

Elektrokonstruktion

Elektrotechnik und Automation

3. Auflage

Sebastian Kuhls





tredition®

www.tredition.de

© 2018 Sebastian Kuhls

Verlag & Druck: tredition GmbH, Hamburg

ISBN

Paperback 978-3-7469-8647-0

Hardcover 978-3-7469-8648-7

e-Book 978-3-7469-8649-4

Das Werk, einschließlich seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlages und des Autors unzulässig. Dies gilt insbesondere für die elektronische oder sonstige Vervielfältigung, Übersetzung, Verbreitung und öffentliche Zugänglichmachung.

Dieses Buch wurde nach bestem Wissen erstellt und mit Sorgfalt korrigiert. Dennoch sind Fehler nicht auszuschließen. Aus diesem Grund sind die Inhalte im vorliegenden Buch mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Art aus der Benutzung entsteht.

Sebastian Kuhls

Elektrokonstruktion

Elektrotechnik und Automation

3., neu bearbeitete Auflage

Vorwort

„Einfach ist schwieriger als kompliziert. Du musst hart arbeiten, um dein Denken zu vereinfachen. Aber es ist die Mühe wert, denn wenn du es geschafft hast, dann kannst du Berge versetzen.“

Steve Jobs

Von der Konzeption über Projektierung bis hin zu Standardisierung und Optimierungsmaßnahmen: Im Zeitalter von Industrie 4.0 erfordert der Beruf des/ der Elektrokonstruktors/ Elektrokonstrukteurin eine Vielzahl an Kompetenzen. Um am Puls der Zeit zu bleiben und nicht von der Entwicklung abgehängt zu werden, muss sich der Wandel der Arbeitswelt in der Aus- und Weiterbildung niederschlagen. Nur wer sich mit dem Wandel bewegt, kann die Zukunft mitgestalten.

Das hier vorliegende Kompendium vermittelt ein breites Grundwissen der Elektrokonstruktion in Form eines praktischen Nachschlagewerkes. Die vorliegende dritte Auflage wurde im Rahmen einer Masterthesis komplett überarbeitet und weiterentwickelt. Das neue Format und Design vereinfacht die Lesbarkeit und stellt die Zusammenhänge zwischen Text und Abbildung besser dar. Zahlreiche Abbildungen sowie Inhalte mit wertvollen Ideen für die Optimierung oder den Ausbau des Engineering-Prozesses vermitteln Industrie 4.0-relevantes Wissen sachkundig und anschaulich. Dank sparsamem Umgang mit Fachwörtern, einem klaren Schreibstil sowie zahlreichen Beispielen werden komplexe Sachverhalte einfach dargestellt.

Sämtliche Kapitel sind umstrukturiert und normativ auf den aktuellen Stand gebracht. Zudem wurde das Fachbuch um wichtige Kapitel wie beispielsweise

Sicherheitstechnik, Elektropneumatik und EPLAN Electric P8 erweitert.

Das Fachbuch richtet sich sowohl an motivierte Berufsanfänger, die nicht ins kalte Wasser geworfen werden wollen, als auch an Berufserfahrene als praktisches Nachschlagewerk. Außerdem bietet es eine gute Wissensgrundlage für verwandte Berufe wie Mechatroniker und Elektriker, oder für Studierende aus diesen Themenbereichen.

Inhaltsverzeichnis

1 Ablauf und Methoden der Elektrokonstruktion

1.1 Entwurfsprozess allgemein

1.1.1 Entwurfsprozess Elektrokonstruktion

1.2 Projektplanung

2 Technische Grundlagen

2.1 Elektrische Betriebsmittel

2.1.1 Schutzschalter

2.1.1.1 Leitungsschutzschalter (LSS)

2.1.1.2 Motorschutzschalter

2.1.1.3 FI-Schutzschalter (RCD)

2.1.2 Schmelzsicherung

2.1.2.1 Geräteschutzsicherung

2.1.2.2 NH-Sicherung

2.1.2.3 Schraubsicherung

2.1.2.4 Betriebsklassen

2.1.3 Leistungsschalter

2.1.3.1 Hauptschalter

2.1.4 Elektromagnetisch betätigtes Schaltgerät

2.1.4.1 Relais

2.1.4.2 Sicherheitsrelais

2.1.4.3 Zwangsgeführter Kontakt

2.1.5 Schütz

2.1.6 Gebrauchskategorie

2.1.7 Optokoppler

2.1.8 Stromwandler

2.1.9 Trennklemme

- 2.1.9.1 Erdleiter-Trennklemme
- 2.1.9.2 Neutralleiter-Trennklemme
- 2.1.10 Netzgerät
- 2.1.10.1 Erweiterungen für geregelte Netzgeräte
- 2.1.11 Gerätearten Schaltschrankklimatisierung

2.2 Technologien

- 2.2.1 Data-Matrix-Code (DMC)
- 2.2.2 Radiofrequenz-Identifikation (RFID)
- 2.2.3 Wireless-Kommunikation

2.3 Bussysteme

3 Physikalische Grundlagen

3.1 Induktion

- 3.1.1 Generatorprinzip
- 3.1.2 Transformatorprinzip
- 3.1.3 Lenzsche Regel
- 3.1.4 Schutzbeschaltung Schütz und Relais

3.2 Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

- 3.2.1 Kopplung von Störsignalen
- 3.2.2 EMV-Maßnahmen
- 3.2.3 Elektrostatische Entladung (ESD)

4 Dimensionierung

4.1 Schaltschrankklimatisierung

4.2 Spannungsteiler

4.3 Open-Collector-Ausgang

4.4 Auswahl von Leitungen und Kabeln

- 4.4.1 Auswahl nach der Belastbarkeit

- 4.4.2 Auswahl nach dem Spannungsfall
- 4.4.3 Umrechnung AWG
- 4.5 **Anschluss Drehstrommotor**
- 4.6 **Versorgung 48 V Gleichstrommotor**
- 4.7 **Berechnung Einspeisung**

5 Antriebstechnik

- 5.1 **Gleichstrommaschine**
- 5.2 **Induktionsmaschine**

6 Sicherheitstechnik

- 6.1 **Richtlinien**
- 6.2 **Normen**
- 6.3 **Auslegung und Beurteilung**
 - 6.3.1 Schritt 1 - Performance Level
 - 6.3.2 Schritt 2 - Kategorie
 - 6.3.3 Schritt 3 - $MTTF_d$
 - 6.3.4 Schritt 4 - DC_{avg}
 - 6.3.5 Schritt 5 - Gesamt Performance Level
 - 6.3.6 Validierung
- 6.4 **Prüfen elektrischer Maschinen**
 - 6.4.1 Prüfumfang
- 6.5 **Safe Motion**

7 Schaltplan

- 7.1 **Gestaltungshinweise**

- 7.1.1 Schaltplanarten
 - 7.1.1.1 Übersichtsschaltplan
 - 7.1.1.2 Stromlaufplan
 - 7.1.1.3 Verbindungsschaltplan
- 7.1.2 Stücklisten
- 7.1.3 Anordnung der Symbole
- 7.1.4 Strukturierung und Referenzkennzeichnung
- 7.2 Vorplanung**
- 7.3 Schaltschrank**
 - 7.3.1 Layout Schaltschrank und Montageplatte
 - 7.3.2 Einspeisung
 - 7.3.3 Verteilung PE
 - 7.3.4 Verteilung Spannung
 - 7.3.5 Netzgerät
 - 7.3.6 Versorgung Feld
 - 7.3.7 Sicherheitssteuerung
 - 7.3.8 Not-Halt Schnittstelle
 - 7.3.9 Industrielle Switche und Netzwerke
 - 7.3.10 19-Zoll-Aufbausystem
- 7.4 Schaltschrank nach UL-Standard**
 - 7.4.1 Vorschriften und Abnahme
 - 7.4.2 Besonderheiten UL-Markt
- 7.5 Feld**
 - 7.5.1 Bedienelemente
 - 7.5.2 Potentialausgleich
 - 7.5.3 Verbraucher
 - 7.5.4 Sicherheitsgeräte
 - 7.5.5 Sensoren und Aktoren
- 7.6 Klemmkasten**
- 7.7 Fehler vermeiden-FMEA**

7.7.1 Fehlerkultur

8 Energieeffizienz

8.1 Energiesparmotoren

8.2 Beiträge zur Energieeffizienzsteigerung

8.2.1 Elektrik

8.2.2 Elektropneumatik

9 Elektropneumatik

9.1 Physikalische Grundlagen und Dimensionierung

9.2 Pneumatische Betriebsmittel

9.2.1 Wartungseinheit

9.2.2 Wegeventil

9.2.3 Ventilinsel

9.2.4 Sonstige wichtige pneumatische Betriebsmittel

9.3 Vakuum

10 EPLAN Electric P8

10.1 Allgemein

10.2 Oberfläche

10.3 Navigatoren

10.4 Grundlagen und Tipps

Literaturverzeichnis

Stichwortverzeichnis

Über den Autor

1 Ablauf und Methoden der Elektrokonstruktion

Allgemein formuliert, beinhaltet die Konstruktion den Entwurf von technischen Erzeugnissen (z. B. Anlagen oder einzelne Bauteile). Dabei steht die Anfertigung technischer Dokumente im Mittelpunkt. Die Elektrokonstruktion beschränkt sich auf den Entwurf eines Erzeugnisses, welcher in einem Zusammenhang mit der Elektrotechnik oder Elektronik steht.

1.1 Entwurfsprozess allgemein

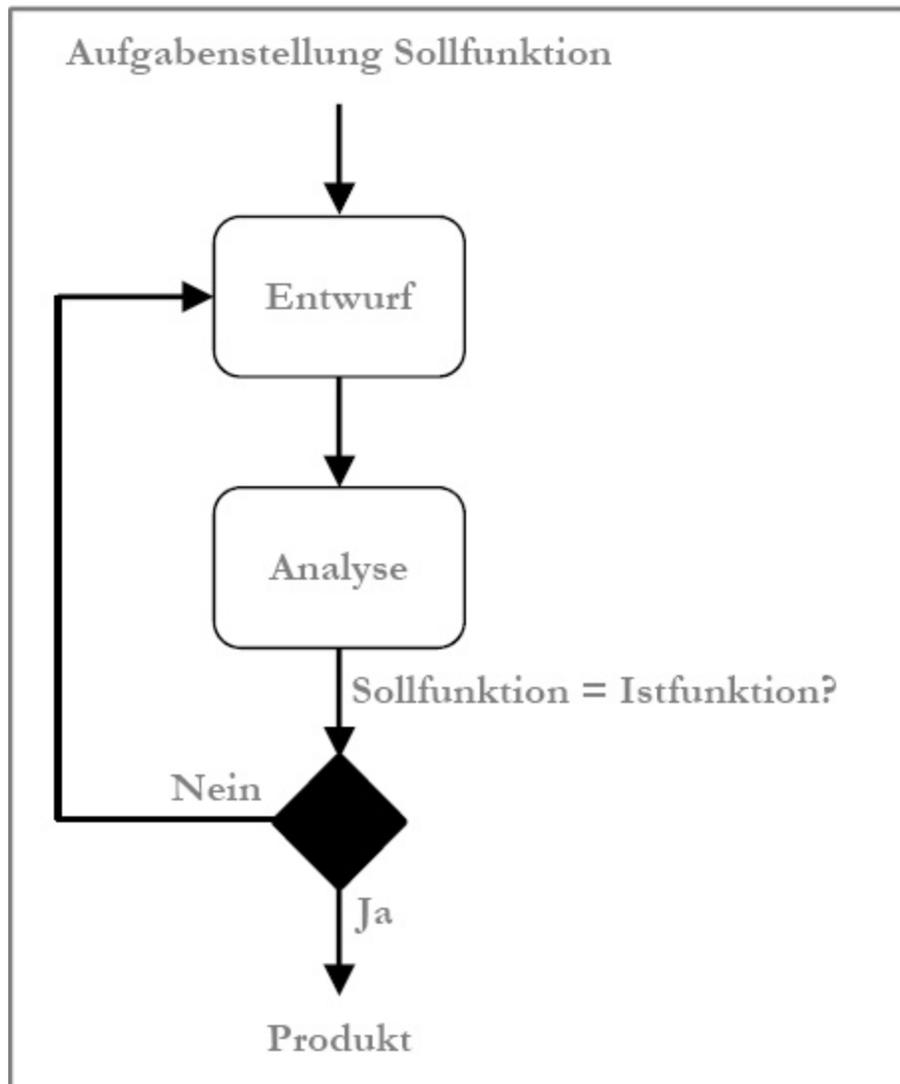


Abbildung 1: Entwurfsprozess allgemein

Zunächst wird der Entwurfsprozessⁱ allgemein abgehandelt. Es handelt sich um einen zyklischen Prozess, der sich iterativ der Lösung annähert.

Der Prozess (Abbildung 1) beginnt mit einer definierten Aufgabenstellung. Im ersten Prozessschritt findet ein Entwurfⁱⁱ statt. Im zweiten Schritt wird analysiert, ob der Entwurf die geforderte Funktion aus der Aufgabestellung erfüllt. Wenn das nicht der Fall ist, dann wird der erste Schritt erneut aufgenommen. Dieser Zyklus wird durchlaufen, bis die Istfunktion der Sollfunktion entspricht.

Der Entwurf hat bei der Umsetzung einen Entscheidungsspielraum. Dieser wird durch die Anforderungen der Aufgabenstellung und den Vorschriften und Normen sowie durch weitere Randbedingungen eingeschränkt. Da die Analyse die Funktion untersucht, ist diese im Allgemeinen eindeutig.



In diesem Kapitel wird auf die Literatur [1] verwiesen.

1.1.1 Entwurfsprozess Elektrokonstruktion

Der bereits bekannte allgemeine Entwurfsprozess wird nun auf den der Elektrokonstruktion übertragen. Die Abbildung 2 zeigt den Prozess schematisch.

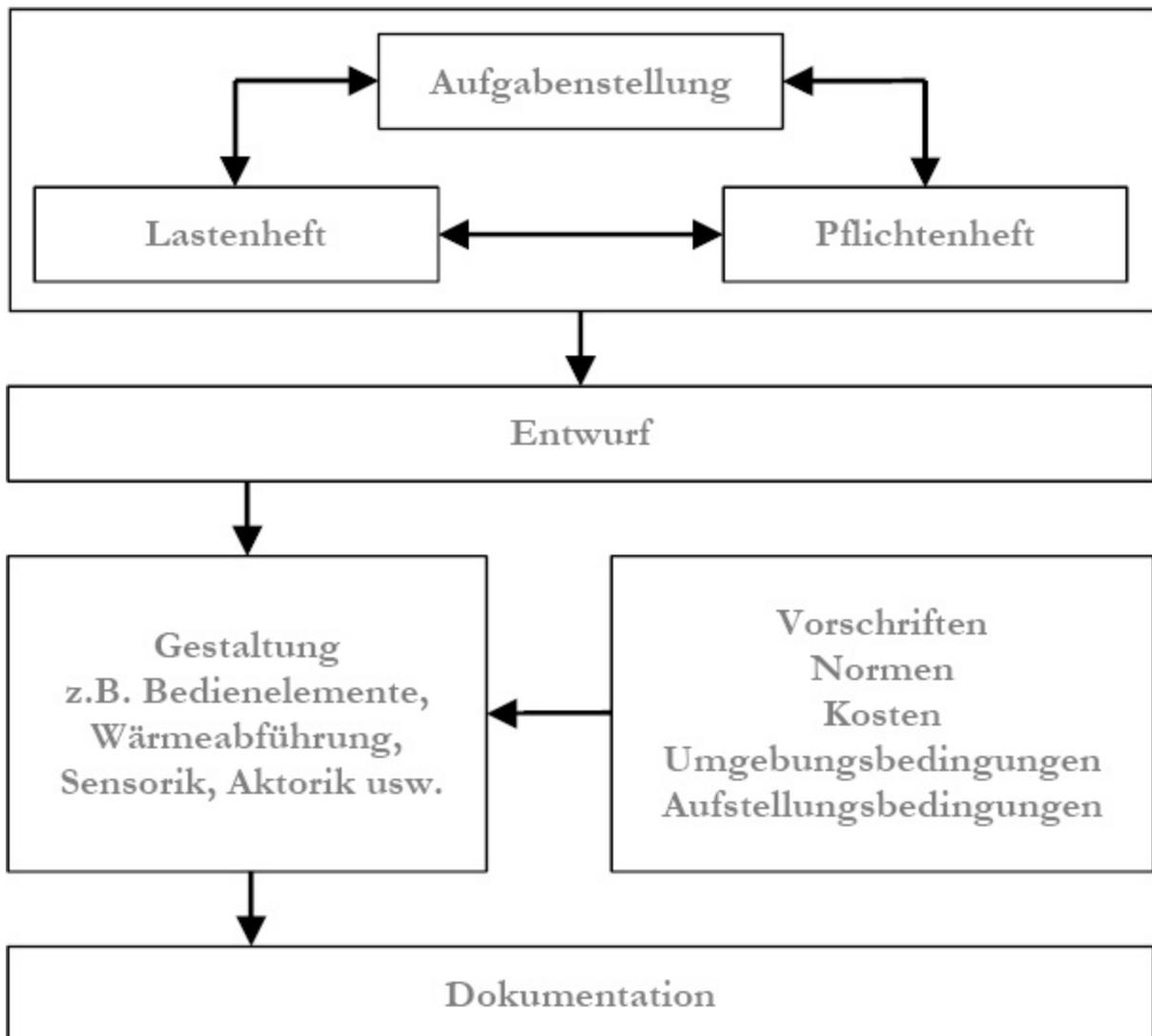


Abbildung 2: Entwurfsprozess Elektrokonstruktion

Aufgabenstellung: Die Aufgabenstellung ist das Ergebnis der Aufgabenklärung zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer. Hierzu erstellt der Auftraggeber ein Lastenheft, welches die Anforderungen an das Ergebnis definiert. Auf dieser Grundlage erarbeitet der Auftragnehmer ein Pflichtenheftⁱ, in dem die Umsetzung der Forderungen des Auftraggebers definiert ist. Das Pflichtenheft bedarf der Genehmigung durch den Auftraggeber und ist somit eine verbindliche Vereinbarung zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer. Zu Beginn eines Projektes ist es für einen Elektrokonstrukteur unabdingbar das Pflichtenheft zu lesen. Verallgemeinert geht es für den Elektrokonstrukteur

darum, die Abweichungen von eigenen Firmen-Standards, herauszufiltern und diese umzusetzen. Außerdem können Besonderheiten in Bezug auf Fernwartung, Steuerungskonzept, Anschlussbedingungen, klimatische Bedingungen oder elektromagnetische Einflüsse vorgegeben sein.

Sicherheitsrelevante Kundenwünsche sind mit Vorsicht zu genießen. Wenn diese unter Umständen zu einer Nichterfüllung der erforderlichen Sicherheit der Anlage führen könnten, ist davon unbedingt abzusehen. Der Hersteller und somit auch der Elektrokonstrukteur trägt die Verantwortung für die Sicherheit der Maschine. Die in diesem Zusammenhang wichtigste einzuhaltende Randbedingung, ist die Beachtung des Standes der Technik, worauf zahlreiche Gesetze verweisen.

Ein weiterer grundlegender Punkt ist die Landessprache. Die Anlagendokumentation muss in der Landessprache des Landes erstellt werden, in welchem die Anlage in den Verkehr gebracht wird. Länderspezifische Besonderheiten müssen unter Umständen von Beginn an in der Erstellung des Stromlaufplans oder bei der Erstellung des Typenschildes berücksichtigt werden.

Dem Angebot, bzw. dem Kaufvertrag, des Projektes sind oftmals nützliche Informationen zu entnehmen, wie z. B. die verkaufte Anzahl der Konstruktionsstunden oder das Budget für die Hardware.

Entwurf: In dieser Phase hat der Elektrokonstrukteur Entscheidungsspielraum. Oftmals wird dieser eingegrenzt durch Freigabelisten, in welchen der Auftraggeber spezifische Hersteller oder Produkte vorschreibt, die eingesetzt werden müssen. In diesem Schritt sollten auch Parallelprozesse angestoßen werden, z. B. wenn von einem Lieferanten Auslegungen oder Angebote benötigt werden.

Gestaltung: In dieser Phase werden konkrete technische Unterlagen erstellt. In der Regel sind Schnittstellen zu anderen Abteilungen notwendig, um Informationen zu beschaffen. Beispielsweise müssen von der mechanischen Konstruktion eingeplante Sensoren und Aktoren elektrisch eingebunden werden. In solchen Fällen sollten Aktor-Sensor-Listen erstellt werden.

Dokumentation: Zeichnungen und Pläne sind ein wichtiges Verständigungsmittel in den technischen Abteilungen eines Unternehmens. Sie dokumentieren das Arbeitsergebnis des Elektrokonstruktors und sind Grundlage für die anschließende Fertigung oder Programmierung. Der Stromlaufplan ist ein zentraler Teil der Dokumentation. Weitere Bestandteile der Dokumentation sind Stücklisten, Klemmenpläne, Zuordnungslisten¹ usw., welche alle basierend auf dem Stromlaufplan vom CAD-Programm automatisch generiert werden. Es bietet sich an, durch die Kontrolle dieser automatisch erstellten Dokumente den Stromlaufplan auf Fehler zu untersuchen.

Für den Bearbeitungszyklus ist die Nutzung von Methoden des Projektmanagements wichtig. Eine besondere Bedeutung haben in diesem Zusammenhang die Terminplanung und die Kostenplanung. Es ist auch in der Verantwortung des Elektrokonstruktors sich an Termine zu halten oder einen Terminverzug rechtzeitig zu kommunizieren damit Maßnahmen eingeleitet werden können. Ebenso müssen ungeplante Mehrkosten erfasst und unter Umständen nachberechnet werden.



In diesem Kapitel wird auf die Literatur [1] verwiesen.

1.2 Projektplanung

In diesem Kapitel geht es nicht darum, das Thema Projektmanagement zu vermitteln. Vielmehr geht es darum, auf die Wichtigkeit einzugehen, den Entwurfsprozess in der Elektrokonstruktion zu überwachen und mithilfe von Werkzeugen Aussagen über den Verlauf aktueller Projekte tätigen zu können.

Terminplan: Die Elektrokonstruktion ist ein kritischer Pfad. Eine Verschiebung der Fertigstellung der Elektrokonstruktion oder eine verspäte Beschaffung der Hardware, verschiebt den Zeitplan nachfolgender Tätigkeiten, wie z. B. Montage oder Programmierung. Deshalb sind Start- und Endtermin sowie Meilensteine gleichsam Beschaffungsende oder Montagestart zu

beachten. Verspätungen müssen frühzeitig erkannt und kommuniziert werden, um gegebenenfalls personelle Unterstützung hinzuzufügen.

Projektüberwachung: Übergeordnet ist der Projektleiter für die Steuerung und Überwachung des Projekts verantwortlich. In dem Teilbereich Elektrokonstruktion liegt es an dem Elektrokonstrukteur selbst, den Überblick über laufende Projekte und offene Punkte zu behalten. Deshalb ist es hilfreich, ein eigenes benutzerdefiniertes Werkzeug dafür zu bauen.

Nachfolgend wird ein praxiserprobtes Tool (Abbildung 3) auf Excel-Basis als Idee bzw. als Kopiervorlage vorgestellt.

Projektdaten				Terminierung					Liefertermine				Sonstiges																	
Projekt-Nr.	Kunde	Anlage	FA+AG-Nr. EKO	Konstrukteur	h	Ende EKO	80%	85%	90%	95%	100%	100%	100%	Beschriftung abgelegt	Plan gedruckt	E-Plan abgelegt	PK-Plan abgelegt	ZULI abgelegt	Typenschild bestellt	Gewicht [t]	Schalt- schrank	Elektrik	PN	Sonder- artikel	Name	Bestellungen	Übersetzung	Einzelabformz	Richt. Zueinander	
174	XXX	Hydraulikprüfstand	31800346-2200	SE	54	03.04.18	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	6,5	06.07.18	08.06.18	08.06.18		Walz	08.06.2018	MX-EN	✓		
175	XXX	Umbau	31800409-2200	SK	75	23.04.18	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0,8	29.06.18	29.06.18	29.06.18		ZW				✓	
180	XXX	Versuchsaufbau	31800695-2200	SE	50		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						Walz	06.07.2018	EN-DE	✓		
181	XXX	Montagelinie	31800802-2200	SE	15		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓											✓
182	XXX	HA-Platz	31800831-2200		350	17.02.19																								✓

Abbildung 3: Werkzeug für Projektüberwachung

Spalten A-E: Hier werden allgemeine Projektdaten eingetragen:

- Projekt-Nummer
- Name des Kunden
- Name der Anlage bzw. des Projektes
- Nummer des Fertigungsauftrags
- Name des verantwortlichen Elektrokonstruktors

Spalten F+G: An dieser Stelle werden die zur Verfügung stehenden Stunden und der Endtermin der Elektrokonstruktion eingetragen.

Spalten H-U: Hier werden der Projektfortschritt und offenen Punkte überwacht:

- Status der Elektrokonstruktion
- Status der Risikobewertung
- Status der Planrevision
- Beschriftungsdatei für die Referenzkennzeichnung exportiert und abgelegt
- Stromlaufplan und ggf. Pneumatikplan für die Montage ausgedruckt, sofern diese nicht die Pläne über mobile Endgeräte abrufen
- Stromlaufplan und ggf. Pneumatikplan zur Erstellung der Dokumentation archiviert
- Zuordnungsliste (ZULI) für die Erstellung der Software abgelegt
- Gewicht der Anlage ermittelt und auf dessen Basis das Typenschild erstellt

Spalten V-Y: In diesen Spalten werden die Liefertermine dokumentiert:

- Liefertermin des Schaltschranks, sofern dieser extern beschafft wird
- Liefertermin aller elektrischen Komponenten
- Liefertermin aller pneumatischen Komponenten
- Liefertermin aller Sonderartikel, die z. B. eine erhöhte Lieferzeit haben oder zur Beistellung für den Schaltschrankbauer vorab bestellt wurden

Spalten Z-AC: Hier werden sonstige Projektdaten eingetragen:

- Name des Schaltschrankbauers
- Liefertermin aller Komponenten, die dem Schaltschrankbauer beigestellt werden

- Fremdsprache, sofern die Dokumentation nicht in Landessprache erstellt wird
- Einzeladerkennzeichnung, sofern diese nicht standardmäßig angewandt wird

Spalten AD: In dieser Spalte wird ein Hacken gesetzt, wenn die ausgelieferte Anlage in die Gewährleistung übergeht und das Projekt somit für die Elektrokonstruktion abgeschlossen ist. Durch den Hacken wird die komplette Zeile mit allen Projektinformationen aus der Excel-Liste ausgefiltert.

Button „Drucken“: Druckt die an eine DIN A3 Seite angepasste Projektliste aus.

Button „Zusatzauftrag/ Reklamation“: Nach Betätigung wird automatisch eine neue Zeile unterhalb der markierten Zeile erstellt. Der Kundename von der zuvor markierten Zeile wird automatisch in der neuen Spalte übernommen.

Standardisierung: Wesentlich schwieriger also etwas zu optimieren, ist diese Verbesserung stetig beizubehalten. Deshalb gilt es optimierte Abläufe oder Vorlagen zu standardisieren. In diesem praxisorientierten Abschnitt wird ein auf Excel basiertes Werkzeug (Abbildung 4 und Abbildung 5) zur Standardisierung in der Elektrokonstruktion vorgestellt.

Der Navigatorbereich (Abbildung 4) stellt eine kategorisierte Übersicht mit allen standardisierten Abläufen und Vorlagen dar. Durch Anklicken einer Überschrift, z. B. „4.2 Übersicht Tabellen“ (Abbildung 5), gelangt man durch eine Verlinkung automatisch auf den entsprechenden Reiter, der die Tabellen abbildet.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2											
3		1.0 Elektrokonstruktion									
4		1.1 Schaltplan-Layout		Erstelldatum:	28.08.2012	Letzte Änderung:	16.06.2014	Ersteller:			
5		1.2 Betriebsmittelkennzeichnung		Erstelldatum:	01.02.2013	Letzte Änderung:	04.02.2013	Ersteller:			
6		1.2.1 Aufbau BMK		Erstelldatum:	01.02.2013	Letzte Änderung:	16.04.2015	Ersteller:			
7		1.2.2 Bezeichnung „Gruppe“ und „Zählnummer“ Elektrik		Erstelldatum:	01.02.2013	Letzte Änderung:	16.04.2015	Ersteller:			
8		1.2.3 Bezeichnung „Gruppe“ und „Zählnummer“ Mechanik		Erstelldatum:	01.02.2013	Letzte Änderung:	16.04.2015	Ersteller:			
9		1.2.4 Rundtisch		Erstelldatum:	01.02.2013	Letzte Änderung:	16.04.2015	Ersteller:			
10		1.2.5 Zufahrtopf		Erstelldatum:	01.02.2013	Letzte Änderung:	16.04.2015	Ersteller:			
11		1.2.6 Not-Halt/Steuerung Ein		Erstelldatum:	11.01.2016	Letzte Änderung:	11.01.2016	Ersteller:			
12		1.3 Standard-Schaltshranke		Erstelldatum:	01.05.2013	Letzte Änderung:	01.05.2013	Ersteller:			
13		1.4 Kabelliste		Erstelldatum:	12.09.2013	Letzte Änderung:	12.09.2013	Ersteller:			
14		1.4.1 ungeschirmt		Erstelldatum:	12.09.2013	Letzte Änderung:	12.09.2013	Ersteller:			
15		1.4.2 geschirmt		Erstelldatum:	12.09.2013	Letzte Änderung:	12.09.2013	Ersteller:			
16		1.4.3 Buskabel		Erstelldatum:	12.09.2013	Letzte Änderung:	12.09.2013	Ersteller:			
17		1.4.4 Kabelkennzeichnung DIN 47100		Erstelldatum:	12.09.2013	Letzte Änderung:	12.09.2013	Ersteller:			
18		1.5 EPLAN View		Erstelldatum:	10.03.2013	Letzte Änderung:	10.03.2013	Ersteller:			
19		1.6 Export BMK		Erstelldatum:	16.06.2014	Letzte Änderung:	16.06.2014	Ersteller:			
20		1.7 Revisiosverwaltung		Erstelldatum:	28.10.2014	Letzte Änderung:	28.10.2014	Ersteller:			
21		1.8 Not-Halt/Steuerung Ein		Erstelldatum:	31.08.2015	Letzte Änderung:	31.08.2015	Ersteller:			
22											
23		2.0 ERP									
24		2.1 Nummer reservieren		Erstelldatum:	07.04.2015	Letzte Änderung:	07.04.2015	Ersteller:			
25		2.2 Lieferanten-Kurznel		Erstelldatum:	28.10.2014	Letzte Änderung:	28.10.2014	Ersteller:			
26		2.3 Schnittstelle ERP		Erstelldatum:	07.04.2015	Letzte Änderung:	07.04.2015	Ersteller:			
27		2.4 Beistellung Schaltschrankbauer		Erstelldatum:	17.08.2015	Letzte Änderung:	17.08.2015	Ersteller:			
28											
29		3.0 Projekte									
30		3.1 Inhalt Projektordner EKO		Erstelldatum:	20.11.2012	Letzte Änderung:	16.01.2013	Ersteller:			
31		3.2 Projektnavigatorliste		Erstelldatum:	09.02.2013	Letzte Änderung:	01.04.2015	Ersteller:			
32		3.3 Checkliste EKO		Erstelldatum:	22.12.2017	Letzte Änderung:	22.12.2017	Ersteller:			
33		3.4 Checkliste Kunde		Erstelldatum:	22.12.2017	Letzte Änderung:	22.12.2017	Ersteller:			
34		3.5 Checkliste Schaltschrankbauer		Erstelldatum:	22.12.2017	Letzte Änderung:	22.12.2017	Ersteller:			
35		3.6 Leistungsberechnung		Erstelldatum:	29.11.2015	Letzte Änderung:	02.01.2018	Ersteller:			
36											
37		4.0 Allgemein									
38		4.1 Katalog-Übersicht		Erstelldatum:	23.09.2013	Letzte Änderung:	25.09.2013	Ersteller:			
39		4.2 Übersicht Tabellen Elektrik		Erstelldatum:	07.04.2015	Letzte Änderung:	07.04.2015	Ersteller:			
40		4.3 Übersicht Tabelle Pneumatik		Erstelldatum:	22.12.2017	Letzte Änderung:	22.12.2017	Ersteller:			

Abbildung 4: Navigatorbereich

4.0 Allgemein

[4.1 Katalog-Übersicht](#)

[4.2 Übersicht Tabellen](#)

J35 fx

	A	B	C	D
1				
2	zurück	4.2 Übersicht Tabellen		
3				

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1																	
2		zurück	4.2 Übersicht Tabellen														
3																	
4		Kabelkennzeichnung nach DIN 47100															
5		Ader Nr.	Farbe	Ader Nr.	Farbe												
6		1	weiß	31	grün-blau												
7		2	braun	32	gelb-blau												
8		3	grün	33	grün-rot												
9		4	gelb	34	gelb-rot												
10		5	grau	35	grün-schwarz												
11		6	rosa	36	gelb-schwarz												
12		7	blau	37	grau-blau												
13		8	rot	38	rosa-blau												
14		9	schwarz	39	grau-rot												
15		10	violett	40	rosa-rot												
16		11	grau-rosa	41	grau-schwarz												
17		12	rot-blau	42	rosa-schwarz												
18		13	weiß-grün	43	blau-schwarz												
19		14	braun-grün	44	rot-schwarz												
20		15	weiß-gelb	45	weiß-braun-schwarz												
21		16	gelb-braun	46	gelb-grün-schwarz												
22		17	weiß-grau	47	grau-rosa-schwarz												
23		18	grau-braun	48	rot-blau-schwarz												
24		19	weiß-rosa	49	weiß-grün-schwarz												
25		20	rosa-braun	50	braun-grün-schwarz												
26		21	weiß-blau	51	weiß-gelb-schwarz												
27		22	braun-blau	52	gelb-braun-schwarz												
28		23	weiß-rot	53	weiß-grau-schwarz												
29		24	braun-rot	54	grau-braun-schwarz												
30		25	weiß-schwarz	55	weiß-rosa-schwarz												
31		26	braun-schwarz	56	rosa-braun-schwarz												
32		27	grau-grün	57	weiß-blau-schwarz												
33		28	gelb-grau	58	braun-blau-schwarz												
34		29	rosa-grün	59	weiß-rot-schwarz												
35		30	gelb-rosa	60	braun-rot-schwarz												
36																	

Farbe	Farb-nummer	Muster	DIN 47002	IEC 60757
Schwarz	RAL 9005		sw	BK
Braun	RAL 8003		br	BN
Rot	RAL 3000		rt	RD
Orange	RAL 2003		or	OG
Gelb	RAL 1021		ge	YE
Grün	RAL 6018		gn	GN
Blau	RAL 5015		bl	BU
Violett	RAL 4005		vi	VT
Grau	RAL 7000		gr	GY
Weiß	RAL 1013		ws	WH
Rosa	RAL 3015		rs	PK
Türkis	RAL 6027		tk	TQ
Grün/gelb			gnge	GNGY
Gold				GD
Silber				SR

Typ	USB 2.0	USB 3.0	Alle Stecker in neuen Buchsen?	Neue Stecker in alten Buchsen?
A			●	●
B			●	○
Mini-B		-	-	-
Micro-B			●	○

Abbildung 5: Standardisierte Übersicht von Tabellen

Dieses Buch beinhaltet einige Vorlagen, die bei der Entwicklung eines eigenen Werkzeugs zur Standardisierung berücksichtigt werden sollten.

Projektabschluss: In dieser Projektphase ist es wichtig Schwachstellen die während den Projektphasen aufgetreten sind, zu analysieren und gegebenenfalls zu dokumentieren, z. B. in Form einer Checkliste. Somit findet ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess statt, der die Wirtschaftlichkeit von Projekten erhöht.

Wenn am Projektende über Schwachstellen gesprochen wird, dann ist es mindestens genauso wichtig über Erfolge zu sprechen. Die Kommunikation von Erfolgen hat positive Auswirkungen auf die Produktivität, da Mitarbeiter motiviert werden, die entdeckten Schwachstellen auch zu optimieren. Des

Weiteren wird ein wertvoller zwischenmenschlicher Umgang miteinander erzeugt, was die Stimmung bzw. die Arbeitskultur positiv prägt.

ⁱ In der Norm *VDI 2221* wird diese Thematik ausführlich besprochen.

ⁱⁱ Man spricht auch von der Synthese.

ⁱ Inhalt und Gliederung von Pflichten- und Lastenheft sind in der *VDI/VDE 3694* definiert.

ⁱ Die Zuordnungsliste (auch ZULI genannt), enthält Adressen, symbolische Adresse und Funktionstexte einer SPS.

2 Technische Grundlagen

In diesem Kapitel wird für einen Elektrokonstrukteur wichtiges Basiswissen vermittelt, sei es bei der Auswahl und Auslegung von Komponenten oder der Wissensvermittlung an einen Auszubildenden.

2.1 Elektrische Betriebsmittel

Sie wissen, wie eine Sicherung funktioniert? Wissen Sie aber auch, nach welchen Kriterien man bei der Hardwareplanung eine Sicherung auswählt? Ist eine Sicherung ausreichend, um den Menschen vor einer zugänglichen Steckdose und den damit verbundenen Gefahren zu schützen?

Nachfolgend werden einige elementare Komponenten erläutert, über die ein Elektrokonstrukteur ein gezieltes Wissen benötigt.

2.1.1 Schutzschalter

Schutzschalter trennen Verbraucher oder Anlagenteile bei einer Überlastung selbstständig vom Netz. Man kann sie nicht wieder einschalten, solange die Ursache nicht behoben ist, z. B. nach einem Kurzschluss. Das Auslösen des Schalters kann nicht verhindert werden, indem z. B. der Schaltknebel fixiert wird.

2.1.1.1 Leitungsschutzschalter (LSS)

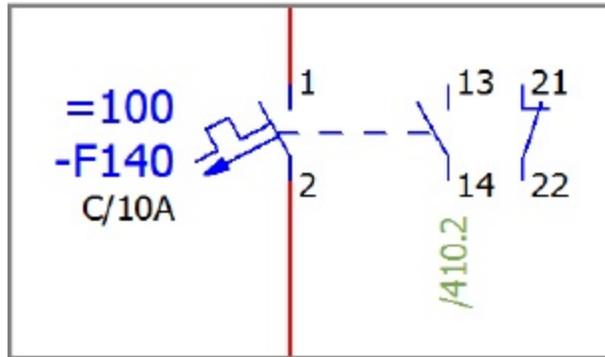


Abbildung 6: Leitungsschutzschalter

Ein Leitungsschutzschalter (Abbildung 6) wird umgangssprachlich auch als Sicherungsautomat bezeichnet. Er schützt Leitungen vor Beschädigung durch Erwärmung infolge eines zu hohen Stroms. Indirekt wird dadurch auch das Gerät, z. B. die Bohrmaschine in der Steckdose, geschützt. Der LSS schützt nicht den Mensch. Wenn also ein Mensch in die Steckdose fasst, löst die Sicherung nicht aus, da zum einen kein hoher Strom fließt und zum anderen kein Kurzschluss entsteht.

Der Abschaltmechanismus kann auf vier Arten ausgelöst werden:

Auslösung bei Überlast (mittels Bimetall): Der vorgegebene Nennwert des durch den LSS fließenden Stroms wird längere Zeit erheblich überschritten.

Elektromagnetische Auslösung: Erfolgt unverzüglich bei einem zu hohen Strom z. B. durch einen Kurzschluss.

Manuelle Auslösung: Für Wartungsarbeiten, Testzwecke oder zur vorübergehenden Stilllegung.

Auslösung durch Zusatzmodule: Für die meisten LSS gibt es neben Hilfskontakten noch andere Module, wie z. B. FI-Schutzschalter oder Störlichtbogen-Schutzeinrichtungen, mit deren Hilfe der LSS geschaltet werden kann.

Auslösecharakteristik: Abhängig von den angeschlossenen Komponenten und dem Betriebsverhalten der angeschlossenen Verbraucher muss der LSS unterschiedlich schnell reagieren, um einen sicheren Kurzschlusschutz zu

gewährleisten. Man spricht hierbei von Auslösecharakteristiken. Das zu erwartende Auslöseverhalten, insbesondere die zu erwartende Auslösezeit eines jeweiligen LSS, lässt sich anhand seiner I-t-Auslösekennlinie ermitteln. Hierauf wird an dieser Stelle nicht detaillierter eingegangen, sondern auf die unten stehende Literatur verwiesen.

Gemäß der *DIN EN 60898* sind folgende Auslösecharakteristiken international genormt:

Typ B: Löst ohne Verzögerung beim 3- bis 5-fachen des Bemessungsstroms aus. Anwendungsbereich liegt hauptsächlich in der Hausinstallation.

Typ C: Löst beim 5- bis 10-fachen des Bemessungsstroms aus. Typ C ist der Mittelweg und kann in 90 % der Fälle verwendet werden.

Typ D: Löst beim 10- bis 20-fachen des Bemessungsstroms aus. Anwendungsbereich sind Komponenten mit sehr hohen Einschaltströmen, wie z. B. Schweißtransformatoren und Motoren, bzw. für stark induktive und kapazitive Last.

Es gibt noch weitere Auslösecharakteristiken, die aber nicht genormt sind. Sie werden von verschiedenen Herstellern für spezifische Komponenten (z. B. Charakteristik S für Steuertransformatoren) angeboten.

In Abbildung 6 ist das Symbol eines LSS mit einem Rückmeldekontakt ausgestattet, der an einen digitalen Eingang eine Rückmeldung gibt, ob er ausgelöst hat oder nicht (je nachdem ob der Schließer oder Öffner rückgeführt wird).



In diesem Kapitel wird auf die Literatur [2] verwiesen.

2.1.1.2 Motorschutzschalter

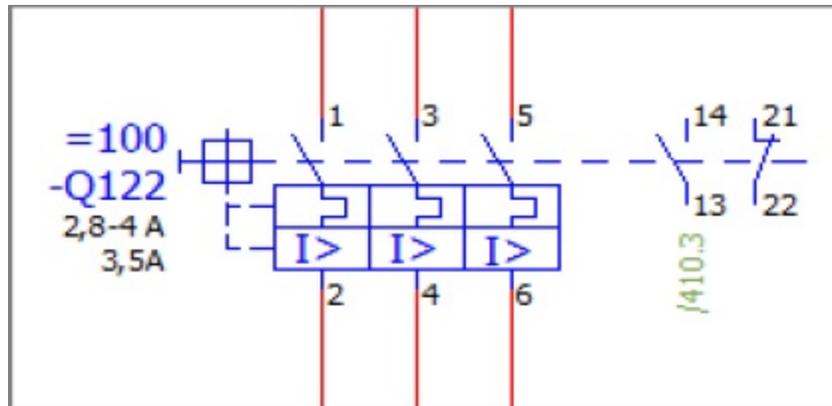


Abbildung 7: Motorschutzschalter

Grundsätzlich gibt es zwei Arten einen Elektromotor vor Überlastung zu schützen. Man kann entweder die Stromaufnahme oder die Temperatur in den Motorwicklungen überwachen. In machen Anwendungen erfolgt auch eine Kombination beider Überwachungsarten (z. B. bei schwierigen Lastverläufen). Der Motorschutzschalter gehört zu der ersten Art.

Der Motorschutzschalter (Abbildung 7) darf nicht mit dem Motorschalter verwechselt werden, da der Motorschalter nur zum direkten Schalten dient und den Motor nicht schützt.

Motorschutzschalter schützen Motoren vor Zerstörung durch Nichtanlauf, Überlastung, Absinken der Netzspannung oder Ausfall eines Außenleiters in Drehstromnetzen. Sie haben, wie der Leitungsschutzschalter auch, eine thermische Auslösung zum Schutz der Motorwicklung und meist eine elektromagnetische Auslösung zum Kurzschlusschutz.

Der thermische Auslöser des Motorschutzschalters wird auf den Bemessungsstrom des Motors eingestellt. Diese Angabe sollte, wie in Abbildung 7 (3,5 A) sichtbar, unbedingt direkt in den Plan aufgenommen werden. Somit kann der Schaltschrankbauer die Motorschutzschalter direkt einstellen.



In diesem Kapitel wird auf die Literatur [3] verwiesen.

2.1.1.3 FI-Schutzschalter (RCD)

Das „F“ steht für Fehler und das „I“ für Strom, was auf die Funktion „Schutz vor Fehlerstrom“ schließen lässt. FI-Schutzschalter werden entsprechend ihrer unterschiedlichen Ausführungen unterteilt:

RCD: Ist der Oberbegriff für sämtliche Arten von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen.

RCCB: Sind die in Deutschland unter dem Namen FI-Schutzschalter bekannten Betriebsmittel.

RCBO: Sind eine Betriebsmittelkombination aus FI-Schutzschalter und Leitungsschutzschalter (FI/LS-Schalter). Durch die Kombination lässt sich Verdrahtungsaufwand sparen.

Nur die beiden Fehlerstrom-Schutzeinrichtung RCCB und RCBO sind nach *DIN VDE 0100* zugelassen. Nicht zugelassen sind PRCD, SRCD und RCM, auf welche hier nicht eingegangen wird.

Der FI-Schutzschalter (Abbildung 8) schaltet Komponenten innerhalb von 0,2-0,4 s allpolig ab¹. Ursachen für das Auslösen bzw. Abschalten sind Isolationsfehler, wodurch gefährliche Berührungsspannungen, Erd- oder Körperschlüsse auftreten können. Der FI-Schutzschalter ist also besonders wirksam gegen elektrischen Schlag und unwirksam gegen Überstrom (was bei Betrachtung der Funktionsweise klar wird).

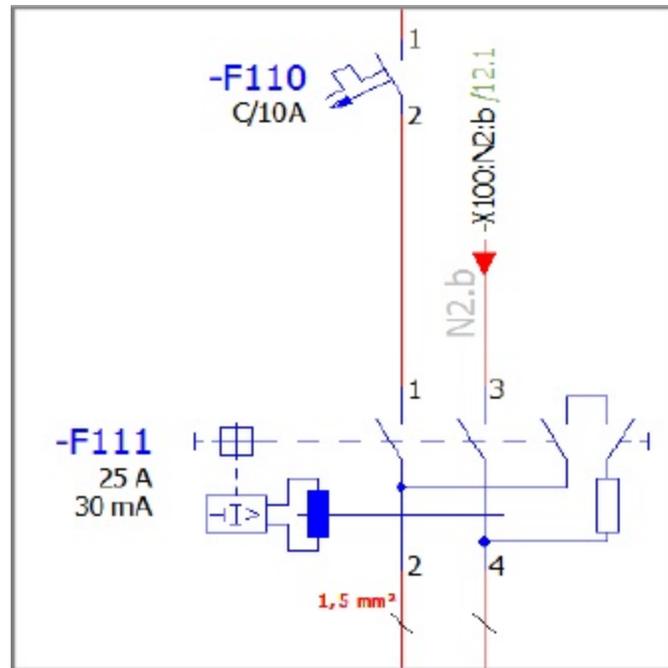


Abbildung 8: FI-Schutzschalter

Der FI-Schutzschalter ist laut *DIN VDE 0100* in folgenden Umgebungen vorgeschrieben und somit ein äußerst wichtiges Betriebsmittel für die Hardwareplanung von Anlagen: Baderäume, Baustellen-Verteiler, landwirtschaftliche- und gartenbauliche Anwesen, Schwimmbäder, medizinisch genutzte Räume, Laborräume, Schulen, Ausbildungsstätten und feuergefährdete Betriebsstätten.

Seit dem 1. Februar 2009 gibt es für Deutschland eine weitere Vorschrift. In Neubauten müssen alle Steckdosen mit einem Bemessungsstrom bis 20 A, welche für die Benutzung durch Laien und zur allgemeinen Verwendung bestimmt sind, mit einem FI-Schutzschalter und einem Bemessungsdifferenzstrom von max. 30 mA ausgestattet sein (im Außenbereich für Endstromkreise bis 32 A).

Die Vorschriften sind teilweise je nach Land unterschiedlich.

Die *DIN VDE 0100* schreibt außerdem vor, dass vor der ersten Inbetriebnahme die Wirksamkeit des FI-Schutzschalter (Prüftaste) von einer Elektrofachkraft überprüft werden muss. Die Abschaltzeit muss mit einem