DHBW
Duale Hochschule
Baden-Württemberg
Ravensburg
Campus Friedrichshafen

Produktionsnetzwerk: Optimierung/Erweiterung eines Transfersystems

Studienarbeit T3_3100

Studiengang Elektrotechnik

Studienrichtung Fahrzeugelektronik

Duale Hochschule Baden-Württemberg Ravensburg, Campus Friedrichshafen

von

Jannik Gorbach, Sebastian Hager

Abgabedatum:	15.01.2024
Bearbeitungszeitraum:	KW40/23 - KW02/24
Matrikelnummern:	6747648, 2154093
Kurs:	TFE21-1
Betreuer der Dualen Hochschule:	Prof. Dr. Thomas Dietmüller

Erklärung

gemäß Ziffer 1.1.13 der Anlage 1 zu §§ 3, 4 und 5 der Studien- und Prüfungsordnung für die Bachelorstudiengänge im Studienbereich Technik der Dualen Hochschule Baden-Württemberg vom 29.09.2017 in der Fassung vom 25.07.2018.

Ich versichere hiermit, dass ich meine Bachelorarbeit (bzw. Projektarbeit oder Studienarbeit bzw. Hausarbeit) mit dem Thema:

Produktionsnetzwerk: Optimierung/Erweiterung eines Transfersystems

selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Ich versichere zudem, dass die eingereichte elektronische Fassung mit der gedruckten Fassung übereinstimmt.

Friedrichshafen, den 15.01.2024



Jannik Gorbach, Sebastian Hager

Kurzfassung

Den ersten Teil des Studienarbeitprojektes verbringen die beiden Studiereden im Produktionszentrum am Campus Friedrichshafen der dualen Hochschule Baden-Württemberg. Da es sich bei der Studienarbeit um ein großes Projekt mit vielen, über die Jahre wechselnden Teamkonstellationen handelt, beginnt das Projekt zunächst damit sich einen Überblick zu verschaffen. Im Zentrum der Studienarbeit steht für die Studierenden das Transfersystem und vor allem der damit verbundene Schaltschrank. Aufgrund einer fehlenden Dokumentation des Schaltschrankaufbaus, beginnt die Arbeit zunächst damit, alle elektrischen Verbindungen der Anlage händisch nachzumessen und zu dokumentieren. Diese Dokumentation wird in Form eines Schaltplans in der Software Eplan digital festgehalten.

Nachdem die Studierenden einen Überblick über den Schaltschrank haben, folgt als nächstes der Aspekt Sicherheit, bzw. elektrische Sicherheit an der Anlage. In Form einer Risikoanalyse des Schaltschrankes und der Linie können sie diverse Mängel aufdecken und Gegenmaßnahmen festlegen. Kleinere Mängel, wie beispielsweise eine fehlende Beschriftung der Betriebsmittel können direkt verbessert werden, wohingegen größere Mängel, wie ein fehlendes Pnoz NOT-Aus System für die nächste Projektphase ausgearbeitet und geplant werden.

Während der Bearbeitung ihrer eigenen Aufgaben stoßen die Studierenden häufig auf Schnittstellen mit anderen Projektgruppen, die Arbeiten am Schaltschrank tätigen müssen. Hierbei wird schnell bewusst, dass die Platzreserve im aktuellen Schaltschrank nicht ausreichend für die geplanten Verbesserungen ist. Es wird ein neuer und größerer Schaltschrank benötigt. In einer wissenschaftlichen Analyse der Anforderungen und Parameter können die Studierenden einen neuen Schaltschrank dimensionieren und ein passendes

Modell bestellen. Die Verdrahtung des neuen Schaltschrankes nach der eigens erstellten Dokumentation wird auf die nächste Projektphase geplant.

Gegen Ende der ersten Projektphase haben die Studierenden somit eine umfassende Dokumentation des Schaltschrankes erstellt, sämtliche Mängel in und um den Schaltschrank aufgedeckt und entweder schon beseitigt oder eine Gegenmaßnahme für die Zukunft geplant und einen neuen Schaltschrank beschafft und dessen Aufbau vorausgeplant. In der nächsten Projektphase sollen also zunächst der Schaltschrank aufgebaut und verdrahtet werden und im Nachgang die restlichen Sicherheitsmängel beseitigt werden, um die Anlage bereit für eine Abnahme zu machen.

Abstract

The initial phase of the study project involves the two students spending time at the production center on the Friedrichshafen campus of the Baden-Württemberg Cooperative State University. Given that the study project is a substantial undertaking with varying team configurations over the years, the project commences by gaining an overview. At the core of the study project are the transfer system and, in particular, the associated control cabinet. Due to the lack of documentation for the control cabinet assembly, the work begins by manually measuring and documenting all electrical connections of the system. This documentation is digitally recorded in the form of a circuit diagram using the Eplan software.

Once the students have an understanding of the control cabinet, the next focus is on safety, specifically electrical safety at the installation. Conducting a risk analysis of the control cabinet and the line enables them to identify various deficiencies and establish countermeasures. Minor deficiencies, such as the absence of labeling on operating equipment, can be promptly addressed, while major deficiencies, like the absence of a Pnoz emergency stop system, are worked out and planned for the next project phase.

While working on their individual tasks, the students frequently encounter interfaces with other project groups involved in activities related to the control cabinet. It becomes apparent that the available space in the current control cabinet is insufficient for the planned improvements. A new and larger control cabinet is required. Through a scientific analysis of requirements and parameters, the students dimension a new control cabinet and order a suitable model. The wiring of the new control cabinet, based on the documentation they created, is planned for the next project phase.

Towards the end of the initial project phase, the students have compiled a comprehensive documentation of the control cabinet, identified and either rectified or planned countermeasures for all deficiencies in and around the control cabinet, and procured a new control cabinet while preplanning its assembly. The next project phase will involve the assembly and wiring of the control cabinet, followed by the resolution of any remaining safety issues to prepare the installation for inspection.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung **1**

2. Zielsetzung der Studienarbeit **2**

3. Theoretische Grundlagen **4**

3.1. Normen (Elektrosicherheit und Schaltschränke) 4

3.1.1. IEC 60204-1 4

3.1.2. EN 61439 5

3.1.3. IEC 60947 5

3.1.4. DIN VDE 0100 5

3.1.5. Wichtige Punkte zur Abnahme eines Schaltschranks 6

3.2. Berührungsschutz und Schutzklassen 7

4. Aktueller Stand **9**

4.1. Bestandsaufnahme und Risikoanalyse Schaltschrank 9

4.2. Bestandsaufnahme und Risikoanalyse Linie 16

5. Umsetzung der Maßnahmen **19**

5.1. Erstellung Dokumentation 19

5.1.1. Allgemeines zu EPLAN 19

5.1.2. Erstellung der Stromlaufpläne und Klemmenpläne 20

5.2. Planung des neuen Schaltschranks 21

6. Ausblick und Fazit **25**

Literatur **27**

Abkürzungsverzeichnis **28**

Abbildungsverzeichnis **29**

Tabellenverzeichnis **31**

A. Anhang A **32**

A.1. Stückliste 32

A.2. Stromlaufpläne 34

A.3. Klemmenpläne 39

A.4. Prüf- und Abnahmeprotokokll 45

1. Einleitung

Die vorliegende Studienarbeit ist eingebettet in das Studiengangsübergreifende Projekt "Produktionsnetzwerk", welches insgesamt zwölf Projektarbeiten umfasst. Diese werden von Studierenden der Elektrotechnik, Wirtschaftsingenieurwissenschaften und Maschinenbau bearbeitet, was eine vielfältige und interdisziplinäre Herangehensweise an die Herausforderungen des Produktionsnetzwerks ermöglicht.

Das übergeordnete Ziel des Projekts ist die Implementierung nach Industriestandards unter Einhaltung international anerkannter Normen und Leitlinien. Dabei geht es darum, durch das Produktionsnetzwerk effizient Bauteile zu transportieren, aufzunehmen, zu registrieren, im Prozessverlauf zu verfolgen, zu montieren und wieder abzutransportieren. Der komplexe Aufbau des Systems ist von den Studierenden des Vorjahres implementiert worden und gilt nun nachvollzogen zu werden.

Die spezifische Aufgabe in diesem Rahmen konzentriert sich auf die Optimierung und Erweiterung des Transfersystems. Dabei liegt der Fokus auf der Erstellung eines detaillierten Schaltplans für einen vorhandenen Schaltschrank sowie der Dimensionierung und Beschaffung eines neuen, erweiterten Schaltschranks. Die Sicherheitsaspekte der Anlage und des Schaltschranks werden ebenfalls überprüft und verbessert. Eine reibungslose Zusammenarbeit der zwölf Projektgruppen an ihren Schnittstellen ist essenziell, um die Gesamtoptimierung des Produktionsnetzwerks erfolgreich voranzutreiben.

2. Zielsetzung der Studienarbeit

Der Industriestandard von heute erfordert eine ständige Verbesserung der Effizienz und Sicherheit in Produktionsprozessen. Ein normgerechter Aufbau von Schaltschränken ist dabei unerlässlich. Er erfüllt nicht nur aktuelle gesetzliche Anforderungen, sondern ermöglicht auch eine flexiblere Handhabung des Schaltschranks, wodurch Wartungs- und Inspektionsarbeiten effizienter durchgeführt werden können. Die Studienarbeit beschäftigt sich mit der Identifikation von Problemstellen im bestehenden Transfersystem, insbesondere in Bezug auf die elektrische Sicherheit. Um den gestiegenen Anforderungen an Sicherheitsstandards gerecht zu werden, ist eine gezielte Optimierung von Schaltschränken notwendig. Diese Optimierung betrifft nicht nur den Schaltschrank selbst, sondern erfordert auch Änderungen an der Anlage. Ziel ist eine ganzheitliche und normenkonforme elektrische Sicherheit. Der normgerechte Umbau eines Schaltschrankes sichert nicht nur die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften, sondern hat auch direkte Auswirkungen auf die Effizienz und Flexibilität des gesamten Transfersystems. Der Umbau des Schaltschranks erleichtert Wartungs- und Inspektionsarbeiten. Außerdem schafft die Neuanschaffung eines größeren Schaltschranks genügend Platz, um das System jederzeit um weitere Komponenten zu erweitern. Dies erhöht die Verfügbarkeit der Anlage. Das Ziel dieser Studienarbeit ist es, eine sichere und effiziente Produktionsumgebung zu schaffen. Die präzise Umsetzung normativer Vorgaben und die gleichzeitigen Optimierung des Transfersystems, um einen nachhaltigen Beitrag zur Elektrosicherheit in industriellen Produktionsprozessen zu leisten ist damit die allgemeine Zielsetzung dieser Arbeit.

Zur besseren zeitlichen Einteilung des Projekts wurde ein Gantt-Diagramm erstellt, das alle Meileinsteine umfasst und so den Zeitplan definiert:

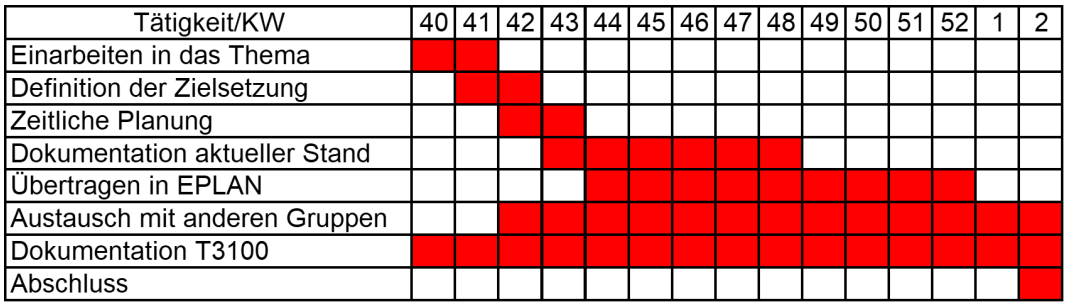


Abbildung 2.1.: Gantt-Diagramm [1]

Nachdem sich zu Beginn in das Thema eingearbeitet wird und die Zielsetzung genau definiert wird, wird bereits ein zeitlicher Ablaufplan erstellt, um das Projekt im vorgegebenen Zeitraum umsetzen zu können. Als erste Aufgabe wird die Erfassung der Stromlauf- und Klemmenpläne angedacht. Diese werden anschließend von einer Skizze in die Software EPLAN übertragen. Währenddessen erfolgt ein ständiger Austausch mit den anderen Arbeitsgruppen, da viele Schnittstellen existieren und so eine hohe Transparenz nötig ist. Alle Tätigkeiten werden bereits während der Theoriephase dokumentiert und gegen Ende des Projekts final dargestellt.

3. Theoretische Grundlagen

3.1. Normen (Elektrosicherheit und Schaltschränke)

3.1.1. IEC 60204-1

Die Norm IEC (International Electrotechnical Commission) 60204-1: Elektrische Ausrüstung von Maschinen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen definiert grundlegende Anforderungen an die elektrische Ausrüstung von Maschinen, einschließlich Schaltschränken. Sie legt fest, wie Schaltschränke konstruiert, installiert und betrieben werden sollen, um die Sicherheit von Personen und Anlagen zu gewährleisten. Außerdem sind Vorschriften für die Erstellung von elektrischen Schaltplänen und die Betriebsmittelkennzeichnung enthalten. Diese dient der klaren Identifikation aller Bauteile und erleichtert Wartungs- und Reparaturarbeiten. Als Schutzmaßnahmen gegen den elektrischen Schlag wird die Verwendung von Schutzleitern und Isolierung erwähnt, um Personen vor elektrischen Gefahren zu schützen. Zudem sind Anforderungen für Schaltschränke und elektrische Betriebsmittel enthalten, die in Verbindung mit Maschinen verwendet werden. Darin sind Konstruktionsanforderungen und Richtlinien für die Installation solcher Einrichtungen enthalten. Die IEC 60204-1 legt zusätzlich fest, welche Not-Aus-Schaltungen und Schutzvorrichtungen erforderlich sind, um im Notfall den Stromkreis zu unterbrechen und die Anlage abzuschalten. Die Erstellung einer Dokumentation mit den wichtigen Informationen über die elektrische Ausrüstung ist ebenfalls enthalten. Dazu gehören Betriebs- und Installationsanleitungen und weitere relevante Unterlagen. Zur Sicherstellung dieser Anforderungen müssen in regelmäßigen Zeitabständen Prüfungen durchgeführt werden, um die ordnungsgemäße Funktionalität der Anlage zu gewährleisten [2].

3.1.2. EN 61439

Die EN (Europäische Norm) 61439 ist für Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen bis 1000V AC oder 1500V DC anwendbar. Sie legt Anforderungen an die Konstruktion und den Bau von Schaltanlagen fest, was unter anderem die mechanische Festigkeit, Schutzart, elektrische und thermische Eigenschaften umfasst. Aus elektrischer Sicht werden hier Strombelastbarkeit und Kurzschlussfestigkeit definiert. Auch hier sind geeignete Prüfungen in regelmäßigen Abständen zu absolvieren, um eine einwandfreie Funktion gewährleisten zu können [3]. Die Anforderungen der oben genannten Eigenschaften eines Schaltschranks wurden bei der Auswahl neuen Produkts berücksichtigt, um hier die Norm zu erfüllen.

3.1.3. IEC 60947

Die IEC 6094 legt die Anforderungen für verschiedene Arten von Niederspannungs-Schaltgeräten wie Schütze, Leistungsschalter oder ähnliche fest. Hier sind erneut Konstruktionsanforderungen und Leistungsmerkmale definiert. Es sind Anforderungen an die korrekte Kennzeichnung der Betriebsmittel festgelegt, um diese eindeutig identifizieren zu können. Außerdem sind verschiedene Umgebungseinflüsse berücksichtigt, unter denen die Schaltgeräte betrieben werden können [4]. Die im Schaltschrank verbauten Schaltgeräte wurden alle nach der IEC 60947 Norm geprüft.

3.1.4. DIN VDE 0100

Die DIN VDE (Deutsches Institut für Normung - Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik) 0100 legt die allgemeinen Anforderungen an elektrische Installationsanlagen im Deutschen Bereich fest. Sie enthält ebenso alle wichtigen Punkte wie den Schutz gegen den elektrischen Schlag, die Errichtung von Anlagen, Erdung und Potentialausgleich und die Kennzeichnung und Dokumentation [5]. Der Aufbau des

Schaltschrankes wurde komplett mit Teil 600 dieser Norm abgegelichen, welcher die Errichtung von Niederspannungsanlagen beschreibt.

3.1.5. Wichtige Punkte zur Abnahme eines Schaltschranks

Die Sichtprüfung ist bei sämtlichen elektrischen Anlagen und Betriebsmittel der erste Schritt der Prüfung. Dabei schaut der Prüfer mit allen geeigneten Sinnen, ob er äußerliche sicherheitsrelevante Mängel feststellen kann. Laut Berufsgenossenschaft (BG) werden bei der Sichtprüfung bereits 80% aller Mängel entdeckt. In vielen Fällen erübrigen sich dadurch weitere Messtechnische Prüfschritte, da bereits mit bloßem Auge Schäden erkannt werden können. Die Sichtkontrolle nach äußerlich erkennbaren Mängeln oder Schäden und die Einhaltung der Schutzmaßnahmen gegen direktes und indirektes Berühren sind bei der Abnahme von Schaltschränken zu Beginn die wichtigsten zu beachtenden Punkte.
Messtechnisch ist die Isolationsprüfung mit einer Prüfspannung von 500V DC durchzuführen, der Grenzwert liegt bei $\geq 1\ M\Omega$. Die Isolationsmessung ist ein Verfahren, bei welchem die Sicherheit und einwandfreie Funktionalität von elektrischen Anlagen und Geräten überprüft wird. Es wird damit sichergestellt, dass der Strom nur in den für ihn vorgesehenen Leitern fließt. Die Leiter müssen untereinander und gegen sämtliche äußere potenzielle Leiter wie z.B. das Gehäuse mit nichtleitenden Werkstoffen isoliert sein. Durch die durchgeführte Messung wird die Güte dieser Isolation überprüft.
Die Messung des Schutzleiterwiderstandes wird benötigt, um zu zeigen, dass z.B. im Stecker kein Leiterbruch oder eine schlechte Kontaktierung vorliegt. Die Größe eines Widerstandes hängt dabei vom Querschnitt und Material des Leiters, der Temperatur und der Länge ab. Somit ist der Grenzwert ebenso abhängig von der Anzahl der Kontaktstellen im Schaltsschrank und in der Anlage.
Im Anhang in Abschnitt A.4 ist beispielhaft ein Prüf- und Abnahmeprotokoll für einen Schaltschrank mit allen Prüfpunkten dargestellt.

3.2. Berührungsschutz und Schutzklassen

Elektrische Sicherheit ist von entscheidender Bedeutung in modernen elektrischen Systemen, um das Risiko von elektrischem Schlag und anderen Gefahren zu minimieren. Dieses Kapitel konzentriert sich auf die Schutzklassen I, II und III sowie auf die Aspekte des direkten und indirekten Berührens in elektrischen Anlagen. Zunächst wird auf die Schutzklassen, in die sich elektrische Betriebsmittel unterteilen lassen, eingegangen. Diese Unterteilung ist in DIN EN 61140 (VDE 0140-1) übergeordnet festgelegt und für alle elektrischen Betriebsmittel gültig. Die übergeordnete Norm beschreibt vier Schutzklassen, wobei in der EU nur die ersten drei zugelassen sind. Die vorgesehenen Symbole der Schutzklassen zur Kennzeichnung der Betriebsmittel sind in IEC 61140 beschrieben und werden in Folgender Abbildung dargestellt:

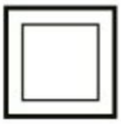
Klasse	Schutz durch	Kennzeichen
I	Schutzleiter (Anschluss am Körper des Betriebsmittels)	
II	Schutzisolierung	
III	Schutzkleinspannung ≤ 50 V Wechselspannung (AC) ≤ 120 V[1] Gleichspannung (DC)	

Abbildung 3.1.: Kennzeichnung der Schutzklassen [6]

Die Schutzklasse I definiert Geräte, die einen zusätzlichen Schutz gegen elektrischen Schlag bieten, indem sie über eine Erdungsverbindung verfügen. Diese Klasse erfordert eine eindeutige Erdungsverbindung, oft durch einen Schutzleiter (PE), der das Metallgehäuse des Geräts mit der Erde verbindet. Diese Maßnahme gewährleistet, dass im Falle eines internen Fehlers der elektrische Strom sicher in die Erde abgeleitet wird. Typische

Beispiele für Schutzklasse-I-Geräte sind Haushaltsgeräte und industrielle Elektrogeräte [**S.345**, 6].
Schutzklasse II beschreibt den Schutz gegen elektrischen Schlag durch verstärkte, oder doppelte Isolierung. Diese Betriebsmittel sind nicht auf einen Schutzleiter, bzw. eine Erdung angewiesen. Die doppelte, oder verstärkte Isolierung verhindert nach einem Fehler in der Basisisolierung eine gefährliche Berührungsspannung an den berührbaren Teilen des Betriebsmittels. Die immer vorhandene Basisisolierung stellt in diesem Fall den Basisschutz dar und die doppelte Isolierung sorgt für den Schutz im Fehlerfall. Geräte der Schutzklasse II sind oft daran zu erkennen, dass keine metallischen Oberflächen sichtbar sind und auch beispielsweise Schrauben tief versenkt montiert sind. Typische Beispiele sind hierbei mobile Handwerksgeräte oder moderne elektronische Geräte, bei denen das Gehäuse aus isolierendem Material besteht [**S. 357**, 6].
Schutzklasse III betrifft Geräte, die mit besonders niedriger Spannung (Sicherheitskleinspannung) arbeiten. Diese Klasse setzt auf die Trennung von Hochspannungs- und Niederspannungssektionen sowie spezielle Sicherheitsmaßnahmen. Geräte in dieser Klasse verwenden Niederspannung ($\leq$ 50 V AC oder $\leq$ 120 V DC). Beispiele für Schutzklasse-III-Geräte sind Niederspannungs-Schaltnetzteile und Beleuchtung im Niederspannungsbereich [**S. 345**, 6]
Das Konzept des Berührungsschutzes bezieht sich auf Maßnahmen, um Personen vor einem elektrischen Schlag zu schützen. Hierbei wird die Art der Berührung nochmals genauer definiert. Beim direkten Berühren kommt es zu einem Kontakt zwischen einer Person und aktiven Teilen eines elektrischen Geräts. Dieses Risiko wird durch die Schutzklassen I und II minimiert. Das indirekte Berühren tritt auf, wenn eine Person mit einem leitfähigen Teil in Kontakt kommt, das versehentlich unter Spannung steht. Erdungsmaßnahmen und Schutzvorkehrungen in den Schutzklassen spielen eine entscheidende Rolle beim Schutz vor indirektem Berühren [**S. 344**, 6].
Zusammenfassend ist also zu sagen, dass die Schutzklassen I, II und III verschiedene Ansätze für die elektrische Sicherheit darstellen, indem sie Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag bieten. Durch die sorgfältige Auswahl der richtigen Schutzklasse und die Einhaltung der entsprechenden Sicherheitsnormen können elektrische Systeme einen hohen Grad an Sicherheit gewährleisten und das Risiko von Verletzungen minimieren. Berührungsschutzmaßnahmen sind integraler Bestandteil dieser Schutzklassen und tragen dazu bei, die Risiken des direkten und indirekten Berührens zu kontrollieren.

4. Aktueller Stand

4.1. Bestandsaufnahme und Risikoanalyse Schaltschrank

Zu Beginn des Projektes ist es für die Studierenden essenziell einen Überblick über das gesamte Transfersystem mit Schaltschrank zu bekommen. Vom letzten Projektteam ist ein funktionsfähiger Aufbau übernommen worden, für den jedoch jegliche Dokumentation fehlt.

Zunächst soll der Schaltschrank genauer betrachtet werden. Es handelt sich um einen zweitürigen Schrank mit den Maßen 100cm x 100cm x 30cm. Im inneren befindet sich ein fertig montiertes und abgedecktes Kabelkanalsystem. Die verbauten Komponenten lassen sich in die zwei Gruppen Steuer- und Laststrom unterteilen. Im Laststromkreis befindet sich ein dreiphasiger Sicherungsautomat, zwei einphasige Sicherungen, über die jeweils ein Netzteil angesteuert wird, sowie vier Motorschutzschalter mit vier Schützen und einigen Anschlussklemmeninseln. Der Steuerstromkreis beginnt mit den beiden Netzteilen, die die gefährliche Lastspannung von 230V auf eine ungefährliche Steuerspannung mit 24V heruntertransformieren. Im Steuerstromkreis befinden sich eine SPS mit zwei Eingangs- und einer Ausgangskarte, sowie vier Hubs für das Bussystem der Anlage und ein Bildschirm an der Schaltschranktüre zur Bedienung der Linie. Aus der Bodenplatte des Schaltschrankes verlaufen alle Leitungen, die die Komponenten der Linie ansteuern. Darunter befinden sich vier Motoren, einige Induktionssensoren und Lichtschranken, drei Kameras, vier Steckdosen und die Pneumatik Ventilinsel.

Neben dem bereits erwähnten fehlenden Schaltplan wird beim Öffnen des Schaltschrankes auch auf einen Blick deutlich, dass sämtliche Beschriftungen der Betriebsmittel fehlen, was Änderungen oder Verbesserungen kaum nachvollziehbar macht. Im Folgenden sollen alle erkannten Risiken in einer FMEA (Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse) untersucht werden. Hierbei werden alle möglichen Fehler schriftlich festgehalten. Bei der Analyse werden im ersten Schritt sämtliche Folgen, die durch diesen Fehler eintreten können, diskutiert und notiert. Im zweiten Schritt soll festgelegt werden, wie dieser Fehler in Zukunft entdeckt und/oder vermieden werden kann. Zuletzt wird eine Maßnahme festgelegt, mit der die Ursache des Fehlers vermieden, oder die Erkennbarkeit erhöht werden kann.

	Möglicher Fehler	Folgen des Fehlers	Entdeckung / Vermeidung	Gegenmaßnahme
1	keine Dokumentation des Schaltschrankes	Unübersichtlichkeit; schlechte Nachvollziehbarkeit; hohe Fehleranfälligkeit	Schaltplan + Abnahme des Schaltschrankes	händisches Nachmessen jeder Verbindung und Zeichnen eines Schaltplanes in EPLAN
2	Keine Beschriftung der Betriebsmittel	schlechte Orientierung; schlechte Kommunikation; schlechte Nachvollziehbarkeit	Anbringen von Beschriftungen	Entwerfen eines Beschriftungssystems für alle Betriebsmittel und Anbringen der Beschriftung
3	Gefahr eines elektrischen Schlages	Verletzungsrisiko für Studierende oder Besucher	Berührungsschutz vgl. Kapitel 3.2	Durchgängiges Erdungskonzept überprüfen; Leitungsverbindungen überprüfen; Isolierungen prüfen
4	Arbeit von unzureichend unterwiesenen Studierenden am Schaltschrank	Verletzungsrisiko für Studierende durch elektrischen Schlag	Berührungssicherheit am Laststromkreis	Aufteilung der Schaltschranktopologie nach Last- und Steuerstromkreis; Abdeckung des Laststromkreises mit Plexiglasschreibe
5	Thermische Überlastung	Zerstörung von Komponenten bis hin zu Brand	Motorschutzschalter, Brandmelder, wenig thermisch gefährdete Komponenten da kleine Leistungen	-
6	sofortige Abschaltung des Systems notwendig	Verletzung von Menschen durch Roboterbewegung, Strom oder ähnliche unvorhersehbare Ereignisse	Funktionierendes NOT-Aus System; redundanter Hauptschalter	Pnoz-NOT-Aus System in Schaltschrank verbauen; drei NOT-Aus Taster mit redundanter N= (Normally opened) Logik an Linie montieren; Berührungssicherer redundanter Hauptschalter an Schaltschranktüre montieren
7	Zugriff von unbefugten auf Schaltschrank	Verletzungsrisiko; Vandalismus	Absperren des Schaltschrankes mit Schaltschrankschlüssel	Schlüssel sicher verwahren
8	Platzmangel im Schaltschrank	Kein Verbesserungspotenzial mehr aufgrund von Platzmangel	Überdimensionierung des Schaltschrankes, um prophylaktische Reserve zu schaffen	Bestellung und Verdrahtung eines neuen Schaltschrankes

Tabelle 4.1.: FMEA des Schaltschrankes [7]

Aus der FMEA lassen sich Aufgaben und Maßnahmen für das Projekt ableiten. Zunächst steht die Dokumentation des Schaltschrankes in Form eines Schaltplans außer Frage. Um den Schaltplan korrekt und eindeutig zeichnen zu können ist auch die in der FMEA analysierte Betriebsmittelbeschriftung äußerst wichtig. Mithilfe dieser beider Maßnahmen ist sowohl die Schaltschrankübergabe an das nächste Team als auch die Umsetzung sämtlicher Verbesserungen und Erweiterungen der aktuellen Teams in seiner Nachvollziehbarkeit und geringen Fehleranfälligkeit gesichert.

Des Weiteren soll die Schaltschranktopologie minimal verändert werden, um die Komponenten in Last- und Steuerstromkreis zu unterteilen und den Laststromkreis im Nachgang mit einer überdeckenden Plexiglasschreibe Berührungssicher zu machen. Hierbei kann ein unabsichtliches Berühren von gefährlichen Strömen bei der Arbeit am Schaltschrank von unzureichend unterwiesenen Studierenden ausgeschlossen werden. Um kleinere Änderungen, wie beispielsweise das Anschließen einer neuen Sensorleitung im Steuerstromkreis durchzuführen, ist aufgrund dieser Maßnahme keine Elektrofachkraft mehr von Nöten.

Durch die Plexiglasscheibe entsteht das Risiko einer thermischen Überlastung im Schaltschrank, aber auch andere Komponenten wie die Motoren außerhalb des Schaltschrankes sind von der Gefahr der Überhitzung nicht ausgeschlossen. Dieser Punkt wird bei der Durchführung der FMEA analysiert und ohne Gegenmaßnahme hingenommen, da das Risiko an der Linie sehr klein ist aufgrund der wenigen und leistungsschwachen verbauten Komponenten.

Der nächste Punkt beschreibt das NOT-Aus System. Nach den aktuellen Vorgaben muss der Schaltschrank für eine Abnahme und damit für ausreichende Sicherheit mit einem Pnoz NOT-Aus System ausgestattet sein. Außerdem müssen alle verbauten NOT-Aus Taster einer redundanten NO-Logik folgen, wodurch eine Kontaktverschweißung zusätzlich ausgeschlossen werden kann. Neben den Tastern gehört auch der Hauptschalter des Schaltschrankes zum NOT-Aus System. Dieser muss auch redundant ausgeführt und aufgrund der zuvor beschriebenen Maßnahme als Teil des Laststromkreises mit Plexiglas abgedeckt werden.

Zuletzt wird die Platzreserve im Schaltschrank diskutiert. Aufgrund der ständigen Ver-

besserungen an der Linie in Form von Studierendenprojekten, wächst die Anzahl der Komponenten an der Linie und im Schaltschrank kontinuierlich. Aufgrund der Tatsache, dass zusätzlich der Last- und Steuerstromkreis getrennt voneinander gehalten werden sollen, stößt der derzeitige Schaltschrank an seine räumlichen Grenzen. Um alle neuen Komponenten im Schaltschrank unterbringen zu können wird ein größerer Schaltschrank bestellt und nach dem neu erstellten Schaltplan neu verdrahtet.

Nach der FMEA wird zur Bestandsaufnahme des Schaltschranks eine Sichtprüfung durchgeführt, bei der diverse Sicherheitsmängel festgestellt werden können:
Zunächst fällt auf, dass Komponenten lose im Schaltschrank herumliegen und nicht fest montiert auf einer Hutschiene oder ähnlichem Sitzen. In diesem Fall handelt es sich um das Steuergerät für den HMI-Bildschirm am Schaltschrank. Die Maßnahme wäre in diesem Fall das Gerät an seiner jetzigen Position auf einer Lochplatte zu befestigen, da es an einer anderen Stelle im Schrank keinen Platz mehr findet. Alternativ dazu kann das Betriebsmittel bei der Planung eines neuen und größeren Schaltschrankes berücksichtigt werden und somit einen Platz an der Schaltschrankrückwand finden.

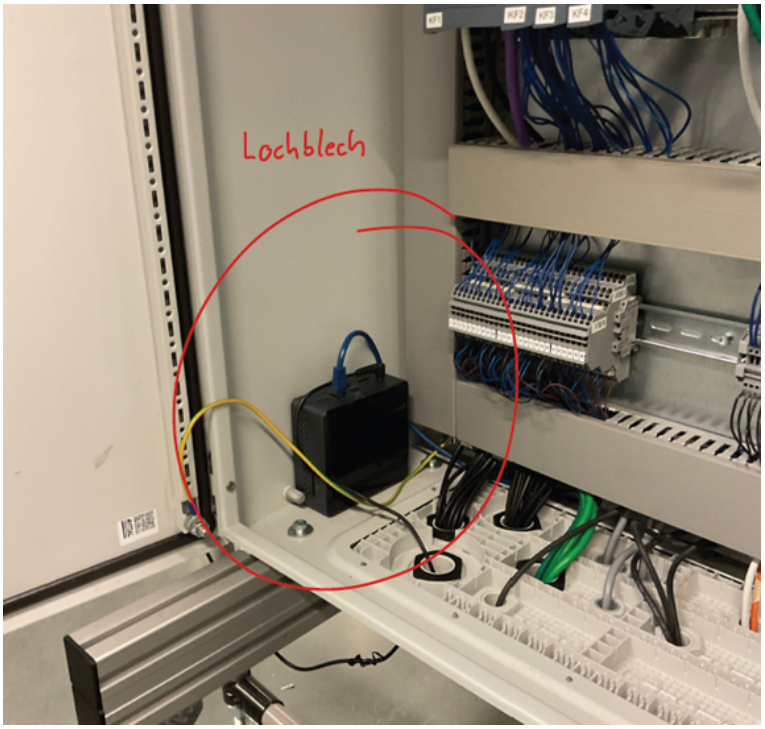


Abbildung 4.1.: Unbefestigtes Steuergerät [8]

Auch bei der Kabelführung im Schaltschrank werden Mängel entdeckt. Die einzige Maßnahme ist die falsch gelegten Leitungen herauszubauen und sie richtigerweise über den Kabelkanal neu verlegen.

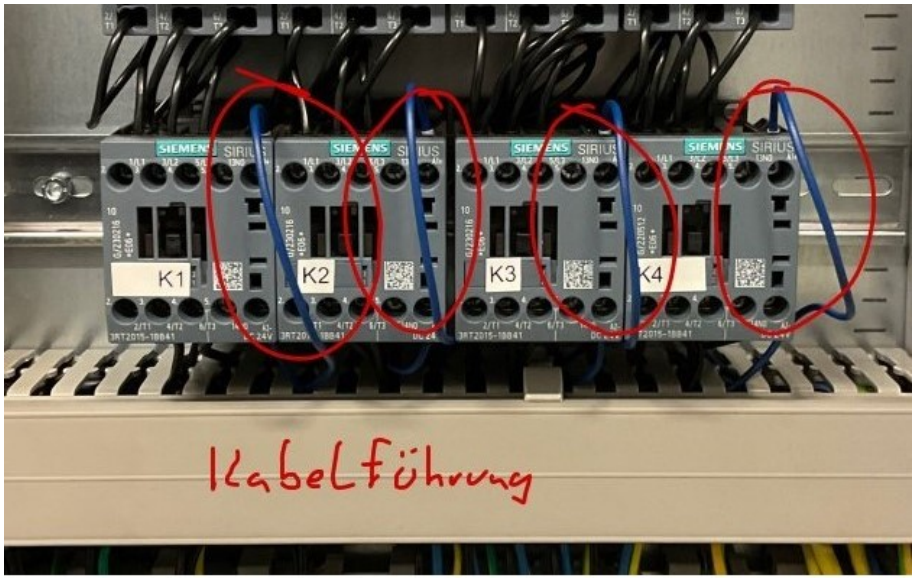


Abbildung 4.2.: Fehlerhafte Leitungsverlegung [8]

Auch außerhalb des Schaltschrankes sind gewisse Mängel zu entdecken. Zum einen geht es um die Oberseite, auf der andere Betriebsmittel, wie Mehrfachsteckdosen, abgelegt worden sind. Der Schaltschrank darf unter keinen Umständen als Ablage genutzt werden. Die Maßnahme hier ist die Komponenten vom Schrank zu entfernen und falls sie an dieser Stelle dennoch benötigt werden, so muss hier eine Aufhängung montiert werden. Des Weiteren muss der Schaltschrank mechanisch mit der Linie verbunden sein, sofern dazwischen Leitungen ohne Zwischenkupplung verlaufen. Falls der Schrank oder die Linie individuell bewegt werden, könnten Leitungen überdehnt oder abgerissen werden, was die Isolierung beschädigt und im Zweifelsfall stromführende Leiter offenlegt. Die Gegenmaßnahme ist den Schaltschrank mit einer Aluminiumprofil-Konstruktion mit der Linie zu verbinden. Außerdem sollen die lose hängenden Verbindungsleitungen mit einer Gitterrinne gesichert werden.

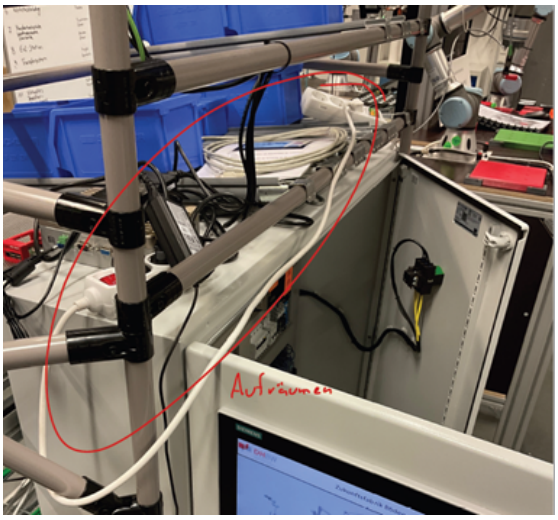


Abbildung 4.3.: Fehlende Aufhängung [8]

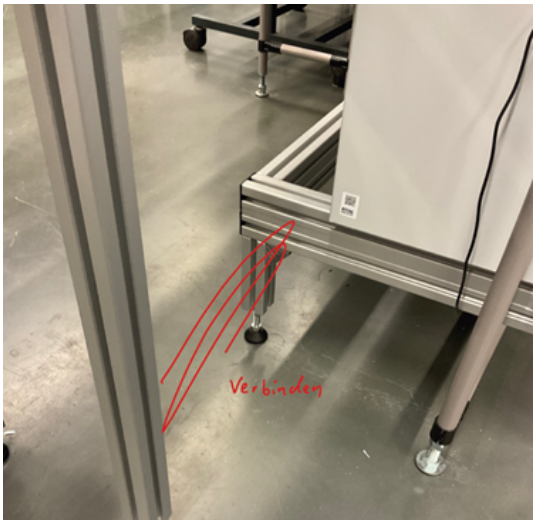


Abbildung 4.4.: Fehlende Verbindung [8]

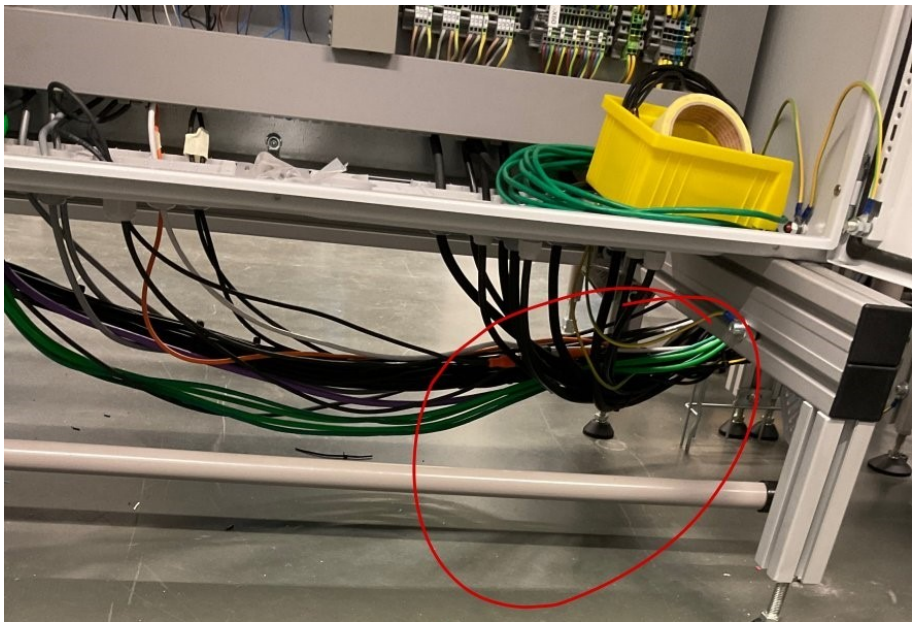


Abbildung 4.5.: Fehlende Gitterrinne [8]

4.2. Bestandsaufnahme und Risikoanalyse Linie

Das Transfersystem hat die Funktion, ein Bauteil von Station zu Station zu befördern. Dabei werden unterschiedliche Arbeitsschritte durchgeführt. Zu Beginn wird das Teil durch einen kollaborativen Roboter auf den Werkstückträger gelegt. Durch einen QR-Reader wird anschließend eine Variante in das System eingegeben, wie zwei Bolzen auf dem Werkstückträger platziert werden sollen. Nach dem eingeben der Variante werden die Bolzen platziert. Bei der nächsten Station, dem Handarbeitsplatz, wird das vormontierte Bauteil durch das letzte Teil komplettiert. Die zuvor hinzugefügten Bolzen werden hier anschließend wieder entfernt. Die Arbeitsschritte werden hier per Videokamera überwacht und angezeigt. Bei der End-of-Line-Station wird das Bauteil mittels Profilsensor auf Fehler überprüft. Abschließend soll das Bauteil über ein autonomes Transportsystem vom PTZ (Produktionstechnisches Zentrum) zur Lernfabrik des IWTs (Institut für Weiterbildung, Wissens- und Technologietransfer) geliefert und weiterverarbeitet werden. Auch eine umgekehrte Reihenfolge mit anschließender Demontage ist in Planung. Der Aufbau des Transfersystems kann Abbildung 4.6 entnommen werden.

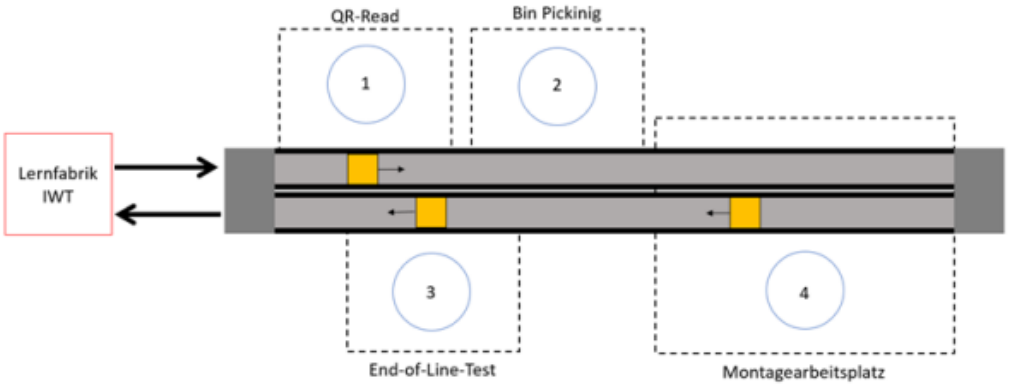


Abbildung 4.6.: Skizze der kompletten Anlage [9]

Am Transfersystem gibt es noch zwei weitere Punkte, die für eine elektrotechnische Abnahme der Anlage geändert werden müssen.
Als erstes sollen die Netzwerkkabel aus dem Schaltschrank nicht direkt auf den Verbraucher (in dem Fall den Roboter) angeschlossen werden. Grund dafür ist, dass vorgefertigte Patchkabel nicht für die Festverlegung gedacht sind. Die korrekte Vorgehensweise ist hierbei die Verlegung eines Cat-Netzwerkkabels auf eine Netzwerkdose. Von dieser

kann dann mit einem kurzen Patchkabel der Anschluss am Roboter realisiert werden. Dadurch erhöht man die Ordnung, Struktur und Flexibilität der Verkabelung, außerdem kann eine Fehlersuche leichter realisiert werden. Bei einer Änderung kann ohne Mehraufwand ein längeres Patchkabel an der Netzwerkdose angeschlossen werden um so weitere Entfernungen überbrücken zu können. In Abbildung 4.7 soll das grün markierte Patchkabel also durch ein Cat-Kabel ausgetauscht werden und neben der Steckdose -X101 auf einer Dose angeschlossen werden.

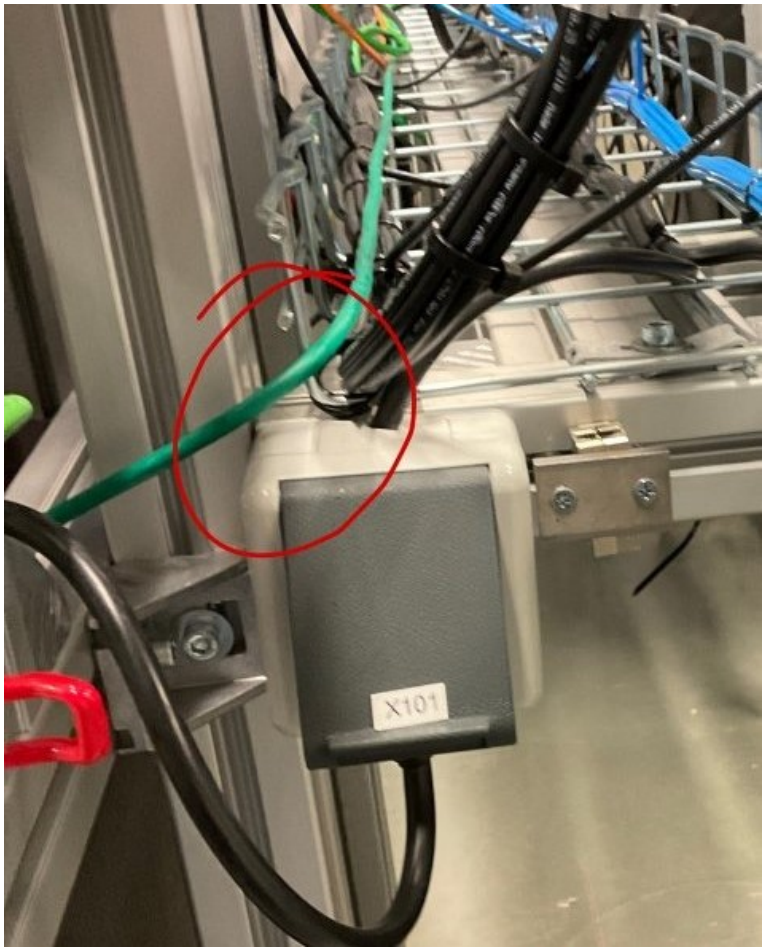


Abbildung 4.7.: Fehlende Netzwerkdose [8]

Der zweite Punkt ist die unzureichende Kabelführung zu unterschiedlichen Verbrauchern. Wie in Abbildung 4.8 zu erkennen, hängen die Leitungen hier über weitere Strecken frei herum. Für eine verbesserte Ordnung und Sicherheit hilft es dabei, die Kabel in Gitterrinnen zu bündeln und zu entlasten, damit diese nicht als Stolperfallen agieren können und Beschädigungen verursachen.

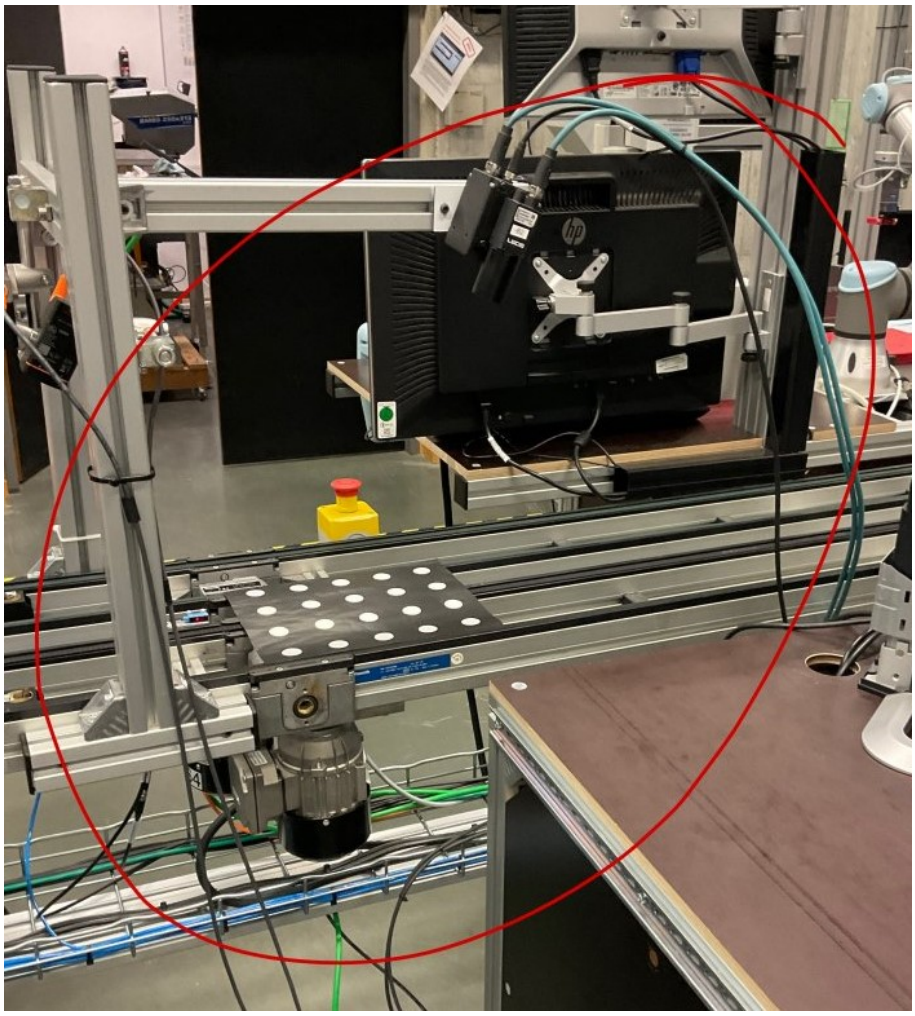


Abbildung 4.8.: Fehlende Kabelführung [8]

5. Umsetzung der Maßnahmen

5.1. Erstellung Dokumentation

Um eine elektrotechnische Abnahme für den bereits bestehenden Schaltschrank zu erwirken, musste eine bisher nicht vorhandene umfassende Dokumentation zu erstellt werden. Die Durchführung dieser Aufgabe erforderte eine detaillierte Aufnahme aller Komponenten und Verbindungen innerhalb des Schaltschrankes. Ziel war es, nicht nur den vorhandenen Aufbau zu erfassen, sondern umfassende Stromlauf- und Klemmenpläne sowie eine exakte Betriebsmittelkennzeichnung zu erstellen. Das Fehlen der gesamten Schaltpläne kann nicht nur zu erheblichen Schwierigkeiten bei Wartungs- und Reparaturarbeiten führen, sondern birgt auch potenzielle Sicherheitsrisiken. Daher kommt der Erstellung einer umfassenden Dokumentation eine Schlüsselrolle zu, um die Zuverlässigkeit, Wartbarkeit und Sicherheit von elektrischen Anlagen zu gewährleisten. Die Dokumentation wird mit EPLAn Electric P8 erstellt. Die vollständigen Stromlauf- und Klemmenpläne sind in Anhang A zu finden.

5.1.1. Allgemeines zu EPLAN

EPLAN bietet Software und Services für Engineering in den Bereichen Elektrotechnik, Automatisierung und Mechatronik an. Es stellt eine der weltweit führenden Softwarelösungen für den Maschinen-, Anlagen- und Schaltschrankbau dar. Standardisierte und individuelle Schnittstellen sorgen für durchgängige Daten entlang der gesamten Wertschöpfungskette [10]. Die Software wird in dieser Arbeit genutzt, um Stromlaufpläne und

Klemmenpläne zu visualisieren.

5.1.2. Erstellung der Stromlaufpläne und Klemmenpläne

Das Normblatt hat am unteren Rand Felder, die mit dem Erstellungs,- dem letzten Bearbeitungsdatum, der Auftragsnummer und -bezeichnung, dem Logo des Unternehmens als auch dem Namen des Bearbeiters befüllt werden können. Ebenso werden Einbauort, Funktion und Seitennummer des Blattes vermerkt.



Abbildung 5.1.: Fußzeile Normblatt [11]

Zum erstellen von Verbindungen können in EPLAN verschiedene Symbole genutzt werden. Dabei werden Verbindungssymbole von Stranganschlüssen und Leitungsverbindern unterschieden. Die Vorauswahl ist in Abbildung 5.2 dargestellt.

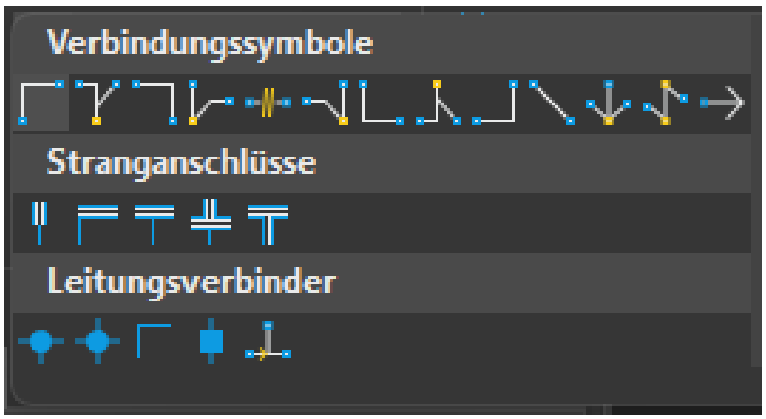


Abbildung 5.2.: Verbindungserstellung in EPLAN [11]

Klemmenpläne sind in EPLAN wie in Abbildung 5.3 dargestellt. Dort können beide Anschlussseiten des Kabels vermerkt werden, ebenso können Brücken als Draht- oder Stegbrücke gesetzt werden. Auch mehrstöckige Klemmen können hier realisiert werden.

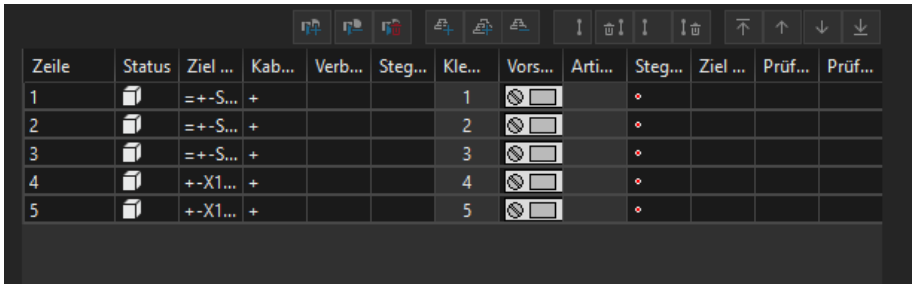


Abbildung 5.3.: Klemmenpläne in EPLAN [11]

Für die Betriebsmittelauswahl stellt EPLAN zusätzlich eine umfangreiche Suche zur Verfügung. Hier kann nach Schlagwörtern oder auch Herstellern gesucht werden.

5.2. Planung des neuen Schaltschranks

Die Dimensionierung eines neuen Schaltschranks erfordert ein systematisches wissenschaftliches Vorgehen, das verschiedene technische, betriebliche und sicherheitsrelevante Aspekte berücksichtigt. Im Folgenden soll der richtige Schaltschrank anhand von Parametern und Einflüssen ermittelt werden.

1. Anforderungsanalyse
   In der Anforderungsanalyse soll geklärt werden welche Komponenten, welche Leistungen/Spannungen, welche Umweltanforderungen und welche Sicherheitsanforderungen für den Schaltschrank gelten. Die Komponenten lassen sich aus dem alten Schaltschrank übertragen, plus die angekündigten Leistungsmessgeräte vom Energiemonitoring Team. Gemeinsam haben alle Komponenten nebeneinander gelegt eine Breite von etwa 240 cm. Der Schaltschrank muss groß genug sein, um diesen Platz bereitstellen zu können. Nach den allgemeinen Schaltschrankvorschriften muss ein Schaltschrank immer so dimensioniert sein, dass etwa 10% Platzreserve vorhanden sind. Aufgrund der bereits erwähnten ständigen Verbesserung soll in diesem Schaltschrank etwa 20% - 30% Reserve eingerechnet werden. Die Leistungen und Spannungen sind ebenfalls identisch mit dem alten Schaltschrank. Es muss lediglich eine CEE-Buchse vorhanden sein, um den Schaltschrank und damit die Anlage betreiben zu können. Die Umweltbedingungen halten sich in Grenzen,

da der Schaltschrank in einer Wettergeschützten Werkstatt stehen wird und dabei höchstens Staub ausgesetzt ist. Zu den Sicherheitsanforderungen ist zu sagen, dass der Schaltschrank durchgehend berührungssicher und geerdet sein muss und zudem muss er mit einem Schlüssel abschließbar sein, um unbefugte am Zugang zu hindern.

2. Kabelmanagement
   Da der neue Schaltschrank nach der Vorlage eines bereits existierenden Schaltschrankes aufgebaut wird, sollen die Leitungen und Kabel aus Umweltgründen nach Möglichkeit erneut verwendet werden. Da alle Aktoren beim alten Schaltschrank durch die Bodenplatte erreicht werden, müssen die Leitungen auch beim neuen Schaltschrank durch die Bodenplatte verlegt werden. Weil nach wie vor der Steuer- und Laststromkreis räumlich voneinander getrennt sein müssen, wird an dieser Stelle klar, dass auch der neue Schaltschrank zweitürig sein muss, um den nötigen Platz bieten zu können. Aufgrund der Länge der bereits verlegten Leitungen steht auch fest, dass die Position des neuen Schaltschranks dieselbe bleiben muss.

3. Schutzart
   Die Anforderungen an die Schutzart des Schaltschrankes sind in Anbetracht des Einbauortes sehr gering, jedoch ist es bei der Planung eines neuen Schaltschrankes unabdingbar auch die Schutzart zu bestimmen. Da der Schaltschrank am Einbauort niemals Regen, Wind und Wetter ausgesetzt sein wird, allerdings mit Schmierölen vom Transportband gerechnet werden muss reicht die Schutzklasse IP X4. Der Schrank muss an seinem Einbauort auch nicht Stabdicht sein. Es genügt der Schutz gegen Fremdkörper größer als 2,5mm, um den Berührungsschutz weiterhin zu gewährleisten. Der Schaltschrank braucht also mindestens die Schutzklasse IP 43, wobei auch höhere Schutzklassen zulässig wären.

4. Sicherheit
   Die Sicherheit des Schaltschrankes ist einer der wichtigsten Punkte, da er in einer für Studierende zugänglichen Werkstatt steht und somit von unzureichend unterwiesenen Personen erreicht werden kann. Wie bereits erwähnt muss der Schaltschrank ein Schloss besitzen, um den Zugang unbefugter ausschließen zu können.

Außerdem muss der Schaltschrank ausreichend geerdet sein, um mit Sicherheit zu verhindern, dass das Gehäuse unter Spannung stehen kann. Der Schaltschrank muss auf zwei Füßen so sicher stehen, dass er unter keinen Umständen umfallen und dabei stromführende Leiter offenlegen kann. Im inneren des Schaltschrankes soll die Möglichkeit bestehen eine Plexiglasplatte, die den Laststromkreis abdeckt, an der Rückwand zu montieren.

5. Zukünftige Erweiterungen
   Bei der Dimensionierung des Schaltschrankes muss berücksichtigt werden, dass es sich bei der Fertigungslinie um Studierendenprojekte handelt, die jedes Semester neue Verbesserungen zur Anlage beisteuern. Die Anzahl der Komponenten in und um den Schaltschrank wächst also kontinuierlich, was bedeutet, dass die Platzreserve im Schrank so gewählt werden muss, dass der Schaltschrank die noch folgenden Projekte mit abdecken kann. Bereits feststehende Erweiterungen sind das Pnoz NOT-Aus System sowie zehn Messwandler zur Leistungsermittlung für das Energiemonitoring Team. Anhand der durchgeführten Analyse lässt sich ein zweitüriger Schaltschrank mit den Maßen 120cm x 180cm x 40cm ermitteln. Der Schrank muss dabei mindestens der Schutzklasse IP43 entsprechen und den erläuterten Sicherheitsanforderungen entsprechen.

6. Preis
   Hier kommt der letzte Analysepunkt ins Spiel. Anhand der ermittelten Schaltschrank Parameter muss nun das kostengünstigste Angebot gefunden werden, das den Anforderungen entspricht. Hier werden die Studierenden auf ein Angebot der Firma Rittal aufmerksam, welche einen vergleichbaren Schrank für einen angemessenen Preis anbietet. Nach einer Anfrage per E-Mail erklärt sich die Firma bereit den gewünschten Schrank als Sponsor zu spenden.



Abbildung 5.4.: Neuer Schaltschrank [12]

6. Ausblick und Fazit

Am Ende der ersten Studienarbeitsphase steht der fertige Schaltplan für den Schaltschrank in digitaler Form zur Verfügung. Anhand dieses Schaltplans lässt sich der bereitstehende neue Schaltschrank verdrahten. Die Auseinandersetzung mit Normen und Vorschriften, insbesondere im Hinblick auf Berührungssicherheit, hat gezeigt, dass eine ganzheitliche Herangehensweise an die Schaltschrankplanung unerlässlich ist. Zukünftige Arbeiten können auf die Dokumentation des Schaltschrankes zurückgreifen und Verbesserung gezielt und fehlerfrei installieren. Der erste Teil der Studienarbeit bildet hiermit also die Grundlage für den zweiten Teil, aber auch für die Projekte aller anderen Teams, die auf den Schaltschrank zugreifen müssen. Durch die Dokumentation ist der Schaltschrank nun auch abnahmefähig, was zukünftig für einen hohen Sicherheitsstandard an der Anlage führen wird.
Die Ziele für den ersten Teil des Projektes werden somit alle erreicht. Die Dokumentation ist fertiggestellt. Sicherheitsmängel in und um den Schaltschrank und die Anlage sind aufgedeckt und bearbeitet. Für größere Sicherheitsmängel, wie beispielsweise das NOT-Aus System, ist die Vorgehensweise für die nächste Projektphase besprochen worden. Der neue Schaltschrank ist nach genauen Parametern dimensioniert und kostengünstig bestellt worden.
Für die nächste Projektphase ist zu sagen, dass im Zentrum die Verdrahtung des neuen Schaltschrankes nach Schaltplan stehen wird. Der Aufbau des Schrankes soll in den ersten Wochen der Projektphase geschehen, um andere Teams nicht durch den zeitweise fehlenden Schaltschrank von ihren Projekten abzuhalten. Neben dem Schaltschrank sollen weiterführend noch Sicherheitsmängel an der Anlage beseitigt werden. Dazu gehört die Umhausung der Stirnseitigen Bandüberführungen, um die Quetschgefahr an diesen Stellen zu minimieren. Sowie der Einbau von einigen Netzwerkbuchsen, um die verschleißfreie Führung der Datenkabel sicherzustellen. Zuletzt soll eine Pneumatische

Aufbereitungs- und Wartungseinheit bestellt und eingebaut werden, um die Druckluft aufzubereiten und somit die Anlage vor Korrosion oder ähnlichem zu schützen.

Literatur

[1] S. Hager. Eigene Darstellung. 2024.

[2] International Electrotechnical Commission, Hrsg. *IEC 60204-1.*, 2019.

[3] Europäische Norm, Hrsg. *EN 61439.*, 2011.

[4] International Electrotechnical Commission, Hrsg. *IEC 60947.*, 2011.

[5] Deutsches Institut für Normung e.V., Hrsg. *DIN VDE 0100.*, 2017.

[6] K. Tkotz, Hrsg. *Fachkunde Elektrotechnik*. 31. Auflage. Europa-Lehrmittel, 2018.

[7] J. Gorbach. Eigene Darstellung. 2024.

[8] R. Simanowski. Eigene Aufnahme. 2023.

[9] H. Sinnstein, T. Widmann. „Konzept Layout Transfersystem“. 2023.

[10] EPLAN GmbH Co. KG. Über uns. 2023. URL: https://www.eplan.de/unternehmen/portrait/ueber-uns/.

[11] EPLAN. Screenshot. 2024.

[12] RITTAL GmbH Co. KG. System-Einzelschrank VX SE. o.J. URL: https://www.rittal.com/imf/jpg/78_3221/.

[13] Steuerungstechnik-Heller. Letzter Zugriff: 08.01.2024. 2010. URL: http://www.steuerungstechnik-heller.de/Steuerungstechnik/Elektrotechnik/Dokumentation/Vorlage%20Schaltschrankabnahmeprotokoll.pdf.

Abkürzungsverzeichnis

BG ..... Berufsgenossenschaft

DIN ..... Deutsches Institut für Normung

FMEA ..... Failure Mode and Effects Analysts

IEC ..... International Electrotechnical Commission

IWT ..... Institut für Weiterbildung, Wissens- und Technologietransfer

NO ..... Normally Opened

PTZ ..... Produktionstechnisches Zentrum

VDE ..... Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik e.V.

Abbildungsverzeichnis

2.1. Gantt-Diagramm [1] 3

3.1. Kennzeichnung der Schutzklassen [6] 7

4.1. Unbefestigtes Steuergerät [8] 13
4.2. Fehlerhafte Leitungsverlegung [8] 14
4.3. Fehlende Aufhängung [8] 15
4.4. Fehlende Verbindung [8] 15
4.5. Fehlende Gitterrinne [8] 15
4.6. Skizze der kompletten Anlage [9] 16
4.7. Fehlende Netzwerkdose [8] 17
4.8. Fehlende Kabelführung [8] 18

5.1. Fußzeile Normblatt [11] 20
5.2. Verbindungserstellung in EPLAN [11] 20
5.3. Klemmenpläne in EPLAN [11] 21
5.4. Neuer Schaltschrank [12] 24

A.1. Stückliste 33
A.2. Stromlaufplan Einspeisung 35
A.3. Stromlaufplan Motoren 36
A.4. Stromlaufplan Steckdosen 37
A.5. Stromlaufplan Sensoren 38
A.6. Klemmenplan -X1 und -X3 40
A.7. Klemmenplan -X30 41
A.8. Klemmenplan -X40, -X41 und -X42 42
A.9. Klemmenplan -KF 43

A.10.Klemmenplan -K8 44
A.11.Schaltschrank Prüf- und Abnahmeprotokoll [13] 46

Tabellenverzeichnis

4.1. FMEA des Schaltschrankes [7] 11

A. Anhang A

A.1. Stückliste

Urheberrechtlich geschützt. Die Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet.

BMK	Komponente
B1	Kamera
B2	Kamera
B3	Kamera
B4	Kamera
B5	
B6	
B7	
B8	
B9	
B10	
B11	Motorsensor
B12	Motorsensor
B13	Motorsensor
B14	Motorsensor
B15	Motorsensor
B16	Motorsensor
B17	Motorsensor
B18	Motorsensor
B19	Motorsensor
B20	Motorsensor
B21	Motorsensor
B22	Motorsensor
B23	
B24	
B25	
B26	
B27	
B28	
B29	
B30	
B31	Lichtschranke
B32	Lichtschranke
B33	Lichtschranke
B34	Lichtschranke
B35	Lichtschranke

BMK	Komponente
B36	Lichtschranke
B37	Lichtschranke
B38	Lichtschranke
B39	Lichtschranke
B40	Lichtschranke
B41	Lichtschranke
B42	Lichtschranke
B43	Lichtschranke
B44	Lichtschranke
B45	Lichtschranke
B46	Lichtschranke
B47	
B48	
B49	
B50	
B51	Indktionssensor
B52	Indktionssensor
B53	Indktionssensor
B54	Indktionssensor
B55	Indktionssensor
B56	Indktionssensor
B57	
B58	
B59	
B60	
B61	Pneumatik Endanschlag
B62	Pneumatik Endanschlag
B63	Pneumatik Endanschlag
B64	Pneumatik Endanschlag
B65	Pneumatik Endanschlag
B66	Pneumatik Endanschlag
B67	Pneumatik Endanschlag
B68	Pneumatik Endanschlag
B69	
B70	

Änderung | Datum | Name | Projektname: PTZ | Basisprojekt mit Kennzeichnungsstruktur gemäß IEC-Norm | Projektnummer: IEC_bsp003 | Zeichnungsnummer | Erstellt: Sebastian Heyer | Geprüft von | EPLAN GmbH & Co. KG | Datum: 21.11.2023 | Bearb. | Seite | Blatt

Abbildung A.1.: Stückliste

A.2. Stromlaufpläne

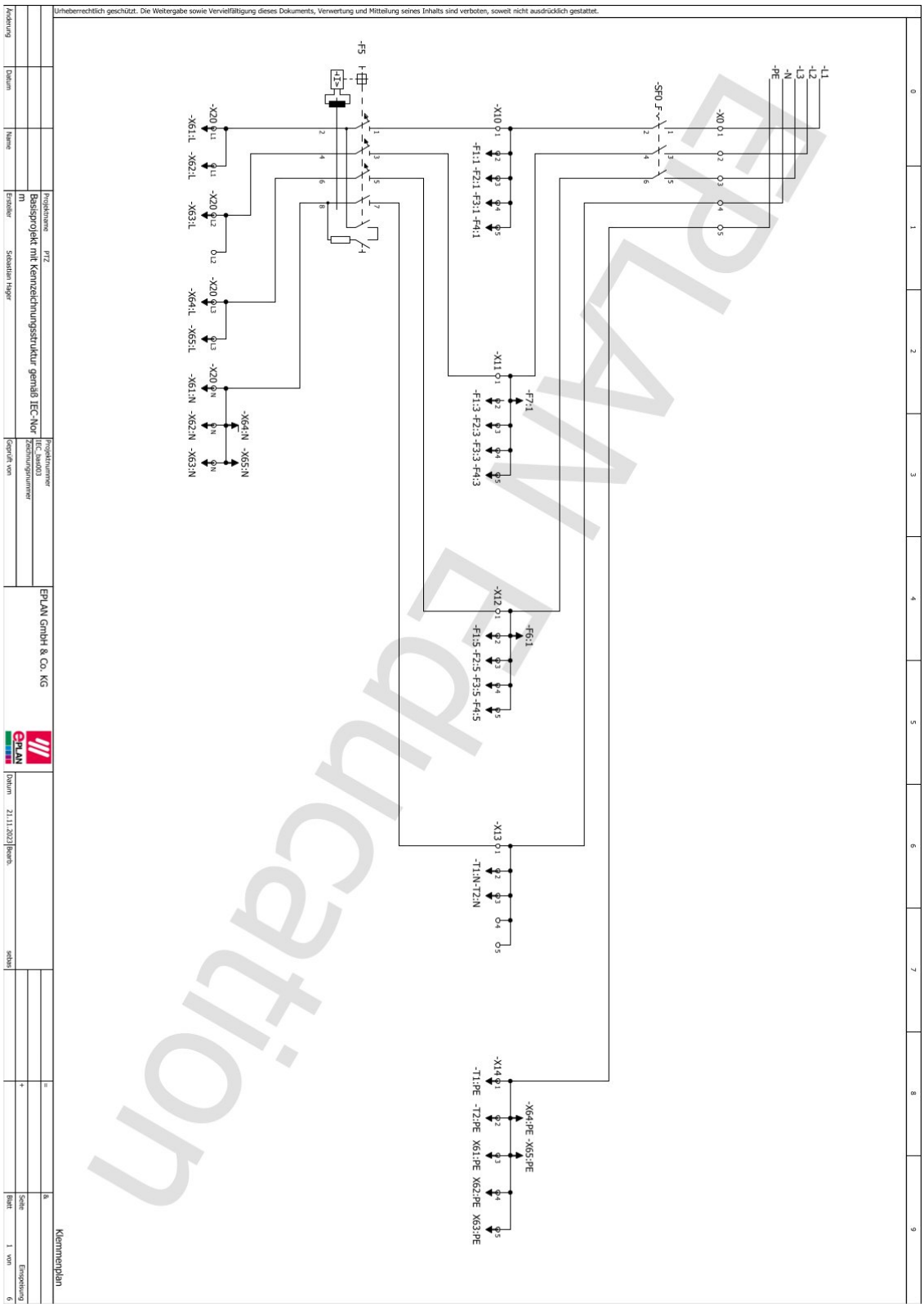


Abbildung A.2.: Stromlaufplan Einspeisung

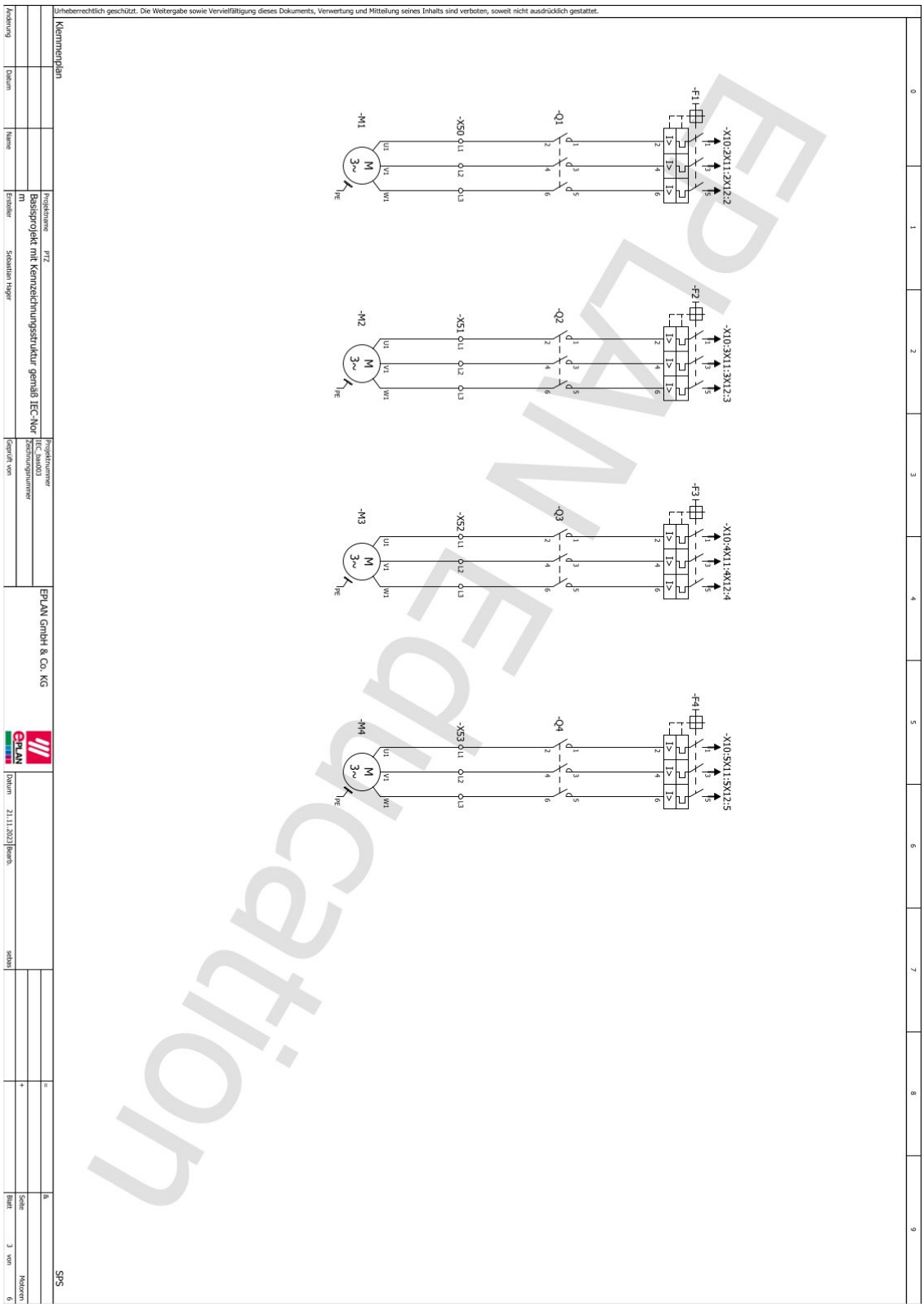


Abbildung A.3.: Stromlaufplan Motoren

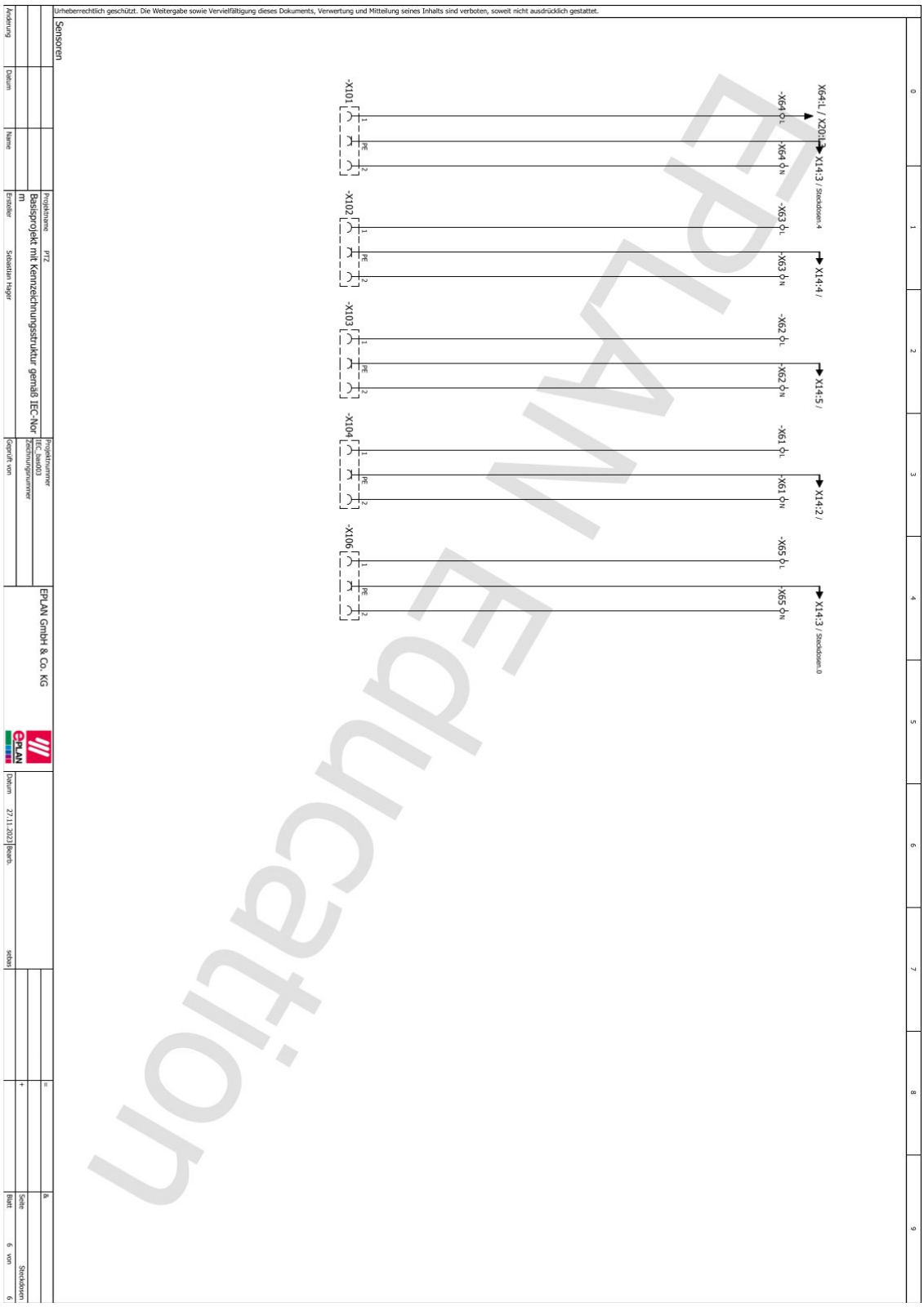


Abbildung A.4.: Stromlaufplan Steckdosen

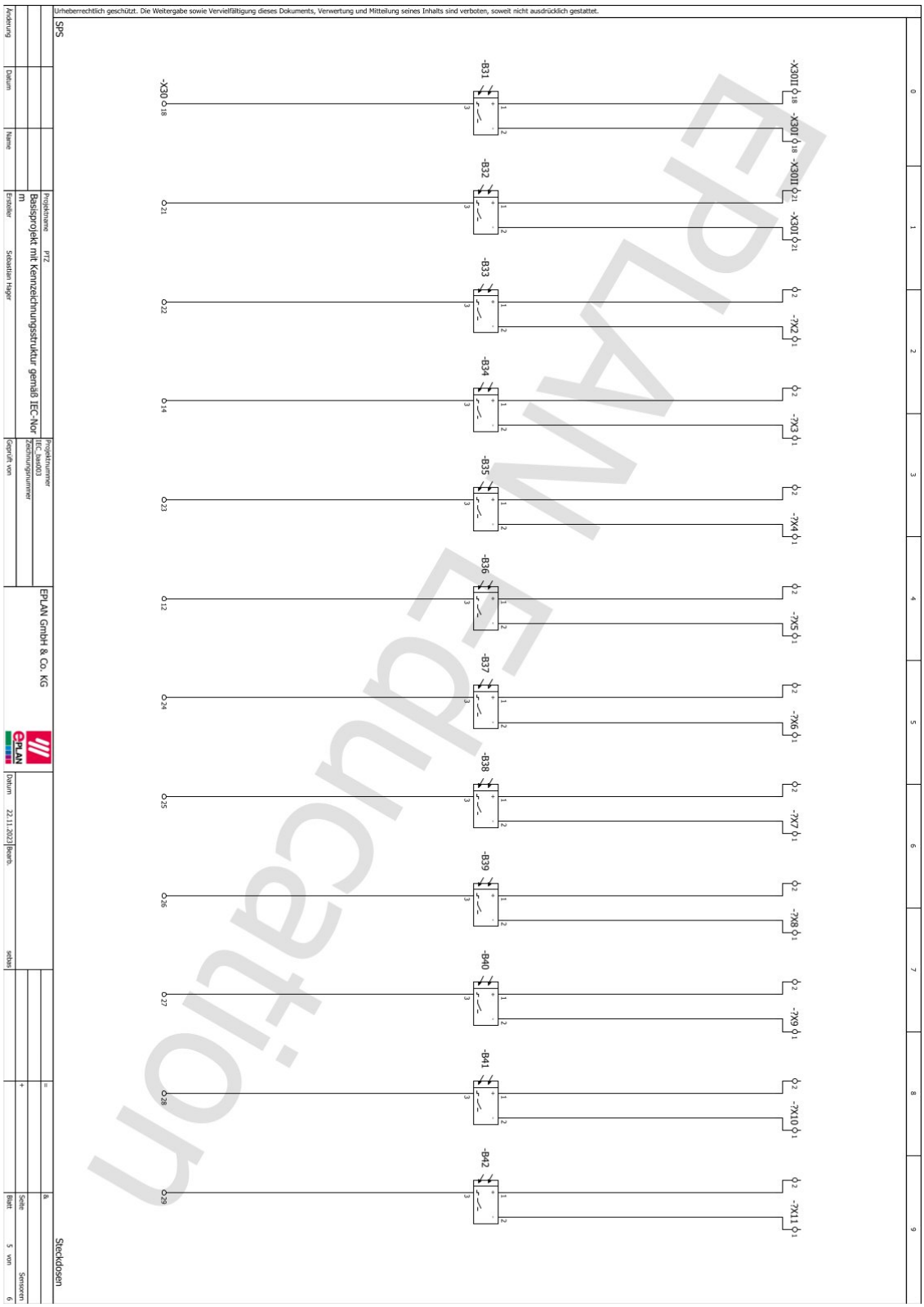


Abbildung A.5.: Stromlaufplan Sensoren

A.3. Klemmenpläne

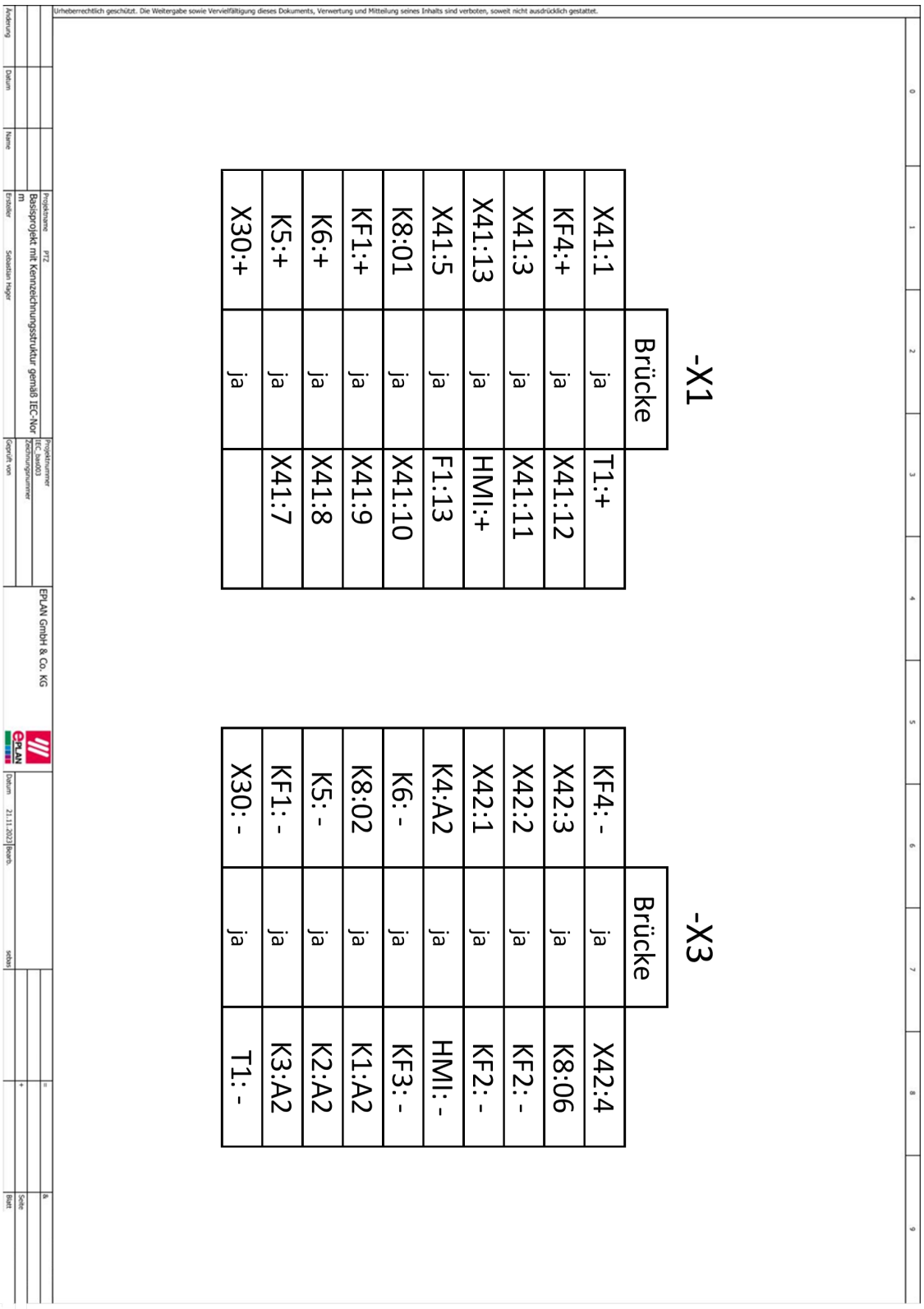


Abbildung A.6.: Klemmenplan -X1 und -X3

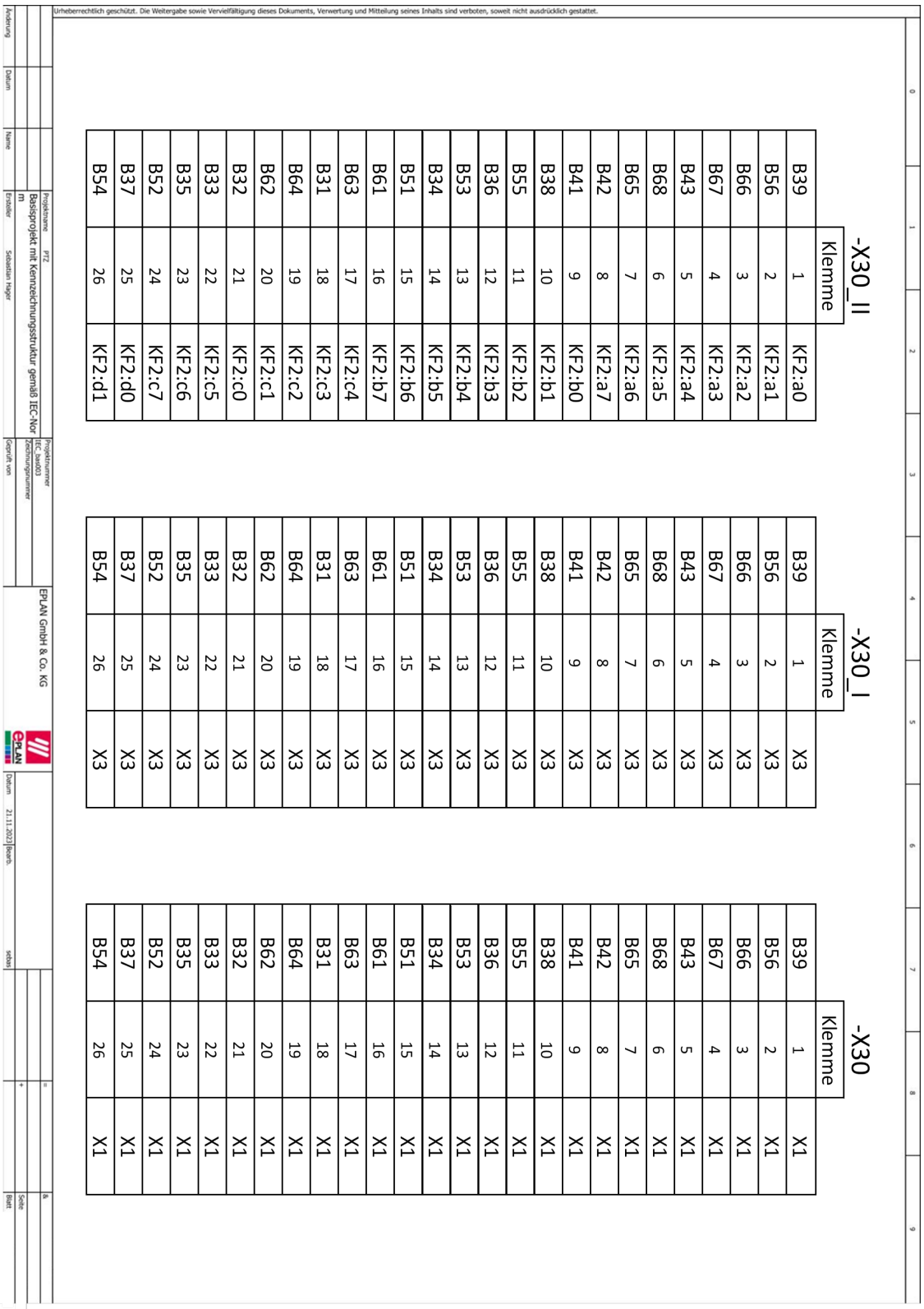


Abbildung A.7.: Klemmenplan -X30

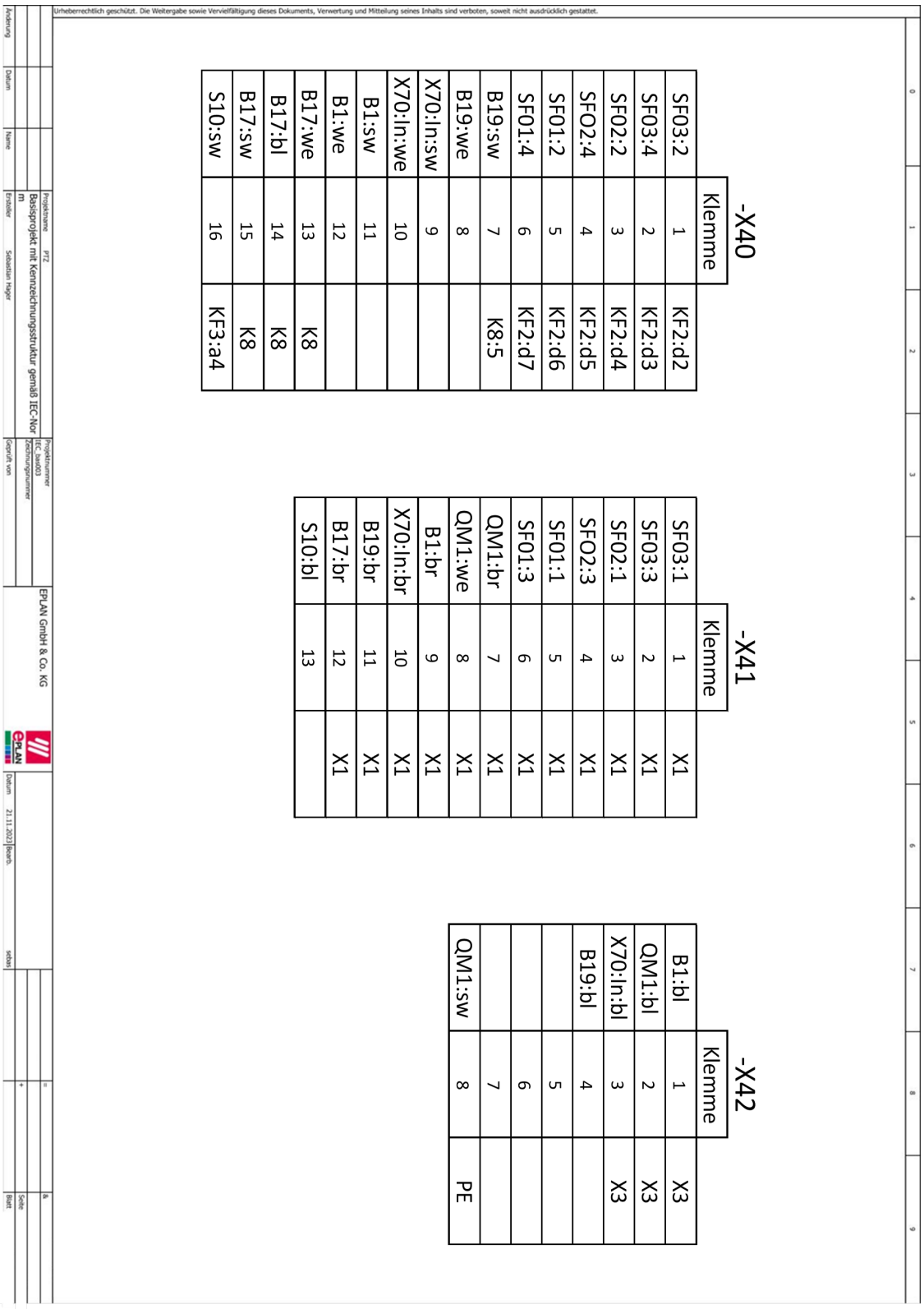


Abbildung A.8.: Klemmenplan -X40, -X41 und -X42

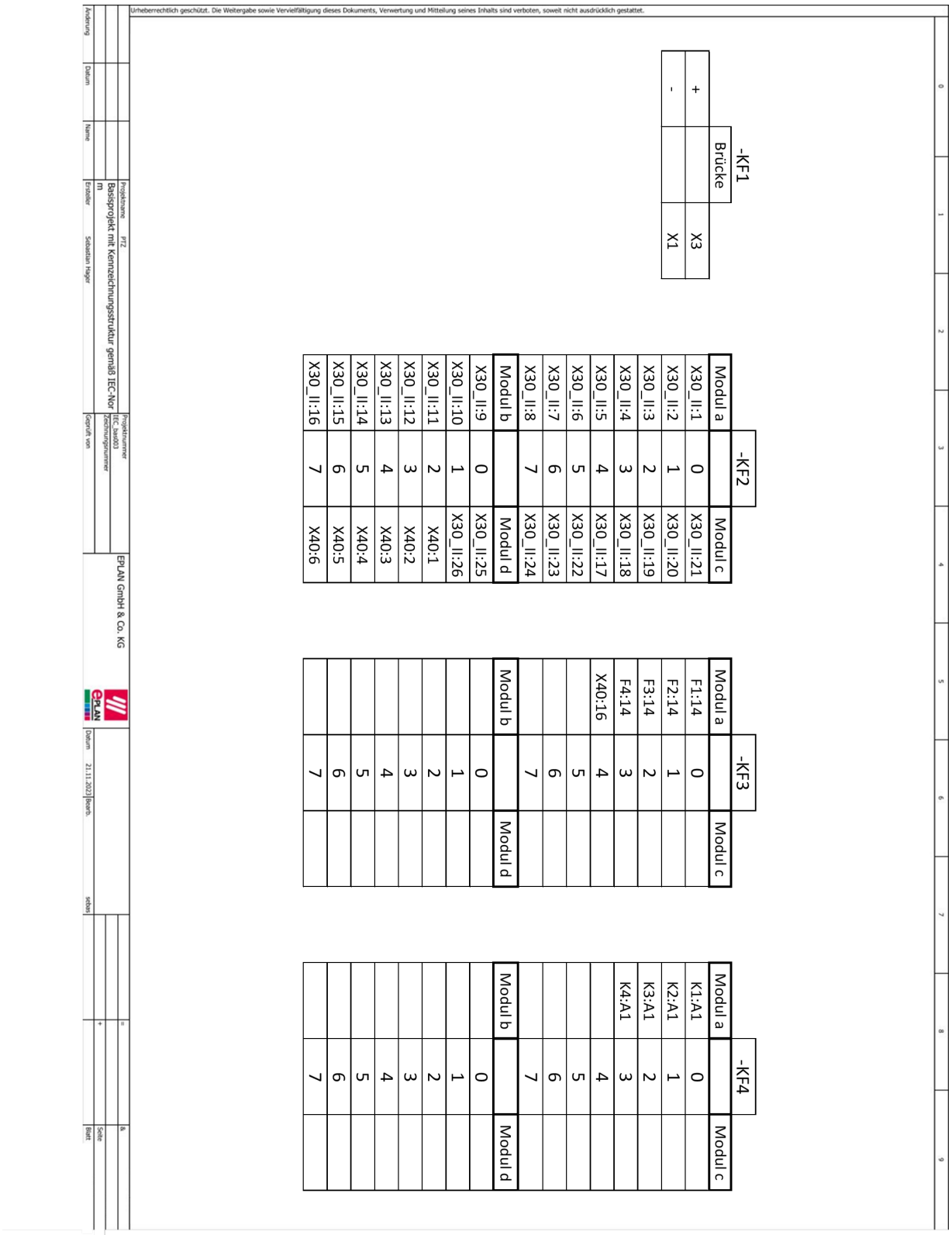


Abbildung A.9.: Klemmenplan -KF

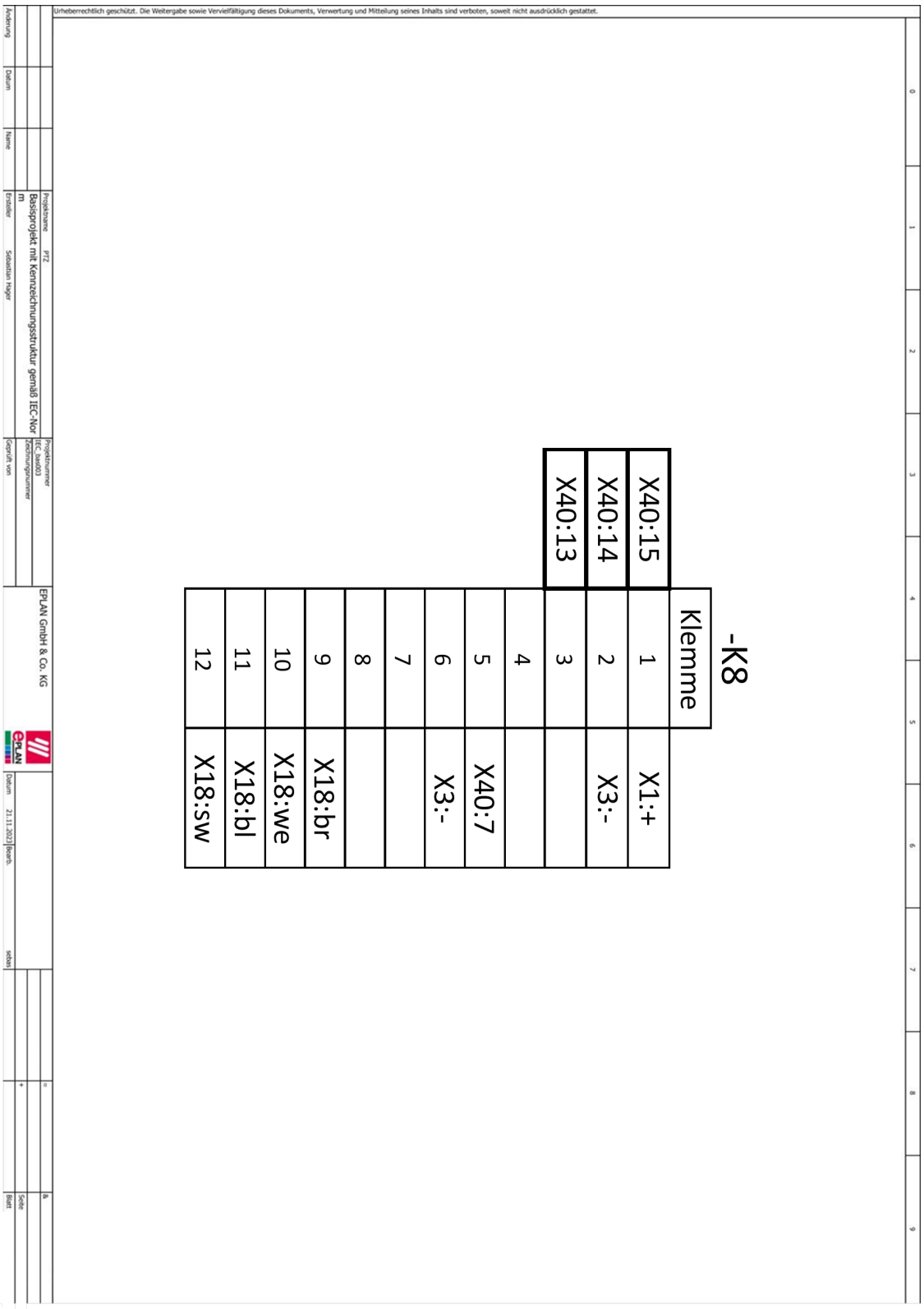


Abbildung A.10.: Klemmenplan -K8

A.4. Prüf- und Abnahmeprotokokll

Schaltschrank
Prüf- Abnahmeprotokoll



Auftrags Nr. **Kennwort:**

Kunde: **Bestell Nr.:**

Prüfer: **Datum:**

Pos.	Beschreibung	Kommentar	i.O.	n.i.O.
01	Lieferumfang vorhanden			
02	Sondervorschriften			
03	Transportteilung			
04	Schutzart:			
05	Lackierung: Gehäuse außen RAL: Gehäuse innen RAL: Montageplatte :			
06	Lackschäden			
07	Gesamtabmessung B x H x T (mm)			
08	Türverschluss Typ:			
09	Funktion der Schlösser und Vorreiber			
10	Schaltplantasche aus Metall			
11	Transportösen			
12	Kabelabfangschienen			
13	Kabeleinführung: von oben Skintop Verschraubung			
14	Kabeleinführung: Von unten Dichtgummi			
15	Kabelabfangschienen			
16	Abdeckung nach VBG 4			
17	Feldschottung			
18	Typenschild innen			
19	Feld und Schrankbeschriftung			
20	Geräte-Beschriftung Auf/und neben den Geräten Mit Aufkleber Mit Murr-Schilder			
21	Gravierte Schilder Schalter und Meldeleuchten Messgeräte Mit Siemens Schilder Mit Resopal Schilder			

Abbildung A.11.: Schaltschrank Prüf- und Abnahmeprotokoll [13]

Schaltschrank
Prüf- Abnahmeprotokoll



Pos.	Beschreibung	Kommentar	i.o.	n.i.o.
22	Klemmleisten nach Spannung Getrennt			
23	Klemmleisten Beschriftet			
24	Klemmen Beschriftet			
25	Fabrikat Typ der Klemmen			
26	Tragschiene TS 32			
27	Tragschiene TS 35			
28	Sauberkeit der Anlage Späne, Staub usw.			
29	Eingebaute Geräte gemäß Bezugsquellenfreigabe Vom Kunden			
30	Geräte Entsprechend Stückliste			
31	Erdung Schrank mit Kontaktscheibe und Symbol			
32	Erdung Montageplatte mit Kontaktscheibe u. Symbol			
33	Erdung Türe mit Kontaktscheibe u. Symbol			
34	Erdung der Wandler sekundär			
35	PE-Schiene			
36	N-Schiene			
37	Lösbare Verbindung zwischen N- und PE-Schiene			
38	Kennzeichnung der PE-Schiene mit Erdungszeichen oder grün-gelben Farbband			
39	Erdung Steuerstromkreise			
40	Hinweisschild im Schrank: Wird der Hilfsstromkreis ungeerdet betrieben, ist eine Isolationsüberwachung Erforderlich			
41	VDE 0100/EN60204-1 (VDE0113) Berücksichtigt			
42	Adernummerierung Ja/Nein			
43	Adernummerierungssystem nach: Anschlussnummern der Geräte Potentialnummern Nach Kundenvorschrift			
44	Hauptschalter EN60204-1/5.3.3			
45	Hauptschalter in Ausstellung Abschließbar			
46	Hauptschalter Gleichzeitig NOT-AUS Griff rot-gelb			
47	Klemmen am Hauptschalter Abgedeckt			
48	Stellungsanzeige am Hauptschalter			
49	Einspeisungsklemmen Abgedeckt			
50	Abdeckung und Kennzeichnung für unter Spannung Stehender Teile bei ausgeschaltetem Hauptschalter			
51	Licht und Steckdosenstromkreise Gekennzeichnet und Abgedeckt Mit gelben oder orangenen Kabel			

Schaltschrank
Prüf- Abnahmeprotokoll



Pos.	Beschreibung	Kommentar	i.O.	n.i.O.
52	Ungesicherte Leitungen Kurzschlußfest Typ NSGAFÖU			
53	Schirmklemmen Isoliert geerdet und mit S Gekennzeichnet			
54	Schirmende auf Schirmklemme Aufgelegt			
55	Mindestquerschnitt für Wandler 4mm²			
56	Reserve in den Kabelkanäle min.20%			
57	Platzreserve auf der Montageplatte min. 20%			
58	Warnschilder innen und außen			
59	Hupe oder Summer eingebaut			
61	Hupe oder Summer mitgeliefert			
62	Eingebaute Sicherungen und Automaten Nach Stromlaufplan			
63	Schrauben am Hauptschalter und Schienensystem Kontrolliert			
64	Schrauben an Geräten Klemmen Brücken etc. Kontrolliert			
65	Querschnitte entsprechend der Vorsicherung Nach VDE			
66	Querschnitt Hauptstrom min. 1,5mm²			
67	Querschnitt Steuerstromkreis:			
68	Querschnitt SPS Verdrahtung:			
69	Querschnitt der Kupferschienen entspricht Dem Hauptschalter			
70	Verdrahtungsfarben nach EN60204-1(VDE 0113)			
	Hauptstromkreise schwarz			
	N-Leiter hell-blau			
	Schutzleiter PE grün-gelb			
	Steuerstromkreise AC rot			
	Steuerstromkreise DC dunkel-blau			
	Messleitungen			
	Fremdspannung orange			
	Potentialfrei ZLT			

Schaltschrank
Prüf- Abnahmeprotokoll



Pos.	Beschreibung	Kommentar	i.O.	n.i.O.
100	Direkte Leistung und Motorabgänge Drehfeld rechts und Einspeisegleich			
101	Stern-/Dreieck Kombination Drehfeld rechts Anlauf und Umschaltung von Stern in Dreieck			
102	Auslöser auf Nennstrom eingestellt			
103	Sicherungsklemmen mit Sicherungen versehen			
104	Verdrahtung nach Stromlaufplan überprüft			
105	Ein-Ausgänge bei SPS-Steuerung überprüft			
106	Analog-Ein-Ausgänge bei SPS-Steuerung überprüft			
107	Funktion der LED und Meldeleuchten			
108	Gerätefunktion mit Simulator			
109	Übereinstimmung der Messgeräte Mit Schreiber			
110	SPS-Steuerung Fabrikat : Type :			
111	Pufferbatterie Eingebaut			
112	SPS-Aufbau nach Zeichnung			
113	Lüfterzeile Erforderlich			
114	Ein/Ausgangskarten codiert			
115	Ein/Ausgangskarten Beschriftet			
116	CPU-Type			
117	Speichermodul Type			
118	Messbereichsmodule Type			
119	Kommunikationsprozessor CP Type			
120	Handbücher im Schrank			
121	Software nach Funktionsbeschreibung geprüft			
122	Bediengerät OP Type			

Schaltschrank
Prüf- Abnahmeprotokoll



Pos.	Beschreibung	Kommentar	i.O.	n.i.O.
200	Isolationsprüfung	Prüfspannung 500VDC Größer 1 Megohm		
201	Hochspannungsprüfung	Prüfspannung		
202	Durchgehende Verbindung Des Schutzleitersystem EN60204-1/19.2			
203	VBG4 Bestätigung Vorhanden			
204	Schaltschrank fotografiert			
205	Beigestellte Schlüssel			
206	Stromlaufpläne im Schrank			
207	Konfirmitätsbescheinigung vorhanden			
	Anlage geprüft:_____ Datum: _____ Unterschrift: _____ Anlage wie gesehen Abgenommen: Datum: _____ Unterschrift Kunde: _____			