



© 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, Rauhewiesenweg 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 Elektrokonstruktors 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	Geräteschutzsicherung.....	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 Schaltschrankklimatisierung.....	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 <i>DIN VDE 0100-430</i>	73
4.4.2.2	Auswahl nach <i>DIN VDE 0298-4</i>	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 - MTTF _D	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	Schaltschrank	148
7.3.1	Layout Schaltschrank 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.

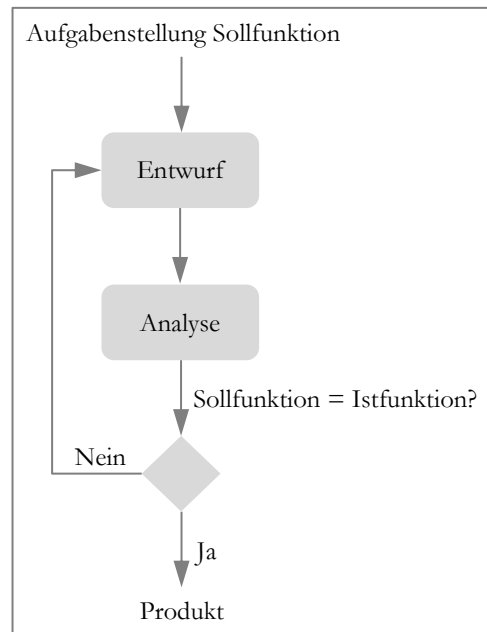


Abbildung 1: Entwurfsprozess allgemein



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

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.

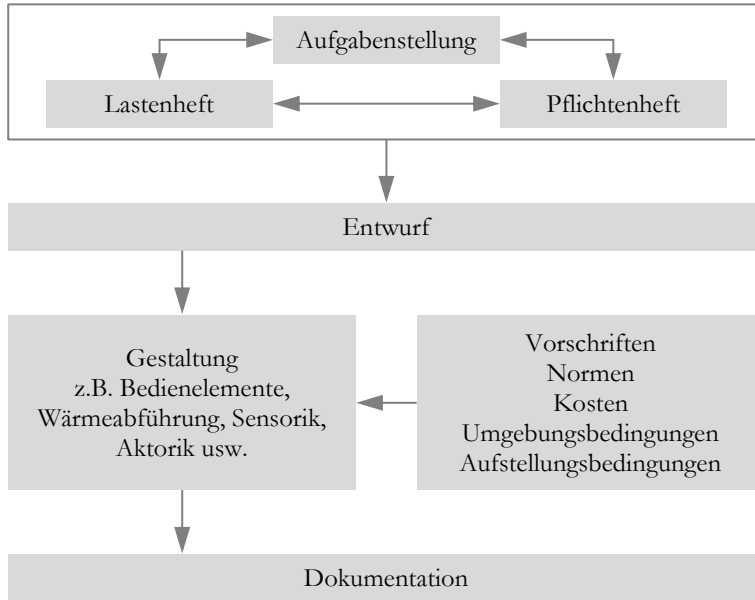


Abbildung 2: Entwurfsprozess Elektrokonstruktion

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 Pflichtenheft¹, 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

¹ 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 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, 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 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.

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	Projektdaten				Projektplanung					Konstruktion							Beschaffung			Sonstiges		Projektabschluss				Termin										
8	Projektnummer	Kunde	Anlagenbezeichnung	Fertigungsauftrag	Elektrostruktur	EKON Stunden	Projektleiter	EKON Start	EKON Ende	Schalplan 50%	Schalplan 80%	Schalplan 100%	Risikoerteilung 90%	Risikoerteilung 100%	Beschriftung abgelegt	Schalplan gedruckt	E/A-Liste erstellt	Sicherheitsmatrix erstellt	ZULJ abgelegt	Langläufer bestellt	Schaltschrank beauftragt	Stücklisten bestellt	Typenschild bestellt	Lichtgitterabnahme	Zertifizierung Extern	Einzelanfertigung	Sprache (wenn nicht DE)	Revision 80%	Revision 100%	Schalplan übersetzt	Schalplan PDF abgelegt	Schalplan gedruckt	EVA-Liste erstellt	Liefertermin	Projekt abgeschlossen	
9																																				
10																																				
217	XXX	XXX	Profistand	1094849	RS	184	RK	KW20	KW22																											
218	XXX	XXX	Umbau	1084896	RS	154	RK	KW25	KW28																											
227	XXX	XXX	Versuchsaufbau	1089267	KR	302	TR	KW26	KW32																											
234	XXX	XXX	Montagelinie	1092319	KR	72	TR	KW33	KW34																											
236	XXX	XXX	HA-Platz	1091152	RS	102	PB	KW33	KW35																											
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 Elektrokonstruktors
- 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 abrufen
- 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 Häkchens in der Check-box 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			Erstelldatum	Letzte Änderung	Ersteller	
3		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 Zuführtopf	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-Schaltschränke	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 Revisiosverwaltung	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 Lieferanten-Kürzel	28.10.2014	28.10.2014	SK	
25		2.3 Schnittstelle CAM+	07.04.2015	07.04.2015	SK	
26		2.4 Beistellung Schaltschrankbauer	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 Projektnavigatorsliste	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 Schaltschrankbauer	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

4.0 Allgemein

4.1 Katalog-Übersicht

4.2 Übersicht Tabellen

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2	zurück	4.2 Übersicht Tabellen Elektrik														
3																

Kabelkennzeichnung nach DIN 47100				
Ader Nr.	Farbe	Ader Nr.	Farbe	
1	weiß	31	grün-blau	
2	braun	32	gelb-blau	
3	grün	33	grün-rot	
4	gelb	34	gelb-rot	
5	grau	35	grün-schwarz	
6	rosa	36	gelb-schwarz	
7	blau	37	grau-blau	
8	rot	38	rosa-blau	
9	schwarz	39	grau-rot	
10	violett	40	rosa-rot	
11	grau-rosa	41	grau-schwarz	
12	rot-blau	42	rosa-schwarz	
13	weiß-grün	43	blau-schwarz	
14	braun-grün	44	rot-schwarz	
15	weiß-gelb	45	weiß-braun-schwarz	
16	gelb-braun	46	gelb-grün-schwarz	
17	weiß-grau	47	grau-rosa-schwarz	
18	grau-braun	48	rot-blau-schwarz	
19	weiß-rosa	49	weiß-grün-schwarz	
20	rosa-braun	50	braun-grün-schwarz	
21	weiß-blau	51	weiß-gelb-schwarz	
22	braun-blau	52	gelb-braun-schwarz	
23	weiß-rot	53	weiß-grau-schwarz	
24	braun-rot	54	grau-braun-schwarz	
25	weiß-schwarz	55	weiß-rosa-schwarz	
26	braun-schwarz	56	rosa-braun-schwarz	
27	grau-grün	57	weiß-blau-schwarz	
28	gelb-grau	58	braun-blau-schwarz	
29	rosa-grün	59	weiß-rot-schwarz	
30	gelb-rosa	60	braun-rot-schwarz	

Farb-Kurzzeichen				
Farbe	Farbnr.	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	GU	
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	

DEZ	DUAL	HEX
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F