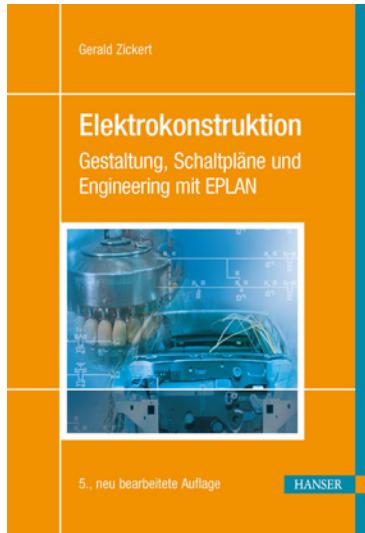


HANSER



Leseprobe

zu

Elektrokonstruktion

von Gerald Zickert

ISBN (Buch): 978-3-446-45494-1

ISBN (E-Book): 978-3-446-45700-3

Weitere Informationen und Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-45494-1>

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 Elektroenergiotechnik, 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 2.7* 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 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 2018

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	Schalschrankklimatisierung	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 Darstellungs Ort	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	115
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	156
7.1.4	Parametereinstellungen	160
7.1.5	Strukturkennzeichen vorbereiten	161
7.1.6	Projektseiten	164
7.1.7	Grafische Bearbeitung	165
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
--------------------	------------

3

Gestaltung elektrischer Geräte und Anlagen

In diesem Kapitel sollen grundlegende Hinweise zur Gestaltung von Geräten und Anlagen unter dem Aspekt der sicherheitsgerichteten Konstruktion gegeben werden. Dabei spielen Bedienungsabläufe und Handlungen im Notfall eine große Rolle. Zur Gestaltung zählen aber auch der Aufbau in einem Gefäßsystem und die Wärmeabführung.

Ein elektrisches *Betriebsmittel* ist ein elektrisches Bauelement oder ein Gerät zum Erzeugen, Fortleiten, Verteilen, Messen oder Verwerten von Informationen bzw. von elektrischer Energie. Ein Betriebsmittel wird industriell hergestellt und ist katalogisiert. Es übernimmt eine Teilfunktion in einer Anlage und ist meist nicht selbstständig funktionsfähig.

Gerät ist ein Sammelbegriff für Gegenstände, die z. B. im Arbeitsprozess Verwendung finden, mit denen etwas bearbeitet oder bewirkt werden kann. Sie können selbstständig eine Funktion ausführen oder Komponente einer Anlage sein.

Eine *Anlage* ist die Gesamtheit der zu einem bestimmten Prozess (z. B. mechanische Fertigung) erforderlichen Ausrüstung. In der Technik ist das meist ein Komplex aus Betriebsmitteln oder Geräten, zum Beispiel zum Aufbau einer elektrischen Anlage.

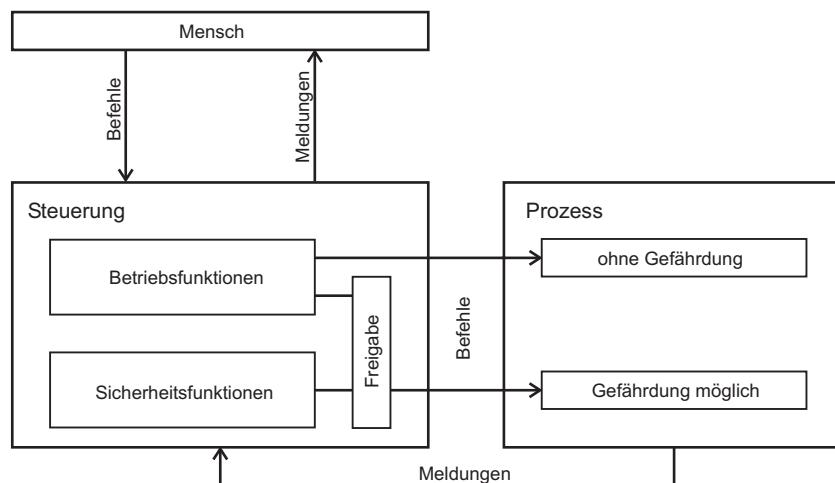


Bild 3.1 Elektrische Anlage

Eine *Maschine* ist nach der Maschinenrichtlinie eine mit einem anderen Antriebssystem als der unmittelbar eingesetzten menschlichen oder tierischen Kraft ausgestattete oder dafür vorgesehene Gesamtheit miteinander verbundener Teile oder Vorrichtungen, von denen mindestens eines bzw. eine beweglich ist und die für eine bestimmte Anwendung

zusammengefügt sind. Die Kombination aus mechanischen Baugruppen und den zugehörigen elektronischen Steuerkomponenten wird als *Mechatronik* bezeichnet.

Die Maschine ist als eigenständige Einheit im Wesentlichen unabhängig von der Umgebung funktionsfähig, jedoch sind deren Einzelkomponenten nicht unabhängig von der Maschine sinnvoll.

■ 3.1 Sicherheitsgerichtete Konstruktion

„Das Verhüten von Unfällen darf nicht als Vorschrift des Gesetzes aufgefasst werden, sondern als ein Gebot menschlicher Verpflichtung und wirtschaftlicher Vernunft.“

(Werner von Siemens im Jahr 1880)

Zu den sicherheitsbezogenen Funktionen in einer Anlage gehören:

- Stillsetzen, unabhängig von einer Notfallsituation,
- Handlungen im Notfall (z. B. Not-Aus),
- Positionsbegrenzungen (z. B. mit Endlagenschaltern),
- Geschwindigkeitsbegrenzungen u. a.

Diese Funktionen (insbes. Not-Aus) sollen überwiegend durch einfache elektromechanische Betriebsmittel ausgeführt werden. Für komplexe Funktionen können aber auch programmierbare elektronische Systeme eingesetzt werden, wenn diese die Anforderungen der DIN EN 61508 sowie der DIN EN 62061 oder der DIN EN ISO 13849-1 erfüllen. Durch die richtige Anwendung dieser Normen werden elektronische Systeme so funktionssicher, dass sie für sicherheitsbezogene Funktionen einschließlich Not-Handlungen eingesetzt werden können.

3.1.1 Grundsätzliche Gestaltungshinweise



Durch Fehler in der elektrischen Ausrüstung eines Gerätes oder einer Anlage darf es nicht zu gefährlichen Zuständen oder Schäden kommen. Fehler müssen durch geeignete Maßnahmen bereits in ihrer Entstehung verhindert werden oder dürfen sich nicht auf die Sicherheit auswirken.

Für die sicherheitsgerichtete Konstruktion der elektrischen Ausrüstung von Maschinen sind die Hinweise der DIN EN 60204-1 von besonderer Bedeutung. Im Folgenden sollen einige Aspekte erläutert werden, ohne den Anspruch der Vollständigkeit zu erheben.

Netzanschluss

Der Netzanschluss ist die Schnittstelle der Elektroausrüstung einer Anlage zur Elektroenergieversorgung. Jede Anlage soll nur einen Netzanschluss haben, andere Spannungen müssen innerhalb der Anlage gebildet werden. Dies ist bei komplexen Anlagen schwer realisierbar. Bei solchen Anlagen ist die Abweichung von dieser Regel zu dokumentieren und an der Anlage zu kennzeichnen.

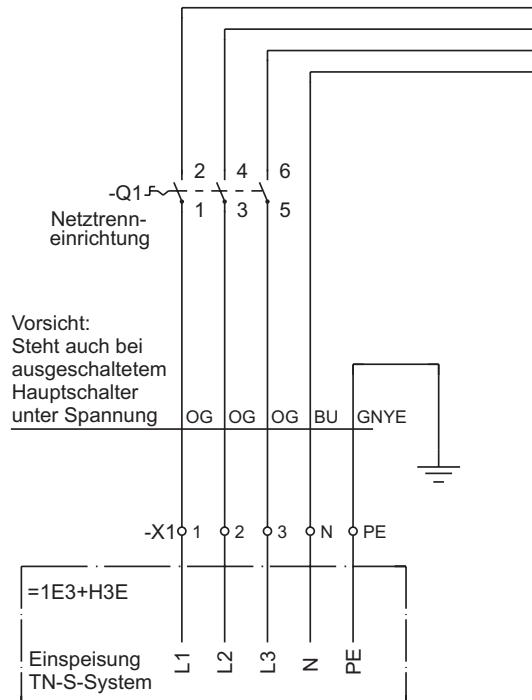


Bild 3.2 Netzanschluss

Die Zuleitung wird direkt an die Netz-Trenneinrichtung geführt. Bei der Montage auf der Tür des Schaltschranks, was bis 63 A möglich ist, wird die Zuleitung über separate Einspeiseklemmen geführt (Bild 3.2). In jedem Fall ist eine Kennzeichnung notwendig, da die Leitung und eventuelle Klemmen auch bei ausgeschalteter Netz-Trenneinrichtung unter Spannung stehen.

Verschweißfreier Aufbau

Bei Auftreten einer Gefahr soll die Gefahrenursache ausgeschaltet, also ein Stromkreis geöffnet werden. Damit dies möglich ist, dürfen die Kontakte nicht verschweißen.

Für den *Hauptstromkreis* wird aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten die Verschweißfreiheit nicht in jedem Fall und für die gesamte Anlage gefordert. Handelt es sich jedoch um sicherheitsrelevante Betriebsmittel, so muss die vorgeschaltete Sicherung bei Überstrom oder Kurzschluss auslösen bevor die Kontakte verschweißen. Gleichfalls ist die Forderung durch Überdimensionierung oder Redundanz mit Überwachung erfüllbar.

Für den *Steuerstromkreis* ist die Verschweißfreiheit generell gefordert. Dazu ist die Sicherung des Steuerstromkreises nach dem „empfindlichsten“ Betriebsmittel auszuwählen. Der unbeeinflusste Kurzschlussstrom darf 1000 A nicht übersteigen, wofür die Kontakte ausgelegt sind. Zur Versorgung der Steuerstromkreise ist ein Steuertrafo, der den Kurzschlussstrom auf 1000 A begrenzt, in den meisten Fällen vorgeschrieben. Ausnahmen sind einfache Maschinen mit einem Anlasser und maximal zwei Steuergeräten.

Steuerstromkreis

Besonderheiten für den Steuerstromkreis resultieren aus den üblicherweise niedrigen Spannungen (meist 24 V, 42 V oder 48 V), den kleinen Querschnitten bei langen Leitungen und den niedrigen Stromstärken.

Die *Spannungsstabilität* muss insbesondere bei dem Abgriff der Steuerspeisespannung vom Hauptstromkreis gewährleistet sein, um das unerwünschte Abschalten von Schützen bei „Spannungseinbrüchen“ zu vermeiden. Im Einschaltmoment dürfen 85 % der Betriebsspannung nicht unterschritten werden. In diesem Zusammenhang ist auch der Spannungsfall, bezogen auf den Einschaltstrom, auf der Steuerleitung zu beachten. Oft sind Querschnitterhöhungen aus diesem Grund notwendig.

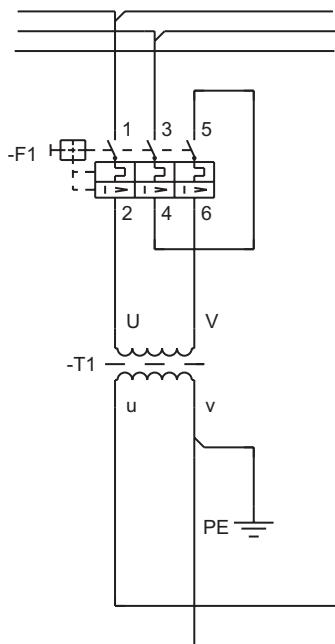


Bild 3.3 Steuertrafo mit allpoliger Abschaltung

Zweckmäßig ist der Anschluss des Steuertrafos an die Außenleiter des Dreiphasennetzes, da die Primärspannung so stabiler ist. Die Primärsicherung muss in diesem Fall die allpolige Abschaltung garantieren (Bild 3.3).

Die *Leitungskapazität* kann bei sehr langen Steuerleitungen (ab einigen hundert Metern) und Wechselstrombetätigung das Abfallen der Schütze bei geöffnetem Stromkreis verhindern. Besonders bei hohen Steuerspannungen und Schützen mit kleinem Haltestrom oder niedriger Abfallspannung ist dies kritisch. Zur Abhilfe können diese Ursachen vermieden oder die Gleichstrombetätigung genutzt werden.

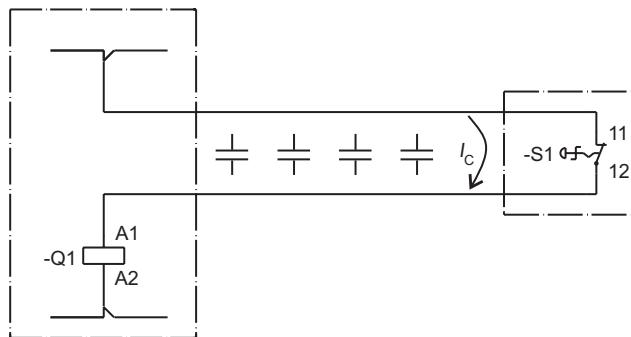


Bild 3.4 Leitungskapazität einer langen Steuerleitung

Schaltungsaufbau

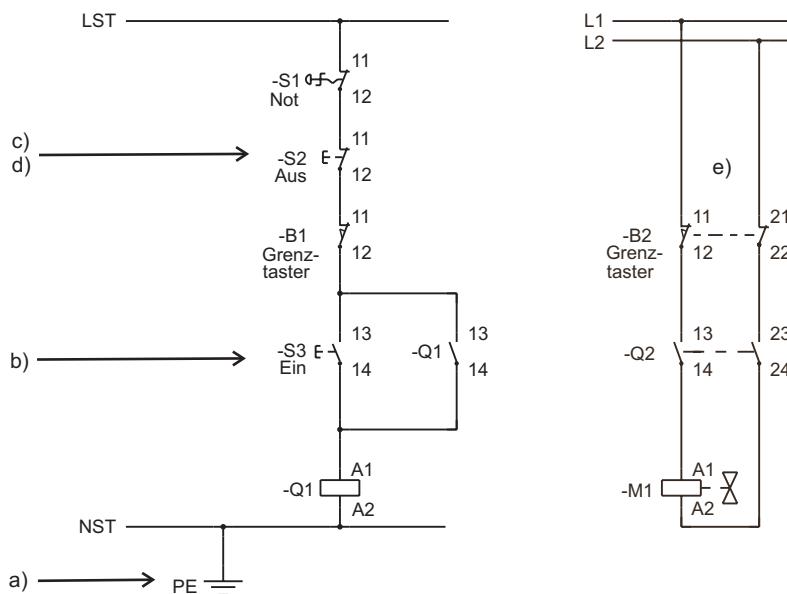
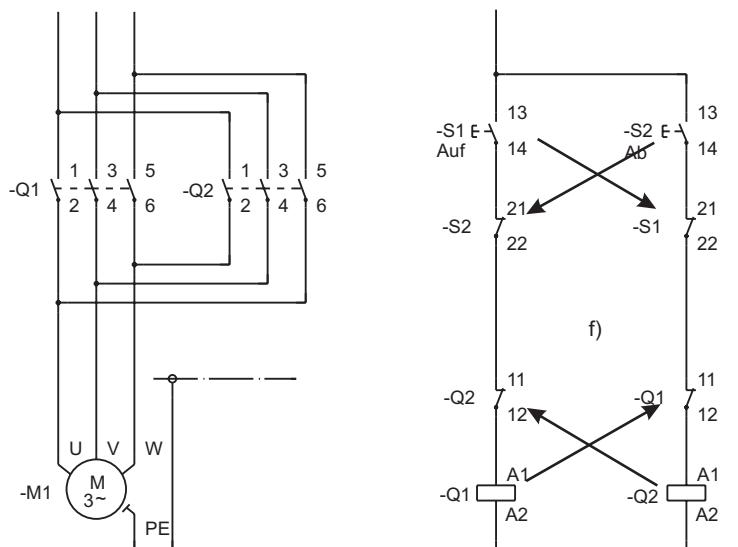
Die Sicherheit einer Anlage ist sowohl von der Zuverlässigkeit der Betriebsmittel als auch von deren Verschaltung abhängig. Für den Schaltungsaufbau müssen deshalb erprobte Schaltungstechniken eingesetzt werden.

Das bedeutet im Einzelnen (Bild 3.5 und Bild 3.6):

- Der Steuerstromkreis ist zu erden.
- Alle Schaltfunktionen sind auf die nicht geerdete Seite zu legen. Abweichungen sind möglich, wenn zur Querschlusserkennung Betriebsmittel auf unterschiedliche Potenziale gelegt werden sollen.
- Abgeschaltet wird durch Entregen¹, da diese Vorgehensweise sichert, dass die Anlage bei Drahtbruch in einen sicheren Zustand gelangt, also entregt oder abgeschaltet wird.
- Für Sicherheitsstromkreise müssen zwangsoffnende Kontakte benutzt werden.
- Soll ein Verbraucher abgeschaltet werden, so betrifft das alle aktiven Leiter (siehe auch Bild 3.3).
- Widersprüchliche Kommandos, z.B. Rechts- und Linkslauf eines Elektroantriebes müssen auf zwei Ebenen gegenseitig verriegelt werden.

Bei allen Überlegungen sind vorhersehbarer Missbrauch durch Umgehen oder das Unwirksammachen von Schutzeinrichtungen zu berücksichtigen und entsprechende Vorkehrungen zu treffen.

¹⁾ Schütz fällt in Ruhelage zurück.

**Bild 3.5** Erprobte Schaltungstechniken**Bild 3.6** Verriegelung widersprüchlicher Kommandos

Redundanz und Diversität

Zur Erhöhung der Zuverlässigkeit können im Rahmen der Risikominderung auch Redundanz und Diversität angewendet werden.

Redundanz bedeutet das Vorhandensein von zusätzlichen Mitteln (Geräte oder Systeme), die im Fehlerfall die Funktion übernehmen und so die Zuverlässigkeit erhöhen. Redundanz muss überwacht werden, da durch Ausfall eines Elementes die Redundanz verloren geht.

Diversität ist in diesem Fall der Aufbau von Steuerstromkreisen nach verschiedenen Funktionsprinzipien oder mit unterschiedlichen Arten von Geräten. Funktionelle Diversität kann durch die Kombination von Öffner und Schließer erreicht werden. Die Gerätediversität wird durch die Verwendung unterschiedlicher Gerätearten (z. B. Schütztypen) erzielt. Das vermeidet, dass mehrere Elemente von der gleichen Fehlerursache betroffen sind.

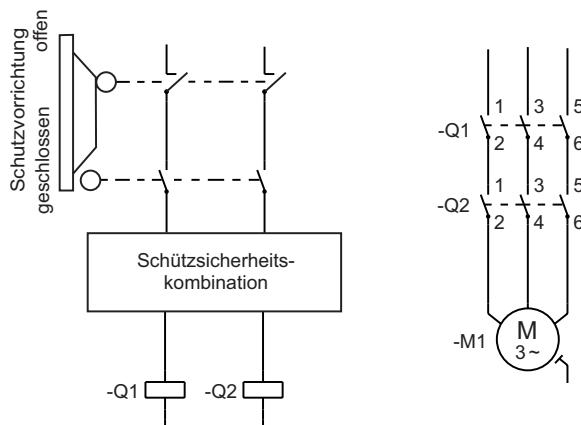


Bild 3.7 Redundanz und Diversität

Die Schaltungstechniken zur Erhöhung der Zuverlässigkeit durch Redundanz und deren Überwachung werden im Abschnitt 3.1.3 am Beispiel des Not-Halt erläutert.

3.1.2 Handlungen im Notfall

Zu den Handlungen im Notfall gehören nach DIN EN 60204-1:

- Stillsetzen im Notfall (Not-Halt),
- Ausschalten im Notfall (Not-Aus),
- Ingangsetzen im Notfall (Not-Start),
- Einschalten im Notfall (Not-Ein).

Die *Not-Befehle* werden ausschließlich durch eine einmalige bewusste menschliche Handlung bewirkt. Die Befehlsgabe sollte auch nicht eingewiesenes Personal ohne lange Überlegungen auslösen können. Von jedem Arbeitsplatz aus muss das Not-Befehlsgerät gut erkennbar und leicht erreichbar sein.

Die Handlungen Stillsetzen im Notfall und Ausschalten im Notfall sind von besonderer Bedeutung und sollen deshalb näher erläutert werden.

Stillsetzen

Der Befehl zum Stillsetzen soll zunächst unabhängig von einer Notfallsituation betrachtet werden. Der Befehl wird entweder willkürlich von Hand oder automatisch von der Maschine gegeben. Die Umsetzung des Befehls erfolgt nach einer der folgenden Stopp-Kategorien (DIN EN 60204-1):

■ **Stopp-Kategorie 0**

Ungesteuertes Stillsetzen durch sofortige Abschaltung der Energie zu den Antriebselementen.

Es wird z. B. mit einem Leistungsschalter im Hauptstromkreis oder einer Schützanordnung unverzögert und mit der nötigen Zuverlässigkeit ausgeschaltet.

■ **Stopp-Kategorie 1**

Gesteuertes Stillsetzen, bei dem die Energiezufuhr erst unterbrochen wird, wenn der Stillstand erreicht ist.

Diese Kategorie wird gewählt, wenn die Kategorie 0 nicht ausreichend ist und durch das ungesteuerte Stillsetzen Gefährdungen entstehen würden. Die Ausführung kann durch Gegenstrombremsen oder mittels Bremsrampe bei umrichter gesteuerten Antrieben erfolgen. Nach Stillstand wird elektromechanisch abgeschaltet.

■ **Stopp-Kategorie 2**

Gesteuertes Stillsetzen, bei dem die Energiezufuhr auch im Stillstand erhalten bleibt.

Dies gilt z. B. für den Betriebshalt in einem automatischen Ablauf unter Beibehaltung der Energiezufuhr.

Not-Halt

Das Stillsetzen im Notfall (Not-Halt) ist dazu bestimmt, einen Prozess oder eine Bewegung anzuhalten, wenn dieser Gefahr bringend wurde. In Abhängigkeit von der Risikobeurteilung wird das Stillsetzen nach Stopp-Kategorie 0 (ungesteuert) oder 1 (gesteuert) ausgeführt. Für die Ausgestaltung sind folgende Anforderungen zu beachten:

- Die Not-Handlung hat Vorrang vor allen anderen Funktionen und Betätigungen in allen Betriebsarten der Anlage.
- Die Energiezufuhr zu Gefahr bringenden Elementen wird ohne Erzeugung neuer Gefährdungen so schnell wie möglich abgeschaltet.
- Das Rücksetzen des Befehlsgerätes darf keinen Wiederanlauf einleiten.

Not-Aus

Das Ausschalten im Notfall (Not-Aus) bewirkt das Abschalten der Energiezufuhr zu einer Anlage oder zu dem Teil einer Anlage, wenn ein Risiko, z. B. für elektrischen Schlag, besteht. Zur Ausführung wird die Stopp-Kategorie 0 angewendet. Ist diese Kategorie nicht zulässig, müssen andere Maßnahmen, z. B. Schutz gegen direktes Berühren spannungsführender Teile, ergriffen werden.

Befehlsgeräte

Sowohl für Not-Halt als auch für Not-Aus gelten die folgenden Forderungen:

- Auch bei nur kurzer Betätigung muss das Befehlsgerät zwangsweise verrasten, damit der Befehl bis zur aktiven Rückstellung bestehen bleibt.
- Die Rückstellung darf nur vor Ort durch die bewusste Handlung des Menschen möglich sein und darf keinen selbstständigen Wiederanlauf verursachen. Damit ist die Wiederinbetriebnahme von einem entfernten Befehlsstand oder von einem Leitsystem ausgeschlossen.
- Das Befehlsgerät (z.B. Not-Aus-Taster) muss mit roter Handhabe auf gelbem Grund ausgeführt sein und muss die Befehlsgabe mit zwangsoffnenden Kontakten weiterleiten.
- In Abhängigkeit von der Risikobeurteilung darf der Ausfall einer Komponente (Erstfehler) die Not-Funktion nicht beeinträchtigen. Bei entsprechender Forderung aus der Risikobeurteilung muss ein solcher Fehler erkannt werden, z.B. darf dann kein Start möglich sein.

Absteckbare oder kabellose Bedienstationen

Zunehmend werden mobile Bedienstationen genutzt, die über eine absteckbare Verbindung zur Steuerung verfügen oder mittels Funkverbindung mit der Steuerung kommunizieren. Da die Verbindung zwischen Bedienstation und Steuerung nicht zwangsläufig gegeben ist, gelten hier besondere Anforderungen. Dabei muss die Wirksamkeit des Steuerungssystems überwacht und auf deren Ausfall reagiert werden.

- In jedem Fall muss zusätzlich mindestens ein Not-Halt-Gerät fest verdrahtet an der Maschine verfügbar sein.
- Eine Verwechslung zwischen aktiven und nicht aktiven Not-Halt-Geräten muss verhindert werden. Dies kann zum Beispiel durch Veränderung der Farbe des Gerätes mittels Beleuchtung des aktiven Not-Halt-Gerätes erreicht werden.
- Es ist notwendig, sich mit einer nicht ständig verbundenen Bedienstation an der Steuerung an- bzw. abzumelden. Bei einer Verbindungsunterbrechung ohne Abmeldung muss die Maschine in einen sicheren Zustand gebracht werden.

3.1.3 Schaltungstechnische Umsetzung

Die Überlegungen zur sicherheitsgerichteten Konstruktion sollen am Beispiel des Stillsetzens im Notfall (Not-Halt) unter Anwendung der Stopp-Kategorie 0 gezeigt und diskutiert werden. Die Beispiele sind grundsätzlich auch für Not-Aus geeignet und können auf weitere Anwendungen übertragen werden.

Einfache Form

Bild 3.8 zeigt eine sehr einfache Form des Not-Halt für Maschinen ohne besondere Forderungen aus der Risikobeurteilung. Taster und Zuleitung dürfen nicht gefährdet sein, da ein Schluss im Tasterkreis² nicht erkannt wird. Es ist keine Redundanz vorhanden. Die Schaltung ist nicht erstfehlersicher.

²⁾ fehlerhafte Überbrückung der Öffnerkontakte oder blockierte Kontakte

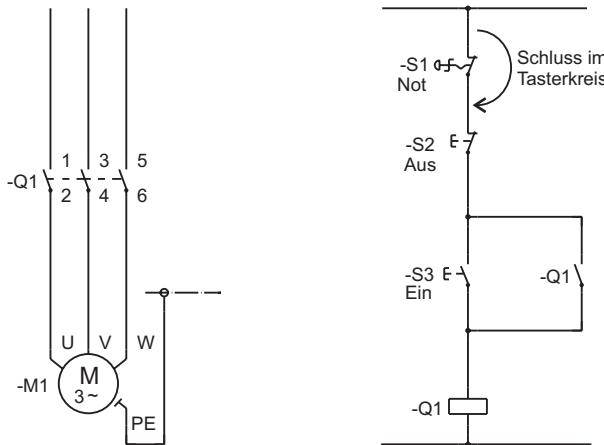


Bild 3.8 Einfache Form des Not-Halt

Zweischützschaltung (veraltet)

Die normale Funktion dieser Anordnung erfordert, wie sich in Bild 3.9 leicht nachvollziehen lässt, die Nutzung von vor- und/oder nacheilenden Kontakten (überschneidende Kontaktgabe). Nur so ist sicher, dass sich nach Betätigung von -S3 die Schließerkontakte von -K1 und -K2 etwas eher schließen, als sich die zugehörigen Öffnerkontakte öffnen und die Befehlsgabe unwirksam machen.

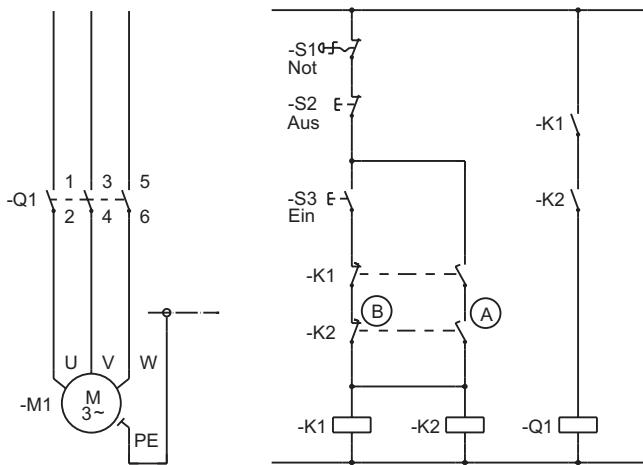


Bild 3.9 Zweischützschaltung (veraltet)

Diese Schaltung ist noch vereinzelt in Anwendung, obwohl sie wegen einiger Nachteile als unsicher und veraltet gilt.

An folgendem beispielhaften Ablauf soll die Funktion der Zweischützschaltung gezeigt werden:

- -S1 (Not-Halt) wird betätigt.
- -K1 und -K2 sind spannungsfrei und fallen ab, aber Kontakt A von -K2 öffnet nicht, da er „verklebt“ ist.

- Der redundante Kontakt von -K1 öffnet und über -Q1 wird der Motor abgeschaltet. Die Schaltung ist erstfehlersicher.
- Da A nicht geöffnet hat, darf B über eine Zwangsführung nicht geschlossen sein.
- Damit ist ein Neustart nicht möglich und der Erstfehler wird erkannt. Andernfalls wäre die Redundanz nach einem Erstfehler wirkungslos.

Voraussetzung für den Funktionsablauf ist die Zwangsführung³ der vor- und/oder nach-eilenden Kontakte in der Schützkombination. Dies ist jedoch konstruktiv nicht möglich, da Hilfsschütze mit dieser überschneidenden Kontaktgabe nicht die Bedingungen der Zwangsführung erfüllen. Aus diesem Grund gilt diese Schaltung als unsicher und wird nicht mehr eingesetzt.

Ein möglicher Schluss im Tasterkreis wird ebenfalls nicht erkannt.

Dreischützschaltung

Diese Schaltung gilt als „Stand der Technik“ für aus Einzelschützen aufgebaute Sicherheitsschaltungen.

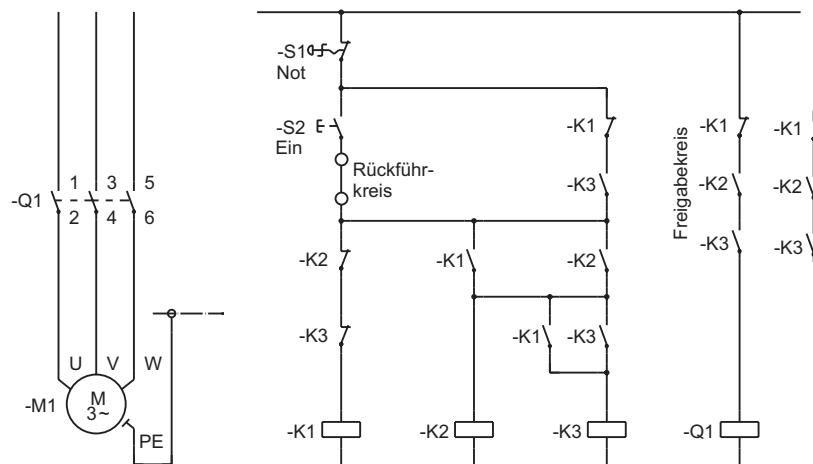


Bild 3.10 Dreischützschaltung

Zunächst soll die „normale“ Funktion der Schaltung erläutert werden.

- Mit Betätigung von -S2 wird eingeschaltet.
- -K1 zieht an und lässt über seine Schließerkontakte auch -K2 und -K3 anziehen. Diese halten sich mit ihren Schliebern -K2 und -K3 selbst.
- Die Öffnerkontakte von -K2 und -K3 lassen -K1 wieder abfallen. -K2 und -K3 bleiben wegen der Selbsthaltung angezogen.

³⁾ Öffner und Schließer sind so miteinander verbunden, dass sie nicht gleichzeitig geschlossen sein können.

- Über den Freigabekreis wird -Q1 betätigt, wenn -K1 abgefallen und -K2, -K3 angezogen sind. Der Motor läuft.
- Nach Betätigung von -S1 (Not-Halt) fallen alle Schütze ab. Der Motor ist spannungs-frei.

Die Schaltung ist erstfehlersicher bei Nutzung zwangsgeführter Kontakte.

- Fällt -K1 nicht ab, weil die Kontakte verschweißt sind, wird der Freigabekreis nicht geschlossen. Die Anlage bleibt in einem sicheren Zustand, der Motor kann nicht star-ten.
- Versagt -K2 oder -K3, wird über die redundanten Kontakte dennoch abgeschaltet. Ein Erstfehler wirkt sich nicht aus. Das erneute Einschalten ist nicht möglich, da die zwangsgeführten Öffnerkontakte die Ansteuerung von -K1 verhindern. Der Erstfehler wird erkannt.

Mit der Dreischützschaltung kann nach dem heutigen Stand der Technik davon ausge-gangen werden, dass Fehlfunktionen zu keinem gefährlichen Zustand der Maschine füh-ren.

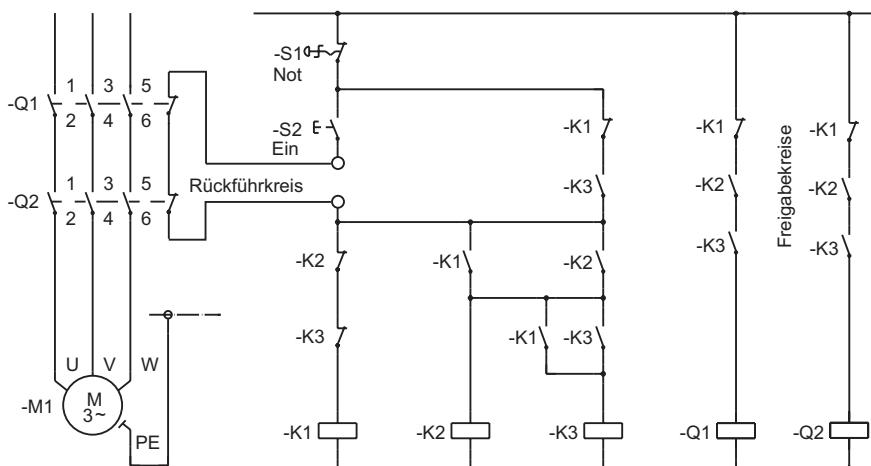


Bild 3.11 Redundanz der Motorschütze und Überwachung im Rückführkreis

Für besonders hohe Anforderungen ist es möglich, die Hauptschütze redundant auszufüh-ren und die Redundanz im Rückführkreis zu überwachen (Bild 3.11). Sollte ein Hauptkon-takt verschweißen, schließt der zwangsgeführte Öffner im Rückführkreis nicht, wodurch sich die Maschine nicht mehr starten lässt und der Erstfehler erkannt wird.

Index

A

- Abbruchstelle 96, 179
- Ablageformat 80
- Ablaufdiagramm 76
- Ablaufsteuerung 122
- Analyse 11f.
- 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 192f.
- 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
- Auto vervollständigen 163

B

- Basisprojekt 157
- Bauartnachweis 57
- Baueinheit 111
- Bauform 56
- Baugruppe 53
- Baugruppenträger 53f.
- Bedienelement 48

- Bestückungsplan 116
- Betriebsmittel 36
- Betriebsmittelbibliothek 138, 192
- Betriebsmittelkennzeichnung 87
- Betriebsmittelnavigator 222
- Bibliothek 136f.
- Binäres Element 84
- Busanschaltbaugruppe 106, 229, 233

C

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

D

- Darstellungsart 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 185
- Eingabeverarbeitung 136
- Einpolige Darstellung 77, 100
- Elektro-CAD 134
- Elektro-CAD-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 192
 - Artikelauswahl 199
 - Artikeldaten 199
 - Artikelstückliste 211
 - Artikelverwaltung 192f.
 - Artikel zuweisen 199
 - Auswertung eingebettet 236
 - Auswertung in Seiten 207
 - Autoconnecting 171
 - Automatikfilter 200
 - Benutzereinstellungen 160
 - Betriebsmittel 166
 - Betriebsmittelnavigator 222
 - Bezeichnung 177
 - Busanschaltbaugruppe 229
 - Editieroperation 170
 - Eigenschaften 176
 - Eigenschaften (Schaltzeichen) 169
 - Eigenschaftstext verschieben 182, 188
 - Firmenspezifische Einstellungen 160
 - Funktionsdefinition 177, 196
 - Funktionsschablone 194
 - Geräteanschluss 187, 224
 - Geräteauswahl 201
 - Gerätekästen 185, 224
 - Grafik 181
 - Grafische Bearbeitung 165
 - Inhaltsverzeichnis 212
 - Interne Seite 176
 - Kabeldefinition 183, 191
 - Kabellinie 183, 191
 - Klemme einfügen 190
 - Klemmeneigenschaften 176
 - Klemmenleistendefinition 178
 - Klemmenleistennavigator 225
 - Klemmenplan 209
 - Konfliktanzeige 200
 - Kontaktspiegel 187
 - Mehrfachselektion 170
 - Meldungsverwaltung 205
 - Oberfläche 155
 - Parametereinstellung 160
 - Potenzialanschluss 180
 - Projekt 156, 158, 160
 - Projekt anlegen 157, 220
 - Projekt sichern 158
 - Projektspezifische Einstellungen 160
 - Projektstammdaten 167
 - Projektverwaltung 158
 - Projekt wiederherstellen 159
 - Prüflauf 205
 - Punkt- 171
 - Schaltzeichen 166
 - Schütz 187
 - Seite anlegen 164, 221
 - Seitennavigator 164
 - Seiten verwalten 165
 - Sichern 199
 - SPS-Navigator 235
 - SPS-Übersicht 233
 - Stationsspezifische Einstellungen 160
 - Strukturkasten 182
 - Symbol 166
 - Symbolauswahl 168
 - Symbol einfügen 166
 - Symbolmakro 175
 - Systemstammdaten 167
 - Taster 188
 - Titel-/Deckblatt 212
 - Verbindungen aktualisieren 187
 - Verbindungssymbol 172
 - Wiederherstellen 199

- Ziel- 171
- Zoomfunktion 166
- EPLAN Data Portal 192
- 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, 161
- Funktionsdefinition 177, 196
- Funktionsschablone 194

G

- Gefäßsystem 50
- Gehäuse 53
- Gerät 36
- Geräteanschluss 187, 224
- Geräteauswahl 201
- Gerätekasten 140, 185, 224, 246
- Geräteverdrahtungsliste 112
- Geräteverdrahtungsplan 76, 110
- Gestaltung 13
- Grafikeditor 165
- Grafische Bearbeitung 165

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, 115
- 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, 187
 - Position 188
- Konvektion 62f.
- 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 172
 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
 Not-Halt-Gerät 186

O

Oktale Aufteilung 107
 Originalzeichnung 74, 240
 Ortsaspekt 88, 161
 Ortskennzeichnung 88

P

Parts-Count-Verfahren 28
 PDM 131
 Performance Level 23
 - Erforderlicher 23
 - Erreichter 25

Pflichtenheft 12, 237
 PL 23
 Plan 74, 113, 115
 - fluidtechnischer 124
 PLM 130
 Pneumatik 117
 - Anschluss 119
 - Antriebselement 119
 - Bezeichnung 119
 - Darstellung 118
 - Doppeltwirkender 119, 121
 - Einfachwirkender 119f.
 - 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 195
 Produkthaftungsgesetz 15
 Produktionsplanung und -steuerung 130
 Produktnorm 18
 Produktobergruppe 195
 Produktuntergruppe 195
 Programmoberfläche 146
 Projekt 12, 137, 156
 - Sichern 158
 - Wiederherstellen 160
 Projektbibliothek 137, 156
 Projektierung 12
 Projektmanagement 12
 Projektstammdaten 199
 Projektverwaltung 158
 Projektvorlage 157
 Prülauf 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 157
 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 161
 Strukturkennzeichenübersicht 236
 Stückliste 60, 126
 Stückliste-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 112
Verbindungsplan 76, 110, 151, 214
Verbindungsschaltplan 76, 109

Verschweißfreiheit 38

Verteilte Darstellung 77, 95, 101, 105

W

Wärmeabführung 61
Wärmedurchgangskoeffizient 67
Wärmeleistung 70
Wärmeleitung 62f.
Wärmestrahlung 62, 64
Wärmestrom 62
Wärmeübergangskoeffizient 64
Winkelvariante 172

Z

Zählnummer 93
Zeichenregel 74f.
Zusammenhängende Darstellung 77
Zweischützschaltung 45