstellen 160
– Prüflauf 205
– Punkt- 172
– Schaltzeichen 167
– Schütz 188
– Seite anlegen 164, 221
– Seitennavigator 164
– Seiten verwalten 165
– Sichern 199
– SPS-Navigator 235
– SPS-Übersicht 233
– Stationsspezifische Einstellungen 161
– Strukturkasten 182
– Symbol 167
– Symbolauswahl 168
– Symbol einfügen 167
– Symbolmakro 175
– Systemstammdaten 167
– Taster 189
– Titel-/Deckblatt 212
– Verbindungen aktualisieren 187
– Verbindungssymbol 172
– Wiederherstellen 199

– Ziel- 172
– Zoomfunktion 166
EPLAN Data Portal 193
EPLAN Education 151
EPLAN Fluid 146
EPLAN PPE 146
EPLAN Pro Panel 146
ERP 130
Erstfehlersicher 20
Europäisches Normenwerk für die Sicherheit von Maschinen 18
Europakarte 55

F

Fachnorm 18
Faltung 80
Faltungsregel 80
Federrückgestelltes Ventil 121
Fehler mit gemeinsamer Ursache 28
Filterlüfter 69
Fluidtechnik 117
Fluidtechnischer Plan 124
Format 79
Formatsystem 79
– A-Reihe 79
Formularbibliothek 139
Freigabekreis 47
Frontplatte 53
Funktionsanschlusskennzeichen 85
Funktionsaspekt 88, 162
Funktionsdefinition 177, 196
Funktionsschablone 194

G

Gefäßsystem 50
Gehäuse 53
Gerät 36
Geräteanschluss 187, 224
Geräteauswahl 201
Gerätekasten 140, 185, 224, 246
Geräteverdrahtungsliste 111
Geräteverdrahtungsplan 76, 110
Gestaltung 13
Grafikeditor 166
Grafische Bearbeitung 166

H

Hauptstromkreis 38
Höheneinheit 54
Hutschiene 58

I

IEC 19
Impulsventil 122
Inhaltsverzeichnis 212
ISO 19
Isolierstoffverteiler 59

K

Kabelliste 127
Kabelnavigator 203
Kabelplan 76, 114
Kastenbauform 58
Kategorie 25
Kennbuchstabe 90
Klemmenleistennavigator 202, 225
Klemmenliste 113, 127
Klemmenplan 113, 209
Klimatisierung 67
Konfliktanzeige 200
Konstruktion 11
– Sicherheitsgerichtete 37
Konstruktionsfehler 15
Konstruktionsphasen 12
Konstruktionsprozess 12
Kontaktspiegel 105, 188
– Position 188
Konvektion 62 f.
Kühlgerät 72
Kühlkörper 66

L

Lastenheft 12, 237
Leiterplatte 53
Leitungskapazität 39
Leuchtdrucktaster 49
Leuchtmelder 48
Linienart 81
Listenausgabe 136
Luft-Luft-Wärmetauscher 70
Luftvolumenstrom 69
Luft-Wasser-Wärmetauscher 71

M

Mappingtabelle 104
Maschine 36
Mechatronik 37, 117, 142
Mehrfachplatzierung 173
Mehrpolige Darstellung 77
Meldungsverwaltung 205
MTTF 27

N

Nachverarbeitung 136
Navigator 202, 222
– Betriebsmittel- 222
– Klemmenleisten- 202
– Seiten- 156, 164
– SPS- 235
– Stückliste- 204
Netzanschluss 37
Netz-Trenneinrichtung 50
Neunzehn-Zoll-Aufbausystem 51
Niederspannungs-Schaltgerätekombination 57
Norm 16
– Fach- 18
– Produkt- 18
– Sicherheitsgrund- 18
– Sicherheitsgruppen- 18
Normung 16
Normungsarbeit 16
Normungsgremien 18
Not-Aus 43, 239
Not-Befehle 42
Not-Halt 43, 239
– Gerät 186

O

Oktale Aufteilung 107
Originalzeichnung 74, 240
Ortsaspekt 88, 162
Ortskennzeichnung 88

P

Parts-Count-Verfahren 28
PDM 131
Performance Level 23
– Erforderlicher 23
– Erreichter 25
Pflichtenheft 12, 237
PL 23
Plan 74, 113 f.
– fluidtechnischer 124
PLM 130
Pneumatik 117
– Anschluss 119
– Antriebselement 119
– Bezeichnung 119
– Darstellung 118
– Doppeltwirkender 119, 121
– Einfachwirkender 119 f.
– Federrückgestelltes 121
– Grundschaltung 120
– Impuls- 122
– Kennbuchstabe 124
– Kennzeichnungsschlüssel 124
– Schaltplansystematik 124
– Wegeventil 118
Pneumatikmotor 119
Pneumatikplan 124
Potenzial 179
PPS 130
Product-Lifecycle-Management 130
Produktaspekt 88, 90
Produktdatenmanagement 131
Produktgruppe 196
Produkthaftungsgesetz 15
Produktionsplanung und -steuerung 130
Produktnorm 18
Produktobergruppe 196
Produktuntergruppe 196
Programmoberfläche 146
Projekt 12, 137, 157
– Sichern 159
– Wiederherstellen 160
Projektbibliothek 137, 157
Projektierung 12
Projektmanagement 12
Projektstammdaten 199
Projektverwaltung 158
Projektvorlage 157
Prüflauf 205

Q

Querverweis 95, 106, 243

R

Rechnerinternes Modell 136
Rechnerunterstützte Konstruktion 132
Redundanz 42
Referenzkennzeichen 88, 105
– Gruppe 88
– Produkt- 90
Regeln der Elektrotechnik 16
Risikoanalyse 20
Risikobeurteilung 20
Risikobewertung 21
Risikoeinschätzung 20
Risikograph 23
Rückführkreis 47

S

Schaltfolgediagramm 76
Schaltplan 76
Schaltschrank 52
Schaltschrankklimatisierung 67
Schaltungsunterlage 76
Schaltzeichen 75, 83, 137, 139
Schnittstelle 142
Schrankbauform 57
Schriftfeld 80
– Elektrokonstruktion 81
– Standard- 80
Schwenkantrieb 119
Seitennavigator 156, 164
Seitennummerierung 158
Seitenverwaltung 147
Sicherheitseinrichtung 22
Sicherheitsgrundnorm 18
Sicherheitsgruppennorm 18
Sicherheits-Integritätslevel 29
– Erforderlicher 29
– Erreichter 31
SIL 29
SIL-Anspruchsgrenze 29
Skizze 74, 240
Smart Engineering 130
Spannungsstabilität 39
Spannungsversorgung 103
– Mehrleitersystem 103
– Schaltkreise 104
– Verteilte 105
– Zusätzliche 105
– Zweileitersystem 103
Speicherprogrammierbare Steuerung 106
SPS 106
SPS-Anschluss 107
SPS-Karte 106
SPS-Navigator 235
SPS-Übersicht 106, 108, 233
SPS-Zuordnungsliste 246
SRECS 29
Stammdaten 149
Steckplatte 53
Steckverbinder 53
Steuerstromkreis 39
Steuerung 106
– Dezentrale 60
– Luft-Luft- 70
– Luft-Wasser- 71
– Nutz- 72
– thermischer 62
– Wirksame 68
Stillsetzen 43
Stopp-Kategorie 43
Strahlungsaustauschkonstante 65
Stromlaufplan 76, 101, 114, 123, 134, 240, 243
– Anordnung der Stromkreise 103
– Inhalt 102
– Spannungsversorgung 103
– Vollständige 102
Stromlaufplaneingabe 140
Stromlaufplangenerator 143
Strukturkasten 140, 182, 246
Strukturkennzeichen 162
Strukturkennzeichenübersicht 236
Stückliste 60, 126
– Navigator 204
Stücknachweis 57
Symbol 75, 77, 83, 137, 139
– Analoges Element 86
– Anwendung 83
– Ausführung 84
– Ausgangsblock 86
– Binäres Element 84
– Funktions- 88
– Orts- 88
– Produkt- 88
– Steuerblock 85
Symbolbibliothek 137
Symbolmakro 175
Synthese 11 f.
Systemaufbau 135
Systemstammdaten 198

T

Taster 48
Technische Zeichnung 74
Teilungseinheit 54
Thermischer Widerstand 62
Titel-/Deckblatt 212
Tragschiene 58

U

Übersichtsschaltplan 59, 76, 99, 241, 243
Umgebungsbedingung 13
Unterlagen der Elektrotechnik 75

V

Validierung 28, 34
Verbindungsliste 111
Verbindungsplan 76, 110, 151, 214
Verbindungsschaltplan 76, 109
Verschweißfreiheit 38
Verteilte Darstellung 77, 95, 101, 105

W

Wärmeabführung 61
Wärmedurchgangskoeffizient 67
Wärmeleistung 70
Wärmeleitung 62 f.
Wärmestrahlung 62, 64
Wärmestrom 62
Wärmeübergangskoeffizient 64
Winkelvariante 173

Z

Zählnummer 93
Zeichenregel 74 f.
Zusammenhängende Darstellung 77
Zweischützschaltung 45