



tredition



© 2024 Sebastian Kuhls

Covergrafik von: EmBaSy

Druck und Distribution im Auftrag des Autors:
tredition GmbH, Heinz-Beusen-Stieg 5, 22926 Ahrensburg, Germany

Das Werk, einschließlich seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Für die Inhalte ist der Autor verantwortlich. Jede Verwertung ist ohne seine Zustimmung unzulässig. Die Publikation und Verbreitung erfolgen im Auftrag des Autors, zu erreichen unter: Sebastian Kuhls, Rauhwiesenweg 6, 72127 Kusterdingen, Germany.

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.

In diesem Buch wird die männliche Form zur Bezeichnung von Personen oder Berufsgruppen verwendet. Dies dient lediglich der sprachlichen Vereinfachung und impliziert keine geschlechtsspezifische Benachteiligung oder Diskriminierung. Es ist stets als geschlechtsneutral zu verstehen.

Sebastian Kuhls

Elektrokonstruktion

Elektrotechnik und Automation für die Praxis

4., 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 Elektrokonstrukteurs 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. Dieses Kompendium legt besonderen Fokus auf die praxisnahe Vermittlung grundlegenden Wissens der Elektrokonstruktion, und es dient als praktisches Nachschlagewerk. Durch zahlreiche Abbildungen sowie Inhalte, die wertvolle Ideen für die Optimierung und den Ausbau des Engineering-Prozesses bieten, wird Industrie 4.0-relevantes Wissen sachkundig und anschaulich präsentiert. Der Text zeichnet sich durch einen sparsamen Einsatz von Fachwörtern, einen klaren Schreibstil und zahlreiche Beispiele aus, um komplexe Sachverhalte einfach darzustellen. Der Fokus liegt dabei bewusst auf der Anwendbarkeit in der Praxis, um den Lesern konkrete Handlungsfähigkeiten zu vermitteln.

Die vierte Auflage dieses Buches repräsentiert eine weiterführende Optimierung auf Grundlage einer intensiven Masterthesis zur vorherigen Ausgabe. Neue Kapitel wurden eingefügt, Normen und Richtlinien aktualisiert, und einige Grafiken optimiert. Berücksichtigt wurden dabei die Wünsche und das Feedback vieler Leser. Auch das Design und das Cover erhielten eine Optimierung, um eine zeitgemäße Präsentation zu gewährleisten. Diese Ausgabe zielt darauf ab, den aktuellen Anforderungen und Erwartungen der Leserschaft noch besser gerecht zu werden.

Dieses Fachbuch richtet sich an motivierte Berufsanfänger, die einen fundierten Einstieg suchen, ebenso wie an erfahrene Fachkräfte als zuverlässiges Nachschlagewerk. Es stellt zudem eine solide Wissensbasis für verwandte Berufe wie Mechatroniker und Elektriker dar und ist auch für Studierende in technischen Fachrichtungen von großem Nutzen.

Inhaltsverzeichnis

1	Ablauf und Methoden der Elektrokonstruktion	13
1.1	Entwurfsprozess allgemein.....	13
1.1.1	Entwurfsprozess Elektrokonstruktion	14
1.2	Projektplanung	16
2	Technische Grundlagen	21
2.1	Elektrische Betriebsmittel	21
2.1.1	Schutzschalter	21
2.1.1.1	Leitungsschutzschalter (LSS)	21
2.1.1.2	Motorschutzschalter	23
2.1.1.3	FI-Schutzschalter (RCD)	23
2.1.2	Schmelzsicherung.....	26
2.1.2.1	Geräteschmelzsicherung.....	26
2.1.2.2	NH-Sicherung	26
2.1.2.3	Schraubsicherung.....	27
2.1.2.4	Betriebsklassen.....	28
2.1.3	Leistungsschalter	29
2.1.3.1	Hauptschalter	29
2.1.4	Elektromagnetisch betätigtes Schaltgerät	29
2.1.4.1	Relais	30
2.1.4.2	Sicherheitsrelais.....	31
2.1.4.3	Zwangsgeführter Kontakt.....	31
2.1.5	Schütz.....	31
2.1.6	Gebrauchskategorie	32
2.1.7	Optokoppler	33
2.1.8	Stromwandler.....	33
2.1.9	Trennklemme	34
2.1.9.1	Erdleiter-Trennklemme	34
2.1.9.2	Neutralleiter-Trennklemme	36
2.1.10	Netzgerät.....	38
2.1.10.1	Erweiterungen für geregelte Netzgeräte	39
2.1.11	Gerätearten Schaltschränkklimatisierung.....	41
2.2	Technologien	42
2.2.1	Data-Matrix-Code (DMC)	42
2.2.2	Radiofrequenz-Identifikation (RFID).....	43

2.2.3	Wireless-Kommunikation	44
2.2.4	Internet of Things (IoT).....	45
2.2.5	5G-Technologie	46
2.3	Bussysteme	47
3	Physikalische Grundlagen	53
3.1	Induktion.....	53
3.1.1	Generatorprinzip.....	53
3.1.2	Transformatorprinzip.....	53
3.1.3	Lenzsche Regel.....	54
3.1.4	Schutzbeschaltung Schütz und Relais	55
3.2	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).....	56
3.2.1	Kopplung von Störsignalen	56
3.2.2	EMV-Maßnahmen	58
3.2.3	Elektrostatische Entladung (ESD)	59
4	Dimensionierung.....	61
4.1	Schaltschrankklimatisierung.....	61
4.2	Spannungsteiler.....	66
4.3	Open-Collector-Ausgang.....	68
4.4	Auswahl von Leitungen und Kabeln.....	70
4.4.1	Aderfarben	70
4.4.2	Auswahl nach der Belastbarkeit	73
4.4.2.1	Auswahl nach DIN VDE 0100-430	73
4.4.2.2	Auswahl nach DIN VDE 02984	75
4.4.3	Auswahl nach dem Spannungsfall.....	78
4.4.4	Umrechnung AWG	83
4.5	Anschluss Drehstrommotor	84
4.6	Versorgung 48 V Gleichstrommotor	87
4.7	Berechnung Einspeisung	88
5	Antriebstechnik	93

5.1	Gleichstrommaschine	95
5.2	Induktionsmaschine	96
6	Sicherheitstechnik	101
6.1	Richtlinien	101
6.1.1	Maschinenrichtlinie	102
6.1.2	Maschinenverordnung	107
6.1.2.1	Wesentliche Änderungen	107
6.1.3	EMV-Richtlinie	108
6.1.4	Niederspannungsrichtlinie	109
6.2	Normen	110
6.3	Auslegung und Beurteilung	111
6.3.1	Schritt 1 - Performance Level	112
6.3.2	Schritt 2 - Kategorie	116
6.3.3	Schritt 3 - MITFD	119
6.3.4	Schritt 4 - DC _{avg}	121
6.3.5	Schritt 5 - Gesamt Performance Level	122
6.3.6	Validierung	124
6.4	Prüfen elektrischer Maschinen	125
6.4.1	Prüfumfang	126
6.5	Safe Motion	129
7	Schaltplan	133
7.1	Gestaltungshinweise	133
7.1.1	Schaltplanarten	133
7.1.1.1	Übersichtsschaltplan	134
7.1.1.2	Stromlaufplan	134
7.1.1.3	Verbindungsschaltplan	135
7.1.2	Stücklisten	138
7.1.3	Symbole	139
7.1.4	Anordnung der Symbole	142
7.1.5	Strukturierung und Referenzkennzeichnung	143
7.2	Vorplanung	147
7.3	Schalschrank	148
7.3.1	Layout Schalschrank und Montageplatte	148

7.3.2	Einspeisung	153
7.3.3	Verteilung PE	155
7.3.4	Verteilung Spannung	157
7.3.5	Netzgerät	163
7.3.6	Versorgung Feld	164
7.3.7	Sicherheitssteuerung	165
7.3.8	Not-Halt Schnittstelle	168
7.3.9	Industrielle Switche und Netzwerke	171
7.3.10	19-Zoll-Aufbausystem	173
7.4	Schaltschrank nach UL-Standard	175
7.4.1	Vorschriften und Abnahme	176
7.4.2	Besonderheiten UL-Markt	178
7.5	Feld	182
7.5.1	Bedienelemente	182
7.5.2	Potentialausgleich	184
7.5.3	Verbraucher	185
7.5.4	Sicherheitsgeräte	185
7.5.5	Sensoren und Aktoren	186
7.6	Klemmkasten	188
7.7	Fehler vermeiden-FMEA	191
7.7.1	Fehlerkultur	193
8	Energieeffizienz	195
8.1	Energiesparmotoren	195
8.2	Beiträge zur Energieeffizienzsteigerung	197
8.2.1	Elektrik	197
8.2.2	Elektropneumatik	199
9	Elektropneumatik	201
9.1	Physikalische Grundlagen und Dimensionierung	202
9.2	Pneumatische Betriebsmittel	205
9.2.1	Wartungseinheit	206
9.2.2	Wegeventil	208
9.2.3	Ventilinsel	210
9.2.4	Sonstige wichtige pneumatische Betriebsmittel	211

9.3	Vakuum	212
10	EPLAN Electric P8.....	215
10.1	Allgemein.....	216
10.2	Oberfläche	217
10.3	Navigatoren	217
10.4	Grundlagen und Tipps	220
	Literaturverzeichnis	225
	Stichwortverzeichnis	231
	Über den Autor	237

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

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 Aufgabenstellung 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.

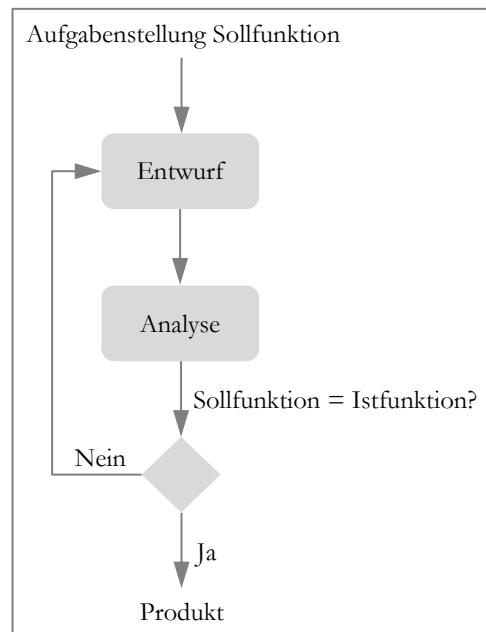


Abbildung 1: Entwurfsprozess allgemein

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

ⁱⁱ Man spricht auch von der Synthese.

1.1.1 Entwurfsprozess Elektrokonstruktion

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

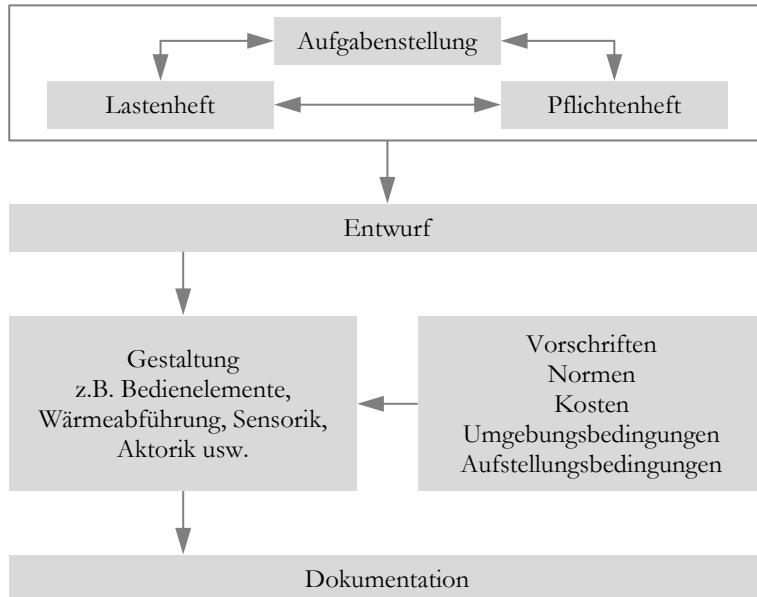


Abbildung 2: Entwurfsprozess Elektrokonstruktion

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

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

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 Elektrokonstrukteurs und sind Grundlage für die anschließende Fertigung oder Programmierung. Der Stromlaufplan ist ein zentraler Teil der Dokumentation. Weitere Bestandteile der Dokumentation sind Stücklisten, Klemmenpläne, Zuordnungslistenⁱ 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 Elektrokonstrukteurs 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.

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



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 verspätete 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.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI
1																																			
2																																			
3																																			
4																																			
5																																			
6																																			
7																																			
8																																			
9																																			
10																																			
	Projektdaten				Projektplanung				Konstruktion								Beschaffung				Sonstiges				Projektabchluss				Termin						
	Projektnummer	Kunde	Anlagerbezeichnung	Fertigungsauftrag	Elektronikstruktur	ERON Stunden	Projektticker	ERON Start	ERON Ende	Schaltplan 50%	Schaltplan 100%	Risikobeurteilung 90%	Risikobeurteilung 100%	Beschaffung Bogenlegt	Sicherheitsmatrix erstellt	EA-Jets erstellt	ZUJ abgelegt	Langläufer bereit	Schaltplan beauftragt	Stücklisten bereit	Typenschild bereit	Lichtgeräteabnahme	Zertifizierung Extern	Einzeladerkennzeichnung	Sprache (wenn nicht DE)	Revision 90%	Revision 100%	Schaltplan übersetzt	Schaltplan PDF abgelegt	EVW-Liste erstellt	Liefertermin	Projekt abgeschlossen			
217	XXX	XXX	Prüfstand	1094849	RS	184	RK	KW20	KW22	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	22.12.23				
218	XXX	XXX	Umbau	1094896	RS	154	RK	KW25	KW28	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	29.04.24				
227	XXX	XXX	Versuchsaufbau	1089267	KR	302	TR	KW26	KW32	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	05.03.24				
234	XXX	XXX	Montageline	1092319	KR	72	TR	KW33	KW34	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	19.03.24				
236	XXX	XXX	HA-Platz	1091152	RS	102	PB	KW33	KW35	✓																						08.03.24			
272																																			
273																																			

Abbildung 3: Werkzeug für Projektüberwachung

Spalten A-D: Hier werden allgemeine Projektdaten eingetragen:

- Projektnummer
- Name des Kunden
- Name der Anlage bzw. des Projektes
- Nummer des Fertigungsauftrags

Spalten E-I: Hier werden allgemeine Planungsdaten eingetragen:

- Name des verantwortlichen Elektrokonstrukteurs
- Zur Verfügung stehenden Stunden
- Name des verantwortlichen Projektleiters
- Termin wann die Elektrokonstruktion starten muss
- Termin wann die Elektrokonstruktion finalisiert sein muss

Spalten J-S: Hier wird der Konstruktionsfortschritt (Status) überwacht:

- Status Fertigstellungsgrad Schaltplan
- Status der Risikobeurteilung
- Beschriftungsdatei für die Referenzkennzeichnung exportiert und abgelegt
- Stromlaufplan und ggf. Pneumatikplan für die Produktion ausgedruckt, sofern diese nicht die Pläne über mobile Endgeräte abruft
- Aktor-/ Sensorlisteⁱ erstellt
- Sicherheitsmatrixⁱⁱ erstellt
- Zuordnungsliste (ZULI) für die Erstellung der Software abgelegt

Spalten T-W: Hier wird der Status der Beschaffung gepflegt:

- Sind Langläufer frühzeitig zur Beschaffung aufgegeben
- Ist der Schaltschrank zur Beschaffung aufgegeben
- Sind Stücklisten zur Beschaffung aufgegeben
- Ist das Typenschild zur Beschaffung aufgegeben

ⁱ Die Aktor-/ Sensorliste oder E/A-Liste ist eine Auflistung aller Sensoren und Aktoren mit Informationen wie Typ, Funktionstext, SPS-Adresse usw. In der Regel wird die Liste in Zusammenarbeit mit der Konstruktion und Software erstellt.

ⁱⁱ Die Sicherheitsmatrix, nicht zu verwechseln mit der Risikobeurteilung, definiert welche Sicherheitsfunktionen erforderlich sind und welche Gefahrenbereiche bei verschiedenen Aktionen abgeschaltet werden müssen, z.B. bei Not-Halt, öffnen einer Schutztür, usw.

Spalten X-AA: Hier werden sonstige wichtige Punkte abgefragt:

- Ist eine Abnahme für einer Lichtgitter erforderlich
- Ist eine externe Zertifizierung erforderlich, z.B. eine EG-Baumusterprüfung
- Ist eine Einzeladerkennzeichnung erforderlich, sofern diese nicht standardmäßig angewandt wird
- Fremdsprache, sofern die Dokumentation nicht in Landessprache erstellt wird

Spalten AB-AG: Hier befindet sich das Projekt in der Abschlussphase:

- Status der Planrevision, sofern Änderungen nachgepflegt werden müssen
- Ist der Schaltplan übersetzt, sofern die Dokumentation nicht in Landessprache erstellt wird
- Ist der Schaltplan als PDF-Datei exportiert und archiviert
- Ist der Schaltplan in Papierform zur Aushändigung an den Kunden ausgedruckt
- Ersatz- / und Verschleißteilliste (EVW-Liste) erstellt

Spalten AH-AI: In dieser Spalte wird der voraussichtliche Liefertermin für das Gesamtprojekt festgehalten, und sobald das Projekt vollständig abgeschlossen ist, wird ein Häkchen gesetzt. Der vollständige Projektabschluss wird üblicherweise dann als erreicht betrachtet, wenn die Anlage erfolgreich ausgeliefert wurde und in die Gewährleistungsphase übergegangen ist. Durch das Setzen des Häckchens in der Checkbox in Spalte AI wird die gesamte Zeile mit sämtlichen Projektinformationen automatisch aus der Excel-Liste herausgefiltert. Dieser Schritt ermöglicht eine effiziente und übersichtliche Verwaltung, da die abgeschlossenen Projekte separat und leicht identifizierbar sind.

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

Button „Neue Zeile“: Nach Aktivierung dieser Funktion wird automatisch eine neue Zeile direkt unterhalb der markierten Zeile generiert. Dabei erfolgt die automatische Übernahme des Kundenamens aus der zuvor markierten Zeile und wird in der entsprechenden neuen Spalte eingefügt.

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
1					
2		Erstelltdatum	Letzte Änderung	Ersteller	
1.0 Elektrokonstruktion					
4	1.1 Schaltplan-Layout	28.08.2012	16.06.2014	SK	
5	1.2 Betriebsmittelkennzeichnung DIN EN 81346	01.02.2013	04.02.2013	SK	
6	1.2.1 Aufbau BMK	01.02.2013	16.04.2015	SK	
7	1.2.2 Bezeichnung „Gruppe“ und „Zählnummer“ Elektrik	01.02.2013	16.04.2015	SK	
8	1.2.3 Bezeichnung „Gruppe“ und „Zählnummer“ Mechanik	01.02.2013	16.04.2015	SK	
9	1.2.4. Rundtisch	01.02.2013	16.04.2015	SK	
10	1.2.5 Zuführtopt	01.02.2013	16.04.2015	SK	
11	1.2.6 Not-Halt/Steuerung Ein	11.01.2016	11.01.2016	SK	
12	1.3 Standard-Schalschranken	01.05.2013	01.05.2013	SK	
13	1.4 Kabelliste	12.09.2013	12.09.2013	SK	
14	1.4.1 ungeschirmt	12.09.2013	12.09.2013	SK	
15	1.4.2 geschirmt	12.09.2013	12.09.2013	SK	
16	1.4.3 Buskabel	12.09.2013	12.09.2013	SK	
17	1.4.4 Kabelkennzeichnung DIN 47100	12.09.2013	12.09.2013	SK	
18	1.5 EPLAN View	10.03.2013	10.03.2013	SK	
19	1.6 Export BMK	16.06.2014	16.06.2014	SK	
20	1.7 Revisionsverwaltung	28.10.2014	28.10.2014	SK	
21	1.8 Not-Halt/ Steuerung Ein	31.08.2015	31.08.2015	SK	
22	2.0 ERP				
23	2.1 Nummer reservieren	07.04.2015	07.04.2015	SK	
24	2.2 Liferanten-Kürzel	28.10.2014	28.10.2014	SK	
25	2.3 Schnittstelle CAM+	07.04.2015	07.04.2015	SK	
26	2.4 Beistellung Schalschrankbauer	17.08.2015	17.08.2015	SK	
27	3.0 Projekte				
28	3.1 Inhalt Projektordner EKO	20.11.2012	16.01.2013	SK	
29	3.2 Projektnavigatorliste	09.02.2013	01.04.2015	SK	
30	3.3 Checkliste EKO	22.12.2017	22.12.2017	SK	
31	3.4 Checkliste Kunde	22.12.2017	22.12.2017	SK	
32	3.5 Checkliste Schalschrankbauer	22.12.2017	22.12.2017	SK	
33	3.6 Leistungsberechnung	29.11.2015	02.01.2018	SK	
34	4.0 Allgemein				
35	4.1 Katalog-Übersicht	23.09.2013	25.09.2013	SK	
36	4.2 Übersicht Tabellen	07.04.2015	07.04.2015	SK	

Abbildung 4: Navigatorbereich

The diagram illustrates the navigation between two tables. The first table, titled '4.0 Allgemein', contains links to '4.1 Katalog-Übersicht' and '4.2 Übersicht Tabellen'. The second table, titled '4.2 Übersicht Tabellen Elektrik', contains a 'zurück' link and the title '4.2 Übersicht Tabellen Elektrik'. A callout arrow points from the '4.2 Übersicht Tabellen Elektrik' cell in the first table to the second table.

4.0 Allgemein			
4.1 Katalog-Übersicht 4.2 Übersicht Tabellen			
1	A	B	C
2	zurück	4.2 Übersicht Tabellen Elektrik	
3			

A B C D				E F G H I J K L M N O P																	
1																					
2	zurück	4.2 Übersicht Tabellen Elektrik																			
4	Kabelkennzeichnung nach DIN 47100				Farb-Kurzzeichen				DEZ				DUAL		HEX						
5	Ader Nr.	Farbe	Ader Nr.	Farbe	Farbe	Farbnr.	Muster	DIN 47002	IEC 60757	0	0000	0	1	0001	1	2	0010	2	3	0011	3
6	1	weiß	31	grün-blau	Schwarz	RAL 9005		sw	BK	4	0100	4	5	0101	5	6	0110	6	7	0111	7
7	2	braun	32	gelb-blau	Braun	RAL 8003		br	BN	8	1000	8	9	1001	9	10	1010	A	11	1011	B
8	3	grün	33	grün-rot	Rot	RAL 3000		rt	RD	12	1100	C	13	1101	D	14	1110	E	15	1111	F
9	4	gelb	34	gelb-rot	Orange	RAL 2003		or	OG	16			17			18			19		
10	5	grau	35	grün-schwarz	Gelb	RAL 1021		ge	YE	20			21			22			23		
11	6	rosa	36	gelb-schwarz	Grün	RAL 6018		gn	GN	24			25			26			27		
12	7	blau	37	grau-blau	Blau	RAL 5015		bl	BU	28			29			30			31		
13	8	rot	38	rosa-blau	Violet	RAL 4005		vi	VT	32			33			34			35		
14	9	schwarz	39	grau-rot	Grau	RAL 7000		gr	GY	36			37			38			39		
15	10	violett	40	rosa-rot	Weiß	RAL 1013		ws	WH	40			41			42			43		
16	11	grau-rosa	41	grau-schwarz	Rosa	RAL 3015		rs	PK	44			45			46			47		
17	12	rot-blau	42	rosa-schwarz	Türkis	RAL 6027		tk	TQ	48			49			50			51		
18	13	weiß-grün	43	blau-schwarz	Grün/gelb			gnge	GNGY	52			53			54			55		
19	14	braun-grün	44	rot-schwarz	Gold			GD		56			57			58			59		
20	15	weiß-gelb	45	weiß-braun-schwarz	Silber			SR		60			61			62			63		
21	16	gelb-braun	46	gelb-grün-schwarz						64			65			66			67		
22	17	weiß-grau	47	grau-rosa-schwarz						68			69			70			71		
23	18	grau-braun	48	rot-blau-schwarz						72			73			74			75		
24	19	weiß-rosa	49	weiß-grün-schwarz						76			77			78			79		
25	20	rosa-braun	50	braun-grün-schwarz						80			81			82			83		
26	21	weiß-blau	51	weiß-gelb-schwarz						84			85			86			87		
27	22	braun-blau	52	gelb-braun-schwarz						88			89			90			91		
28	23	weiß-rot	53	weiß-grau-schwarz						92			93			94			95		
29	24	braun-rot	54	grau-braun-schwarz						96			97			98			99		
30	25	weiß-schwarz	55	weiß-rosa-schwarz						100			101			102			103		
31	26	braun-schwarz	56	rosa-braun-schwarz						104			105			106			107		
32	27	grau-grün	57	weiß-blau-schwarz						108			109			110			111		
33	28	gelb-grau	58	braun-blau-schwarz						112			113			114			115		
34	29	rosa-grün	59	weiß-rot-schwarz						116			117			118			119		
35	30	gelb-rosa	60	braun-rot-schwarz						120			121			122			123		

Abbildung 5: Standardisierte Übersicht von Tabellen

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

Projektabchluss: 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.