



Diplomarbeit

Teststeuerung Palettierung

Ein Praxisprojekt zum Testen von Palettiersystemen

Diplomand: Remo Nützi

Schule: TEKO Olten

Klasse: O-TEL-21-T-a

Ausbildung: Dipl. Elektrotechniker HF

Jahr: 2024

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis	1
2	Aufgabenstellung.....	5
3	Management Summary.....	7
3.1	Ausgangslage	7
3.2	Vorgehen.....	7
3.3	Ergebnisse	7
3.4	Ausblick	8
4	Kurzer beruflicher Lebenslauf	9
5	Qualifikationsprofil.....	10
6	Projektinitialisierung	12
6.1	Pflichtenheft.....	12
6.2	Zielscheibe	17
6.3	Projektauftrag	18
7	Projektplanung	23
7.1	Vorgehensmodell	23
7.2	Projektstrukturplanung.....	24
7.3	Projektablaufplanung.....	25
7.3.1	Meilensteine.....	28
7.4	Kommunikationsplanung	29
7.5	Risikoanalyse Durchführung	30
7.5.1	Legenden für die Risikoeinstufung	30
7.5.2	Risikomatrix	31
7.5.3	Risikoanalysetabelle	32
7.5.4	Fazit.....	33
8	Projektrealisierung	34
8.1	Analyse.....	34
8.1.1	Informationen zur aktuellen Situation und Expertise	34
8.1.2	Hardwareplanung und -erfahrung.....	34
8.1.3	Lagerbestand und Risikominimierung.....	34
8.1.4	Persönliche Erfahrung und Unterstützung	34
8.2	Kreativitätsmethode Mindmap.....	35
8.2.1	Begründung Mindmap.....	36
8.3	Priorisierungsmethode MoSCoW-Modell.....	36
8.3.1	Must have (Muss-Kriterien):.....	36

8.3.2	Should have (Soll-Kriterien):.....	36
8.3.3	Could have (Kann-Kriterien):	37
8.3.4	Won't have (Nicht enthalten):.....	37
8.4	Variantenbildung	38
8.4.1	Variante 1 1512er CPU mit Taster als Bedienelemente	38
8.4.2	Variante 2 1515er CPU mit HMI als Bedienelement	42
8.4.3	Variante 3 1515er CPU mit Taster als Bedienelemente	44
8.5	Evaluation der geeignetsten Variante	45
8.5.1	Präferenzmatrix	45
8.5.2	Preisvergleich.....	47
8.5.3	Nutzwertanalyse.....	49
8.5.4	Sensitivitätsanalyse	50
8.5.5	Resultat der Variantenevaluation.....	50
8.6	Ausarbeitung der Variante «1515er CPU mit HMI als Bedienelement».....	51
8.6.1	CPU und Umrichter.....	51
8.6.2	HMI (Human Machine Interface).....	52
8.6.3	Geschwindigkeitssteuerung.....	52
8.6.4	Ein- und Ausgänge	52
8.6.5	24VDC-Versorgung	53
8.6.6	Hydraulikaggregat.....	54
8.6.7	Vorsicherungen.....	54
8.6.8	Hauptschalter	54
8.6.9	Absicherung des 24VDC-Steuerstromkreises	54
8.7	Zusammenfassung Hardware	55
8.7.1	Zentrale Steuereinheit – Siemens CPU 1515.....	55
8.7.2	ET200-Interfacemodul und I/O-Module.....	55
8.7.3	SINAMICS S120 Umrichter PM240-2 mit CU310-2 PN	55
8.7.4	Bedienung über HMI.....	56
8.7.5	Geschwindigkeitssteuerung über Potentiometer	56
8.7.6	Energieversorgung und Schutzmechanismen	56
8.7.7	Absicherung des Steuerstromkreises	57
8.7.8	Hauptschalter	57
8.8	Fazit.....	57
8.9	Phasenplan zur Umsetzung der Variante «1515er CPU mit HMI als Bedienelement»	58
8.10	SWOT-Analyse.....	59
8.11	Risikoanalyse Sicherheit.....	62

8.11.1	Legenden für die Risikoeinstufung.....	62
8.11.2	Risikomatrix.....	63
8.11.3	Risikoanalysetabelle.....	64
8.11.4	Fazit.....	66
8.12	Kosten-Nutzen-Analyse.....	66
8.12.1	Stückliste.....	66
8.12.2	Abrechnung.....	69
8.12.3	Kosten-Nutzen-Analyse.....	72
8.13	Überprüfung Hardware und Bestellung.....	74
8.13.1	Stückliste und Bestellung.....	74
8.13.2	Alternativen.....	75
8.14	Vorbereitung Layout und Verdrahtung.....	76
8.14.1	Erstellung grobes Layout.....	76
8.14.2	Schema erstellen.....	78
8.14.3	Lieferüberwachung.....	80
8.15	Aufbau und Verdrahtung.....	81
8.15.1	Aufbau.....	81
8.15.2	Verdrahtung.....	86
8.16	Elektrische Überprüfung und Tests.....	88
8.16.1	Isolationsmessung.....	88
8.16.2	Schutzleitemessung.....	88
8.16.3	Drehfeldmessung.....	89
8.16.4	Prüfung der elektrischen Verbindungen/Verdrahtung.....	90
8.16.5	Optimierungen/Verbesserungen.....	91
8.17	Abschluss der Realisierungsphase.....	92
9	Projektabschluss.....	93
9.1	Projektüberwachung.....	93
9.1.1	Initialisierungsphase.....	93
9.1.2	Planungsphase.....	93
9.1.3	Realisierungsphase.....	93
9.1.4	Abschlussphase.....	94
9.1.5	Sonstige Termine.....	94
9.1.6	Fazit.....	94
9.2	Evaluation der Zielerreichung.....	95
9.3	Reflexion Weg zum Ziel.....	98
9.4	Lessons learnt.....	98

9.4.1	Was ist gut gelaufen?	98
9.4.2	Was lief schlecht?	99
9.4.3	Was kann noch besser werden?	99
9.5	Ausblicke	100
10	Eigenständigkeitserklärung	101
11	Verzeichnisse	102
11.1	Abkürzungsverzeichnis	102
11.2	Abbildungsverzeichnis	102
11.3	Tabellenverzeichnis	103
11.4	Quellenverzeichnis	104
12	Anhang	105
12.1	Projektstatusberichte	106
12.1.1	Statusbericht 1	106
12.1.2	Statusbericht 2	107
12.1.3	Statusbericht 3	108
12.1.4	Statusbericht 4	109
12.1.5	Statusbericht 5	110
12.1.6	Statusbericht 6	111
12.1.7	Statusbericht 7	112
12.1.8	Statusbericht 8	113
12.2	Meetingprotokolle	114
12.2.1	Vorabklärung Diplomarbeit	115
12.2.2	Definition der Funktionen	117
12.2.3	Besprechung Kosten-Nutzen-Analyse	119
12.2.4	Auslegung und Bestellung der Hardware	120
12.2.5	Fragen zu Schema klären	122
12.3	Layout grobe Skizze	124
12.4	Layout	125
12.5	Layout angepasst	126
12.6	Schema handgezeichnet	127
12.7	Schema EPLAN	137
12.8	Checkliste und Messprotokolle	158
12.8.1	Checkliste mit abgestrichenem Schema	158
12.8.2	Messprotokoll Isolationsmessung	171
12.8.3	Messprotokoll Schutzleitermessung	173
12.9	Datenblätter	175

2 Aufgabenstellung

Diplomarbeit

für Herrn	<i>Nützi Remo</i>
Abteilung	<i>Technik</i>
Fachgebiet	<i>Elektrotechnik HF</i>
Thema	<i>Teststeuerung Palettierung</i>
Diplomlehrer	Bouchard Thomas
Prüfungsexperte	Räber Josef
Ausgabedatum	09. September 2024
Abgabedatum	04. November 2024

Aufgabenstellung

Mit der Diplomarbeit werden Sie das während dem gesamten Studium aufgebaute Grundlagenwissen an einer praxisorientierten Aufgabe in Ihrer Studienrichtung anwenden und vertiefen. Dabei geht es für Sie im Wesentlichen um die konsequente Zielorientierung, die Anwendung der Phasen des Projektmanagements sowie die konsequente Umsetzung von definierten Rahmenbedingungen.

Im Rahmen der Vorbereitungsarbeiten wurden Sie eingehend über diese Rahmenbedingungen sowie die Durchführung der Diplomarbeit informiert. Bei der Realisierung der Diplomarbeit müssen Sie nun den folgenden Punkten besondere Beachtung schenken:

- Die einzelnen Schritte, welche als Summe zum Ergebnis geführt haben, müssen beschrieben sein.
- Wurden im Rahmen der Lösungsfindung verschiedene Varianten entworfen und geprüft, muss die Evaluation der gewählten Variante mittels einer dazu geeigneten Methode dokumentiert und begründet sein.
- Bei der Dokumentation der Diplomarbeit ist auf einen logischen Aufbau, eine saubere Gliederung sowie auf gute Verständlichkeit zu achten. Details sind in den Richtlinien zur Diplomarbeit beschrieben.
- Der Value-add (Mehrwert) des Ergebnisses für den Auftraggeber muss aus der Dokumentation klar erkennbar und nachvollziehbar sein.
- Für die optimale Begleitung muss dem Diplomlehrer ein wöchentlicher Statusbericht (gemässe Vorlage Extranet TEKO) zugestellt werden. Dies ermöglicht dem Diplomlehrer den Verlauf unmittelbar mitverfolgen und bei Bedarf gezielt reagieren zu können.
- Der Fachexperte muss die Diplomarbeit gemäss den Kriterien auf dem durch den Diplomlehrer abgegebenen Bewertungsformular beurteilen. Der Fachexperte sendet das Formular bis spätestens eine Woche nach Abgabe der Diplomarbeit an den Diplomlehrer.
- Die Präsentation der Diplomarbeit muss so ausgestaltet sein, dass eine aussenstehende, fachunabhängige Person innerhalb von 15 Minuten die folgenden Punkte erkennen und bewerten kann:
 - Auftrag sowie Sinn und Zweck
 - Endergebnisse und Erfolgskriterien
 - besondere Herausforderungen auf dem Weg zum Ziel inkl. gewählte Lösungsansätze mit Begründung, jedoch ohne sich in Details zu verlieren
 - Demo des Produktes, Prototyps etc.
 - Reflexion: Zielerreichung, Weg zum Ziel, lessons learnt
- Im Anschluss an die Präsentation des Ergebnisses muss innerhalb von 5 Minuten die Onlinepublikation der Diplomarbeit vorgestellt werden. Die Onlinepublikation wird bewertet und muss so ausgestaltet sein, dass Aussenstehende in einer attraktiven, kreativen und leicht verständlichen Form sich über die erarbeitete Diplomarbeit informieren können.

Die Begleitung und die Bewertung der Diplomarbeit durch den Diplomlehrer richten sich konsequent nach dem vom Auftraggeber genehmigten und unterzeichneten Pflichtenheft, den im Dokument "Auftrag zur Konkretisierung des Themas für die Diplomarbeit" definierten Rahmenbedingungen sowie dem im Extranet verfügbaren Beurteilungsraster.

3 Management Summary

3.1 Ausgangslage

Unsere Maschinen stehen zunehmend unter strengeren Anforderungen und Standards. Um als Schweizer Maschinenhersteller wettbewerbsfähig zu bleiben, ist es entscheidend, unsere Prozesse kontinuierlich zu optimieren und die Effizienz zu steigern.

In unserer Palettierung treten immer wieder Probleme auf, wie Schleifkollisionen oder Montagefehler in der komplexen Mechanik. Um diese Fehler nicht erst während der Endmontage zu erkennen, werde ich eine Teststeuerung planen und umsetzen. Mit dieser Teststeuerung lassen sich potenzielle Fehler frühzeitig identifizieren und beheben.

Wird ein Fehler erst nach dem Einbau der Palettierung festgestellt, muss sie je nach Beschädigung erneut ausgebaut werden, was erheblichen Zeit- und Ressourcenaufwand verursacht. Die frühzeitige Erkennung von Fehlern spart uns somit wertvolle Zeit und reduziert die Kosten.

3.2 Vorgehen

Im Verlauf des Projekts wurde die Hardware entsprechend den Anforderungen der beiden Motortypen sowie dem Pflichtenheft konzipiert. Ein zentraler Aspekt stellte die Risikoanalyse dar, um bereits in der Planungsphase sicherzustellen, dass alle sicherheitsrelevanten Faktoren für einen zuverlässigen Betrieb der Steuerung berücksichtigt wurden. Das elektrische Schema wurde gemäss den geltenden Normen erstellt und einer gründlichen Überprüfung in Zusammenarbeit mit der Elektroplanung unterzogen, um potenzielle Fehler auszuschliessen. Nach der Realisierung der Steuerung, einschliesslich der Hardwareplanung und Verdrahtung, wurde die gesamte Steuerung umfassend getestet, um die Funktionsfähigkeit und Zuverlässigkeit im Betrieb zu gewährleisten.

3.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Tests zeigten, dass die ausgewählten Komponenten in ihren Eigenschaften optimal auf die Anforderungen der Steuerung abgestimmt sind. Die Steuerung erwies sich als leistungsfähig und ist für zukünftige Erweiterungen ausgelegt, ohne dass die Performance-Grenzen erreicht wurden. Während der Realisierung konnten bereits einige Fehler behoben werden, was zur Stabilität der Gesamtlösung beitrug. Zudem wurden während der Tests weitere Optimierungen vorgenommen, um ein möglichst gutes Ergebnis zu erzielen. Die abschliessenden Überprüfungen ergaben, dass keine Verdrahtungsfehler vorliegen und alle Bauteile einwandfrei funktionieren. Dies bestätigt die Zuverlässigkeit und Effizienz der implementierten Steuerung.

3.4 Ausblick

Es ist zu erwarten, dass die tatsächliche Leistungsfähigkeit der Steuerung erst mit der Entwicklung des entsprechenden Softwareprogramms vollständig zur Geltung kommt. Für die Zukunft sind Erweiterungen geplant, und es existieren bereits Ideen, um die Funktionalität der Steuerung weiter auszubauen. Eine zentrale Erweiterung betrifft die Ansteuerung eines Hydraulikaggregats über die Teststeuerung, um das Hub-Modul für die Palettierung an unseren kleineren Maschinen zu betreiben. Darüber hinaus besteht die Absicht, die gesamte Palettierung an diesen Maschinen zu testen, jedoch wäre hierfür eine externe Luftversorgung mit einer Pneumatikinsel erforderlich. Die Teststeuerung wurde ursprünglich für die Palettierung an den grossen Maschinen konzipiert. In den kommenden Entwicklungsphasen sollte die Machbarkeit dieser Erweiterungen genauer untersucht werden.

4 Kurzer beruflicher Lebenslauf

Persönliche Daten

Adresse: Schlossgasse 42, 4628 Wolfwil
Telefon: 078 786 17 48
E-Mail: remo.nuetzi@hotmail.ch
Geburtsdatum: 23.09.1997



Berufserfahrung

09/2018 – heute **Reiden Technik AG, Reiden**

Stellvertretender Leiter der Automation (seit 01/2023)

- Verantwortlich für die Inbetriebnahme von Maschinen
- Leitung von Projekten im Bereich der Automatisierung
- Führung und Koordination des Automatisierungsteams
- Fehlerbehebung und technische Optimierung von Maschinen
- First-Level-Support direkt mit Kunden

Automatiker (09/2018 – 12/2022)

- Verdrahtung von Maschinen und Schaltschränken
- Inbetriebnahme und Überprüfung der Maschinen
- Technische Fehleranalyse und Störungsbehebung
- Durchführung von Kundeneinsätzen im In- und Ausland

11/2017 – 12/2017 **W. Althaus AG, Temporäre Anstellung als Automatiker**

- Verdrahtung von Steuerungen und Maschinen
- Mitarbeit bei der Fertigung und Prüfung von Anlagen

Wehrpflicht

01/2018 – 07/2018 **Zivildienst beim AZB, Strengelbach**

- Erfüllung des Zivildienstes als Alternative zur Restpflicht der Wehrpflicht

07/2017 – 11/2017 **Rekrutenschule, Kaserne Lyss**

- Gerätemechaniker
- Mechanische Wartung und Reparatur von Geräten

Ausbildung

08/2013 – 07/2017 **W. Althaus AG, Ausbildung zum Automatiker EFZ**

- Schwerpunkt: Steuerungsbau (Aufbau, Verdrahten, Prüfen)
- Kenntnisse in Elektrotechnik, Steuerungs- und Regelungstechnik

5 Qualifikationsprofil

ENTSCHEIDUNGEN FÄLLEN

Prozess 2

Ich treffe fundierte Entscheidungen hinsichtlich der Beschaffung alternativer Bauteile, insbesondere bei Lieferengpässen. Dabei analysiere ich die Verfügbarkeit, Qualität und Kosten der Alternativen und entscheide auf Grundlage technischer und wirtschaftlicher Faktoren, um die Funktionalität der Anlagen sicherzustellen.

PROJEKTE PLANEN UND LEITEN

Prozess 3

In meinen Projekten führe ich die vollständige Elektroplanung von Anlagen durch, wie beispielsweise zum Testen von unserer Werkzeugwechseltür. Dies umfasst die Dimensionierung der Verkabelung und die Erstellung von Elektroschemata, die den Verlauf und die Verknüpfung der elektrischen Komponenten präzise darstellen. Ich plane und koordiniere die Arbeiten mit anderen Abteilungen und überwache den Projektfortschritt.

SICH SPRACHLICH VERSTÄNDIGEN

Prozess 4

Ich leite den First Level Support am Telefon und strebe an, dem Kunden eine schnelle und effiziente Lösung zu bieten. Während des Gesprächs analysiere ich die geschilderten Probleme und versuche, die Ursache der Störung an der Anlage zu identifizieren. Sollte der Kunde das Problem nicht selbst beheben können, beispielsweise aufgrund eines defekten Bauteils, kläre ich die Optionen: Entweder sende ich die notwendigen Ersatzteile zur Selbstmontage durch den Kunden oder organisiere einen Servicetechniker, der vor Ort das Problem behebt. Falls das Problem im Telefongespräch nicht gelöst werden kann, plane ich gemeinsam mit dem Kunden einen Serviceeinsatz, um die Störung direkt vor Ort zu analysieren und zu beheben.

WIRKUNGSVOLL PRÄSENTIEREN UND KOMMUNIZIEREN

Prozess 5

Ich führe interne technische Schulungen zum Thema Elektrosicherheit, Schemakenntnisse und Inbetriebnahmen durch und präsentiere komplexe Inhalte stufengerecht mit passenden Hilfsmitteln. Durch meine Präsentationen stelle ich sicher, dass technische Informationen verständlich vermittelt und von den Teilnehmenden praxisnah angewendet werden können.

UMFELD BERÜCKSICHTIGEN

Prozess 8

Die Arbeit in einem kleinen Team erfordert vorausschauende Planung. Wenn ich Unterstützung benötige, stimme ich mich frühzeitig mit meinen Kollegen ab, um die effiziente Ausführung gemeinsamer Aufgaben, wie das Verkabeln einer neuen Maschine, sicherzustellen. So vermeide ich Verzögerungen und optimiere die Zusammenarbeit.

PROBLEME ANALYSIEREN UND LÖSEN

Prozess 8

Ich erkenne stockende Arbeitsabläufe im Unternehmen, analysiere die Ursachen und entwickle Lösungsvorschläge. Diese bespreche ich mit meinen Vorgesetzten und setze sie gezielt um, um die Effizienz und Produktivität der Abläufe zu verbessern. Ein Beispiel dafür ist das Anpassen und Konkretisieren von Anleitungen zur Verkabelung unserer Maschinen.

ICH PERSÖNLICH WEITERENTWICKELN

Prozess 10

Durch den ständigen Austausch mit Herstellern und Fachverbänden sowie die Teilnahme an Schulungen halte ich mein Wissen über neue Technologien, Normen und Vorschriften aktuell. Diese Weiterentwicklung ermöglicht es mir, die neuesten Erkenntnisse direkt in meiner Arbeit anzuwenden.

IN BETRIEB SETZEN

Prozess 14

Ich setze regelmässig 5-Achsen CNC-Fräsmaschinen in Betrieb. Dies umfasst das Anschliessen, Testen der grundlegenden Funktionen und die Sicherstellung, dass die Maschinen betriebsbereit sind. Nach erfolgreicher Inbetriebnahme übergebe ich die Maschine an den Mechaniker, der anschliessend die Geometrie und Feinjustierung vornimmt.

ELEKTROTECHNISCHE ANLAGEN UNTERHALTEN

Prozess 15

Im Kundendienst bin ich national und international im Einsatz, um Maschinen beim Kunden vor Ort zu warten, zu reparieren und Störungen zu beheben. Dabei gehe ich systematisch vor, um Fehler schnell zu identifizieren und fachgerecht zu beheben. Zusätzlich übernehme ich präventive Wartungsarbeiten und erstelle Erneuerungskonzepte für elektrische Anlagen, um deren Effizienz und Zuverlässigkeit zu steigern.

6 Projektinitialisierung

6.1 Pflichtenheft

Einleitung

Vorstellung der Firma

Die Reiden Technik AG, die aus der Maschinenfabrik Reiden hervorgegangen ist und zunächst Drehbänke herstellte, konzentriert sich heute auf die Entwicklung und Produktion hochmoderner 5-Achsen-Fräsmaschinen zur Metallbearbeitung.

Angesichts der wachsenden Anforderungen ist es unser Ziel, stets schnellere, zuverlässigere, kompaktere und autonomere Maschinen zu entwickeln.

Als Schweizer Hersteller stehen wir vor der Herausforderung, mit den Preisen aus dem Ausland Schritt zu halten. Daher streben wir an, unsere Prozesse zu optimieren und Fehlerquellen auf ein Minimum zu reduzieren.

Neben der Produktion übernimmt die Reiden Technik AG auch den Vertrieb und die Instandhaltung der Maschinen beim Kunden. Zudem betreiben wir eine Lohnfertigungsabteilung, die vorwiegend mit unseren eigenen Maschinen arbeitet und auch in die Erprobung von Neuentwicklungen eingebunden ist.

Wie es zur Idee kam

Wie erwähnt, müssen die Maschinen der Reiden Technik AG kontinuierlich steigenden Anforderungen gerecht werden, während gleichzeitig die Kosten niedrig gehalten werden sollen.

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, legt das Unternehmen grossen Wert auf die kontinuierliche Verbesserung seiner Prozesse.

In diesem Kontext wurden in der Vergangenheit verschiedene Prüfstände und Teststeuerungen entwickelt, die darauf abzielen, Fehler und Probleme bereits vor der Montage der Maschinen zu erkennen.

Mein Projekt wurde ins Leben gerufen, um einen weiteren Beitrag zu dieser Optimierung zu leisten.

Unsere Maschinenmodelle RX14 und RX18 sind mit sogenannten Palettier-Systemen ausgestattet, die den automatischen Palettenwechsel der Maschine ermöglichen.

Aufgrund der kompakten Bauweise dieser Palettierungen kommt es jedoch bei der Inbetriebnahme häufig zu Schleifkollisionen von Blechen oder Montagefehlern.

Da der Zugang zur Palettierung nach der Montage stark eingeschränkt ist, stellte sich heraus, dass eine Teststeuerung von erheblichem Vorteil wäre.

Mit einer solchen Steuerung könnte die Palettierung im Vorfeld überprüft werden, wodurch die zeitaufwendige und mühsame Arbeit, das Modul nach der Montage wieder auszubauen und zu überarbeiten, vermieden werden kann.

Inhalt

Richtziel

Hardwareplanung einer Teststeuerung und als Projektleiter den Kontaktpunkt zwischen den Abteilungen bilden.

Ziele (Endergebnisse / Erfolgskriterien)

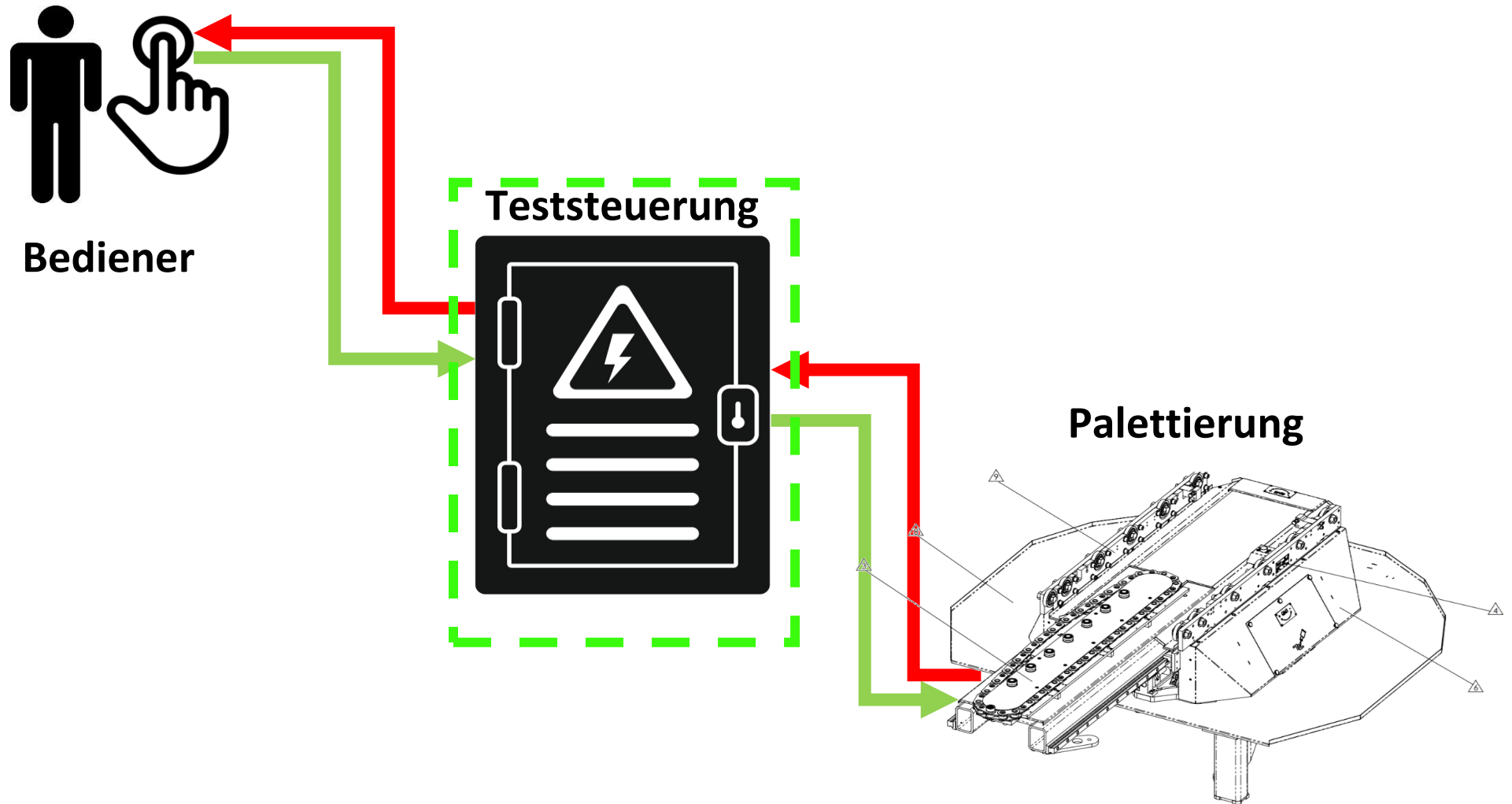
Endergebnisse

1. Komplette Hardwareplanung der Teststeuerung
 - a. Ansteuerung von Siemens Motor 1FK7063-2AF74-1EH0 möglich
 - b. Ansteuerung von Siemens Motor 1FK7060-2AF74-1EH0 möglich
 - c. Geschwindigkeit kann Manuel geregelt werden
 - d. Hardware ist erweiterbar
 - i. Platz für 6 weitere Ein- oder Ausgangsmodule (9cm = 5TE)
 - ii. Hardware für Ansteuerung eines Hydraulikaggregats (9 cm = 5TE)
2. Genug Platz für Erweiterung mit I/O-Link-Hub mit mindestens 8 Anschlüssen frei lassen.
3. Elektroschema ist gezeichnet.
4. Verdrahtung alle Komponenten im Schaltschrank wird vorgenommen.
 - a. Nur so weit wie Komponenten vorhanden (Lieferfristen).
5. Die Abteilungen Montage, Elektroplanung, Automation und Konstruktion werden über den Status des Projekts informiert und werden in Entscheidungen miteinbezogen.
6. Die Steuerung wird auf richtige Verdrahtung und Funktion geprüft.
7. Es gibt zwei Vorzeigetermine beim Diplomelehrer
8. Es wird eine Dokumentation gemäss der Regeln und Vorgaben der TEKO erstellt und bis spätestens 04. November 2024 um 18:00 Uhr per Mail ans Sekretariat der TEKO Olten, sowie den Diplomelehrer verschickt.

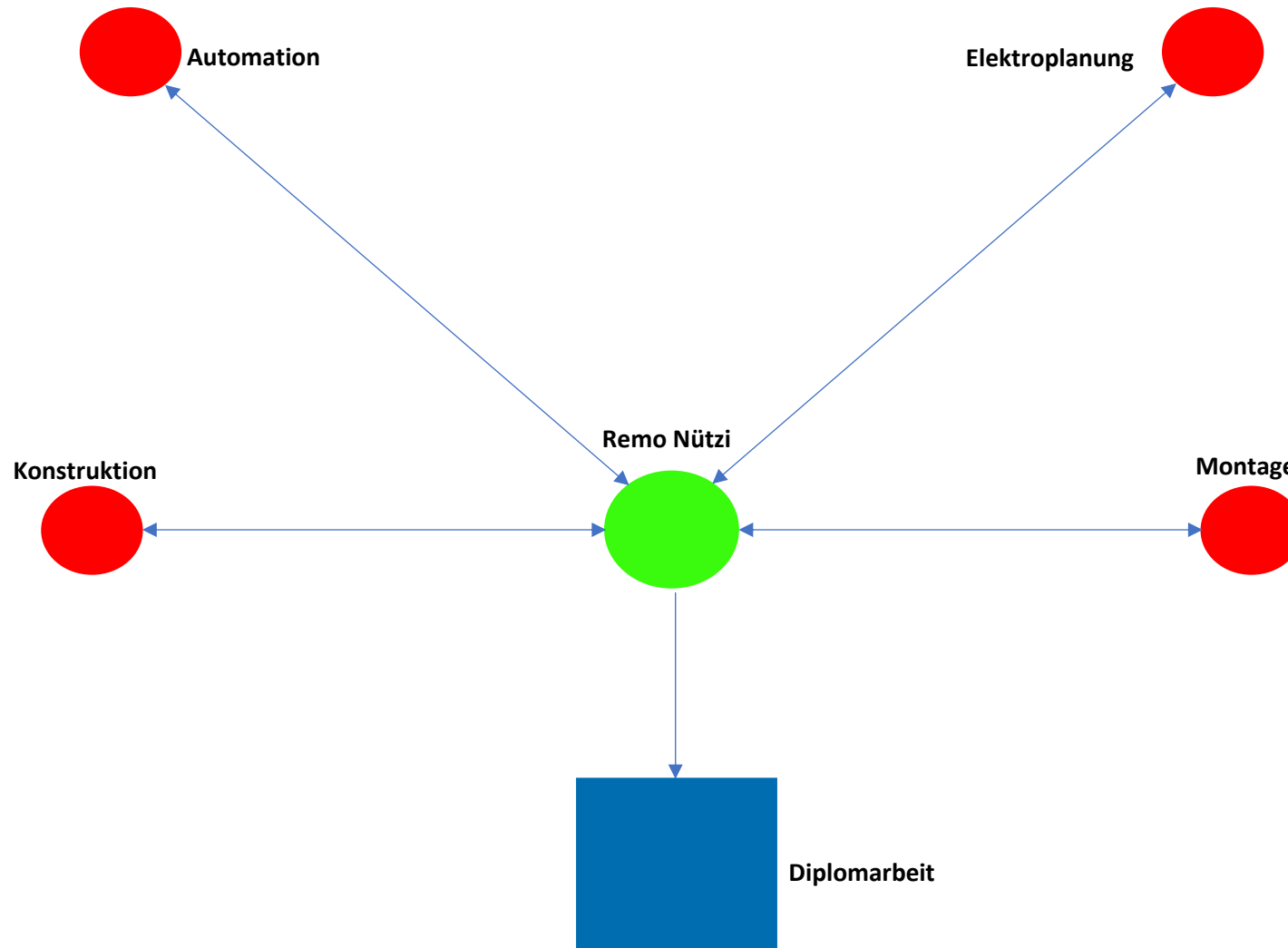
Erfolgskriterien

1. Die Hardwareplanung wurde vorgenommen.
 - a. Richtige Sicherungen und Querschnitte verbaut
 - b. Komponenten entsprechen den Anforderungen der Motoren (Leistung)
 - c. Komponenten eignen sich zur Steuerung der beiden erwähnten Motoren
 - d. Geschwindigkeit kann Manuel geregelt werden
 - e. Es gibt Möglichkeiten die Hardware zu erweitern
 - i. Genügend Platz für 6 weitere Ein- oder Ausgangsmodule vorhanden (9cm = 5TE)
 - ii. Genügend Platz für Hardware zur Ansteuerung eines Hydraulikaggregats vorhanden (9 cm = 5TE)
2. Platz für I/O-Link Hub mit 8 Anschlüssen vorhanden
3. Das Elektroschema ist gezeichnet und liegt als PDF vor.
4. Die Verdrahtung ist vollständig und ist geprüft
 - a. Für Bauteile, die noch nicht vorhanden sind, ist die Verdrahtung vorbereitet.
5. Die Statusberichte und der Austausch zwischen den Abteilungen werden in einem Ticketsystem gesammelt und so protokolliert
6. Steuerung und ihre Funktionen wurden mit Hilfe einer Checkliste geprüft.
7. Die Vorzeigetermine wurden pünktlich wahrgenommen
8. Die Dokumentation wurde nach den Regeln und Vorgaben der TEKO erstellt und Pünktlich bis Montag, 04. November 2024, 18:00 Uhr abgegeben.
 - a. 1 Exemplar per E-Mail als pdf-Dokument (1 Datei) an TEKO-Sekretariat
 - b. 1 Exemplar per E-Mail als pdf-Dokument (1 Datei) an Diplomelehrer

Grobe Skizze der fertigen Anlage



Skizze meiner Funktion bei der Diplomarbeit



Produkte und Dienstleistungen

Wir beziehen sämtliche Hardwareprodukte von externen Anbietern.

Es ist möglich, dass einige dieser Produkte durch uns weiterbearbeitet und an unsere spezifischen Anforderungen angepasst werden.

Derzeit ist nicht vorgesehen, Dienstleistungen von externen Anbietern in Anspruch zu nehmen.

Sollte sich jedoch die Notwendigkeit ergeben, solche Dienstleistungen zu beziehen, werde ich dies im Rahmen eines der beiden Vorzeigetermine mit meinem Diplomelehrer ausführlich besprechen oder ihn vorab darüber in Kenntnis setzen.

Dieses Pflichtenheft wird genehmigt durch
Reiden Technik AG
Stefan Kiefer

Ort/Datum:

Unterschrift:

Reiden, 06. September 2024



6.2 Zielscheibe

Tabelle 1: Zielscheibe

Richtziel: Hardwareplanung einer Teststeuerung und als Projektleiter den Kontaktpunkt zwischen den Abteilungen bilden.

<ol style="list-style-type: none"> 1. Komplette Hardwareplanung der Teststeuerung <ol style="list-style-type: none"> a. Ansteuerung von Siemens Motor 1FK7063-2AF74-1EH0 möglich b. Ansteuerung von Siemens Motor 1FK7060-2AF74-1EH0 möglich c. Geschwindigkeit kann Manuel geregelt werden d. Hardware ist erweiterbar <ol style="list-style-type: none"> i. Platz für 6 weiter Ein- oder Ausgangsmodule (9cm = 5TE) ii. Hardware für Ansteuerung eines Hydraulikaggregats (9 cm = 5TE) 2. Genug Platz für Erweiterung mit I/O-Link-Hub mit mindestens 8 Anschlüssen frei lassen. 3. Elektroschema ist gezeichnet. 4. Verdrahtung alle Komponenten im Schaltschrank wird vorgenommen. <ol style="list-style-type: none"> a. Nur so weit wie Komponenten vorhanden (Lieferfristen). 5. Die Abteilungen Montage, Elektroplanung, Automation und Konstruktion werden über den Status des Projekts informiert und werden in Entscheidungen miteinbezogen. 6. Die Steuerung wird auf richtige Verdrahtung und Funktion geprüft. 7. Es gibt zwei Vorzeigetermine beim Diplomelehrer 8. Es wird eine Dokumentation gemäss der Regeln und Vorgaben der TEKO erstellt und bis spätestens 04. November 2024 um 18:00 Uhr per Mail ans Sekretariat der TEKO Olten, sowie den Diplomelehrer verschickt. 	<p>Firma Reiden Technik AG Werkstrasse 2 6260 Reiden</p> <p>Verantwortlich: Stefan Kiefer - Leiter Automation - Verantwortlicher Berufsbildung</p> <p>Mail: s.kiefer@reiden.com Mobil: 079 380 88 13 Tel. Geschäft: 062 749 20 39</p>
<p>Endergebnisse</p>	<p>Kunde</p>
<p>Sinn und Zweck</p>	<p>Erfolgskriterien</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Effizienzsteigerung bei Montage und Inbetriebnahme: Die Teststeuerung ermöglicht es, die Verschiebemodule bereits vor der Installation an der Maschine auf mögliche Schleifkollisionen und mechanische Probleme zu prüfen. Dies spart Zeit und Ressourcen, da potenzielle Fehler frühzeitig erkannt und behoben werden können. - Vermeidung von Blockaden und mechanischen Schäden: Durch die präzise Einstellung und Prüfung der Module können mechanische Blockaden und Schäden, die durch enge Spaltmasse und falsche Montage entstehen, vermieden werden. - Erweiterbarkeit für zukünftige Anforderungen: Die Teststeuerung soll so konzipiert sein, dass sie in Zukunft um ein Hydraulikaggregat und mehrere I/O-Link fähige Sensoren erweitert werden kann. Dies stellt sicher, dass die Steuerung flexibel an neue Anforderungen angepasst werden kann. - Manuelle Bedienung und Testläufe: Die Möglichkeit zur manuellen Bedienung der Motoren und zur Durchführung von Testläufen mit Geschwindigkeitsregelung bietet eine praxisnahe Überprüfung der Module und erleichtert die Diagnose und Behebung von Problemen. - Persönliche und berufliche Entwicklung: Das Projekt dient auch meiner persönlichen Weiterentwicklung im Bereich der Elektroplanung und des Projektmanagements. Es bietet mir die Gelegenheit, mein theoretisches Wissen in der Praxis anzuwenden, neue Fähigkeiten zu erwerben und wertvolle Erfahrungen in der Zusammenarbeit mit verschiedenen Abteilungen zu sammeln 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Die Hardwareplanung wurde vorgenommen. <ol style="list-style-type: none"> a. Richtige Sicherungen und Querschnitte verbaut b. Komponenten entsprechen den Anforderungen der Motoren (Leistung) c. Komponenten eignen sich zur Steuerung der beiden erwähnten Motoren d. Geschwindigkeit kann Manuel geregelt werden e. Es gibt Möglichkeiten die Hardware zu erweitern <ol style="list-style-type: none"> i. Genügend Platz für 6 weitere Ein- oder Ausgangsmodule vorhanden (9cm = 5TE) ii. Genügend Platz für Hardware zur Ansteuerung eines Hydraulikaggregats vorhanden (9 cm = 5TE) 2. Platz für I/O-Link Hub mit 8 Anschlüssen vorhanden 3. Das Elektroschema ist gezeichnet und liegt als PDF vor. 4. Die Verdrahtung ist vollständig und ist geprüft <ol style="list-style-type: none"> a. Für Bauteile, die noch nicht vorhanden sind, ist die Verdrahtung vorbereitet. 5. Die Statusberichte und der Austausch zwischen den Abteilungen werden in einem Ticketsystem gesammelt und so protokolliert 6. Steuerung und ihre Funktionen wurden mit Hilfe einer Checkliste geprüft. 7. Die Vorzeigetermine wurden pünktlich wahrgenommen 8. Die Dokumentation wurde nach den Regeln und Vorgaben der TEKO erstellt und Pünktlich bis Montag, 04. November 2024, 18:00 Uhr abgegeben. <ol style="list-style-type: none"> a. 1 Exemplar per E-Mail als pdf-Dokument (1 Datei) an TEKO-Sekretariat b. 1 Exemplar per E-Mail als pdf-Dokument (1 Datei) an Diplomelehrer

6.3 Projektauftrag

Projekttitle:	Teststeuerung Palettierung
----------------------	----------------------------

Projektauftraggeber::	Reiden Technik AG, Werkstrasse 2, 6260 Reiden
Projektleiter:	Remo Nützi, Schlossgasse 42, 4628 Wolfwil

Projektdate			
Start:	09.09.2024	Ende:	04.11.2024 18:00 Uhr

Projektbeschreibung	
Ausgangslage / Projektbegründung:	<p>Beschreibung des Themas:</p> <p>Im Rahmen meiner Diplomarbeit werde ich die Auslegung Hardware machen, das Schema erstellen und die Verdrahtung vornehmen, soweit es aufgrund von Lieferfristen möglich ist. Als Projektleiter koordiniere ich die Zusammenarbeit zwischen den Abteilungen Automation, Montage, Elektroplanung, Einkauf und Konstruktion. Das Ziel der Teststeuerung ist es, die Verschiebmodule unserer Palettierungssysteme zu testen. Diese Verschiebmodule übernehmen das Paletten-Management, indem sie die Paletten in und aus der Maschine wechseln, was einen unbeaufsichtigten Betrieb der Maschine ermöglicht.</p> <p>Die Module existieren in zwei Varianten: Mit einem Permanentmagneterregten Synchronmotor von Siemens mit Drive-CLiQ Schnittstelle (Siemens Steuerung) und mit einer EnDat Schnittstelle von Heidenhain (Heidenhain Steuerung).</p> <p>Die Motoren sollen manuell bedient werden können und ein Testlauf inklusive Geschwindigkeitsregelung muss möglich sein.</p> <p>Zukünftig soll die Teststeuerung erweiterbar sein, um ein Hydraulikaggregat sowie mindestens vier I/O-Link-fähige Sensoren anschliessen und auswerten zu können</p> <p>Weshalb mache ich diese Problemstellung zum Thema?</p> <p>Hinter den Verschiebmodulen steckt eine komplexe Mechanik mit Getriebe, Kettenantrieb und Wellen. Die engen Spaltmasse der Bleche verhindern Verschmutzungen und mechanische Schäden, führen jedoch häufig zu Schleifkollisionen beim Ausfahren des Moduls. Da die Module bei Montage schwer zugänglich sind und im Fehlerfall ausgebaut werden müssen, wird die Teststeuerung entwickelt. Diese soll allfällige Montagefehler frühzeitig aufdecken. Dadurch sparen wir bei der Montage und Inbetriebnahme wertvolle Zeit und Ressourcen. Zusätzlich nutze ich dieses Projekt, um meine Fähigkeiten in der Elektroplanung und im Projektmanagement zu erweitern und mein theoretisches Wissen praktisch anzuwenden.</p>

<p>Sinn und Zweck / Nutzen:</p>	<p>Effizienzsteigerung bei Montage und Inbetriebnahme: Die Teststeuerung ermöglicht es, die Verschiebemodule bereits vor der Installation an der Maschine auf mögliche Schleifkollisionen und mechanische Probleme zu prüfen. Dies spart Zeit und Ressourcen, da potenzielle Fehler frühzeitig erkannt und behoben werden können.</p> <p>Vermeidung von Blockaden und mechanischen Schäden: Durch die präzise Einstellung und Prüfung der Module können mechanische Blockaden und Schäden, die durch enge Spaltmasse und falsche Montage entstehen, vermieden werden.</p> <p>Erweiterbarkeit für zukünftige Anforderungen: Die Teststeuerung soll so konzipiert sein, dass sie in Zukunft um ein Hydraulikaggregat und mehrere I/O-Link fähige Sensoren erweitert werden kann. Dies stellt sicher, dass die Steuerung flexibel an neue Anforderungen angepasst werden kann.</p> <p>Manuelle Bedienung und Testläufe: Die Möglichkeit zur manuellen Bedienung der Motoren und zur Durchführung von Testläufen mit Geschwindigkeitsregelung bietet eine praxisnahe Überprüfung der Module und erleichtert die Diagnose und Behebung von Problemen.</p> <p>Persönliche und berufliche Entwicklung: Das Projekt dient auch meiner persönlichen Weiterentwicklung im Bereich der Elektroplanung und des Projektmanagements. Es bietet mir die Gelegenheit, dein theoretisches Wissen in der Praxis anzuwenden, neue Fähigkeiten zu erwerben und wertvolle Erfahrungen in der Zusammenarbeit mit verschiedenen Abteilungen zu sammeln.</p>
<p>Projektrichtziel:</p>	<p>Das Hauptziel meiner Arbeit ist die Auslegung der Hardware für die Teststeuerung und die Erstellung des Schemas, sowie das Verdrahten der Komponenten (Soweit vorhanden wegen Lieferfristen). Zudem soll die zukünftige Erweiterbarkeit der Steuerung gewährleistet sein, insbesondere für den Anschluss von Hydraulikaggregaten und I/O-Link fähigen Sensoren.</p> <p>Die Software für die Steuerung ist nicht Teil meiner Diplomarbeit und wird erst anschliessend umgesetzt.</p>
<p>Endergebnisse Erfolgskriterien</p>	
<p>1. Komplette Hardwareplanung der Teststeuerung</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Ansteuerung von Siemens Motor 1FK7063-2AF74-1EH0 möglich b. Ansteuerung von Siemens Motor 1FK7060-2AF74-1EH0 möglich c. Geschwindigkeit kann Manuel geregelt werden d. Hardware ist erweiterbar <ul style="list-style-type: none"> i. Platz für 6 weitere Ein- oder Ausgangsmodule (9cm = 5 TE) ii. Hardware für Ansteuerung eines Hydraulikaggregats (9cm = 5 TE) 	<p>1. Die Hardwareplanung wurde vorgenommen.</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Richtige Sicherungen und Querschnitte verbaut b. Komponenten entsprechen den Anforderungen der Motoren (Leistung) c. Komponenten eignen sich zur Steuerung der beiden erwähnten Motoren d. Geschwindigkeit kann Manuel geregelt werden e. Es gibt Möglichkeiten die Hardware zu erweitern <ul style="list-style-type: none"> i. Genügend Platz für 6 weitere Ein- oder Ausgangsmodule vorhanden (9cm = 5 TE) ii. Genügend Platz für Hardware zur Ansteuerung eines Hydraulikaggregats vorhanden (9 cm = 5TE)
<p>2. Genug Platz für Erweiterung mit I/O-Link-Hub mit mindestens 8 Anschlüssen frei lassen</p>	<p>2. Platz für I/O-Link Hub mit 8 Anschlüssen vorhanden</p>
<p>3. Elektroschema ist gezeichnet.</p>	<p>3. Das Elektroschema ist gezeichnet und liegt als PDF vor.</p>


4. Verdrahtung der Komponenten wird vorgenommen. a. Nur so weit wie Komponenten vorhanden (Lieferfristen).	4. Die Verdrahtung ist vollständig und ist geprüft a. Für Bauteile, die noch nicht vorhanden sind, ist die Verdrahtung vorbereitet.
5. Die Abteilungen Montage, Elektroplanung, Automation und Konstruktion werden über den Status des Projekts informiert und werden in Entscheidungen miteinbezogen.	5. Die Statusberichte und der Austausch zwischen den Abteilungen werden in einem Ticketsystem gesammelt und so protokolliert
6. Die Steuerung wird auf richtige Verdrahtung und Funktion geprüft.	6. Steuerung und ihre Funktionen wurden mit Hilfe einer Checkliste geprüft.
7. Es gibt zwei Vorzeigetermine mit dem Diplomlehrer	7. Die Vorzeigetermine wurden pünktlich wahrgenommen
8. Es wird eine Dokumentation gemäss der Regeln und Vorgaben der TEKO erstellt und bis spätestens 04. November 2024 um 18:00 Uhr per Mail ans Sekretariat der TEKO Olten, sowie den Diplomlehrer verschickt.	8. Die Dokumentation wurde nach den Regeln und Vorgaben der TEKO erstellt und Pünktlich bis Montag, 04. November 2024, 18:00 Uhr abgegeben. a. 1 Exemplar per E-Mail als pdf-Dokument (1 Datei) an TEKO-Sekretariat b. 1 Exemplar per E-Mail als pdf-Dokument (1 Datei) an Diplomlehrer

Zielgenehmigung:	Die Ziele werden bewilligt. Datum: 12.08.2024 Unterschrift Auftraggeber: 
-------------------------	--

Projekttyp:	
<input type="checkbox"/> Routineprojekt <input checked="" type="checkbox"/> komplexes Standardprojekt <input type="checkbox"/> Potenzial- / Innovationsprojekt <input type="checkbox"/> Pionierprojekt	<p>Begründung:</p> <p>Unser Unternehmen hat bereits umfassende Erfahrungen in der Planung und Umsetzung von Hilfs- und Teststeuerungen, weshalb dieses Projekt als komplexes Standardprojekt eingeordnet wird. Trotz meiner persönlichen Unerfahrenheit in der Umsetzung solcher Projekte können wir auf etablierte Verfahren und bewährte Methoden zurückgreifen, um die Herausforderungen dieses Projekts erfolgreich zu bewältigen. Das Projekt erfordert eine sorgfältige Koordination mehrerer Abteilungen. Durch die Steigerung der Effizienz bei der Inbetriebnahme wollen wir die Kosten weiter optimieren und potenzielle Schäden vermeiden. Obwohl es für mich persönlich eine neue Herausforderung darstellt, können wir auf die Expertise und die Erfahrungen des Unternehmens vertrauen, um die Komplexität des Projekts zu meistern.</p>

Projektorganisation:		
Organisationstyp:		
Projektmitarbeiter: Projektleiter	Name / Vorname / OE Remo Nützi	Stellenprozent für Projekt 100%
Steering Committee: <input checked="" type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein	<ol style="list-style-type: none"> 1. Stefan Kiefer, Abteilungsleiter Automation, Reiden Technik AG 2. Thomas Birrer, Werkstatteleiter und Mitglied der Geschäftsleitung, Reiden Technik AG 3. Thomas Schenk, Abteilungsleiter Elektroplanung, Reiden Technik AG 	
Sonstige Beteiligte:		

Projektplanung	
Projektphasen / Meilensteine:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Initialisierungsphase <ul style="list-style-type: none"> • Zielscheibe • Pflichtenheft • Projektauftrag 2. Planungsphase <ul style="list-style-type: none"> • Strukturplanung • Ablaufplanung • Kommunikationsplanung • Risiko-Analyse 3. Realisierungsphase <ul style="list-style-type: none"> • Analyse • Mindmaps • Variantenbildung • Evaluation der geeignetsten Variante • Ausarbeitung der Variante • Phasenplan • SWOT-Analyse • Risiko-Analyse • Kosten-Nutzen-Analyse • Aufbau und Layout • Schema zeichnen • Verdrahtung • Prüfen der Steuerung 4. Projektabschluss <ul style="list-style-type: none"> • Projektüberwachung • Evaluation der Zielerreichung • Reflexion Weg zum Ziel • Lessons learned • Ausblicke • Eigenständigkeitserklärung

Projektentscheid:	<input checked="" type="checkbox"/> Das Projekt wird bewilligt. <input type="checkbox"/> Das Projekt wird abgelehnt. Begründung: Das Pflichtenheft wird bewilligt, da es eine klare Struktur und detaillierte Anforderungen für die erfolgreiche Umsetzung der Teststeuerung definiert. Datum: 09.09.2024 Unterschrift Auftraggeber: 
--------------------------	---

7 Projektplanung

7.1 Vorgehensmodell

Für die Umsetzung dieses Projekts wurde das 4-Phasen-Modell gewählt, da es sich in den letzten drei Jahren bei früheren Projekten als sehr effektiv erwiesen hat. Das Modell unterteilt Projekte in vier klare Phasen: Initialisierungsphase, Planungsphase, Realisierungsphase und Abschluss. Diese Struktur bietet mehrere Vorteile:

4. **Einfache Struktur:** Das Modell sorgt für eine klare und übersichtliche Gliederung des Projekts. Jede Phase hat spezifische Aufgaben und Ziele, was die Planung und Durchführung des Projekts erleichtert.
5. **Bewährte Methode:** Die Erfahrungen aus den vergangenen Jahren haben gezeigt, dass dieses Modell gut funktioniert. Es ermöglicht eine systematische Steuerung des Projekts und stellt sicher, dass alle wichtigen Schritte berücksichtigt werden.
6. **Erleichterte Kontrolle:** Durch die klare Phaseneinteilung kann der Fortschritt leichter überwacht und bei Bedarf Anpassungen vorgenommen werden. Dies hilft, den Projektverlauf zu steuern und mögliche Probleme frühzeitig zu erkennen.
7. **Erprobte Praxis:** Das Modell hat sich in der Praxis bewährt und passt gut zu den Anforderungen des Projekts. Die vertraute Struktur unterstützt eine effiziente und erfolgreiche Projektdurchführung.

Auch wenn die Wahl des Modells vorgegeben wurde, bietet das 4-Phasen-Modell eine bewährte und effektive Methode zur Projektsteuerung, die sich in der bisherigen Arbeit als besonders nützlich erwiesen hat.

7.2 Projektstrukturplanung

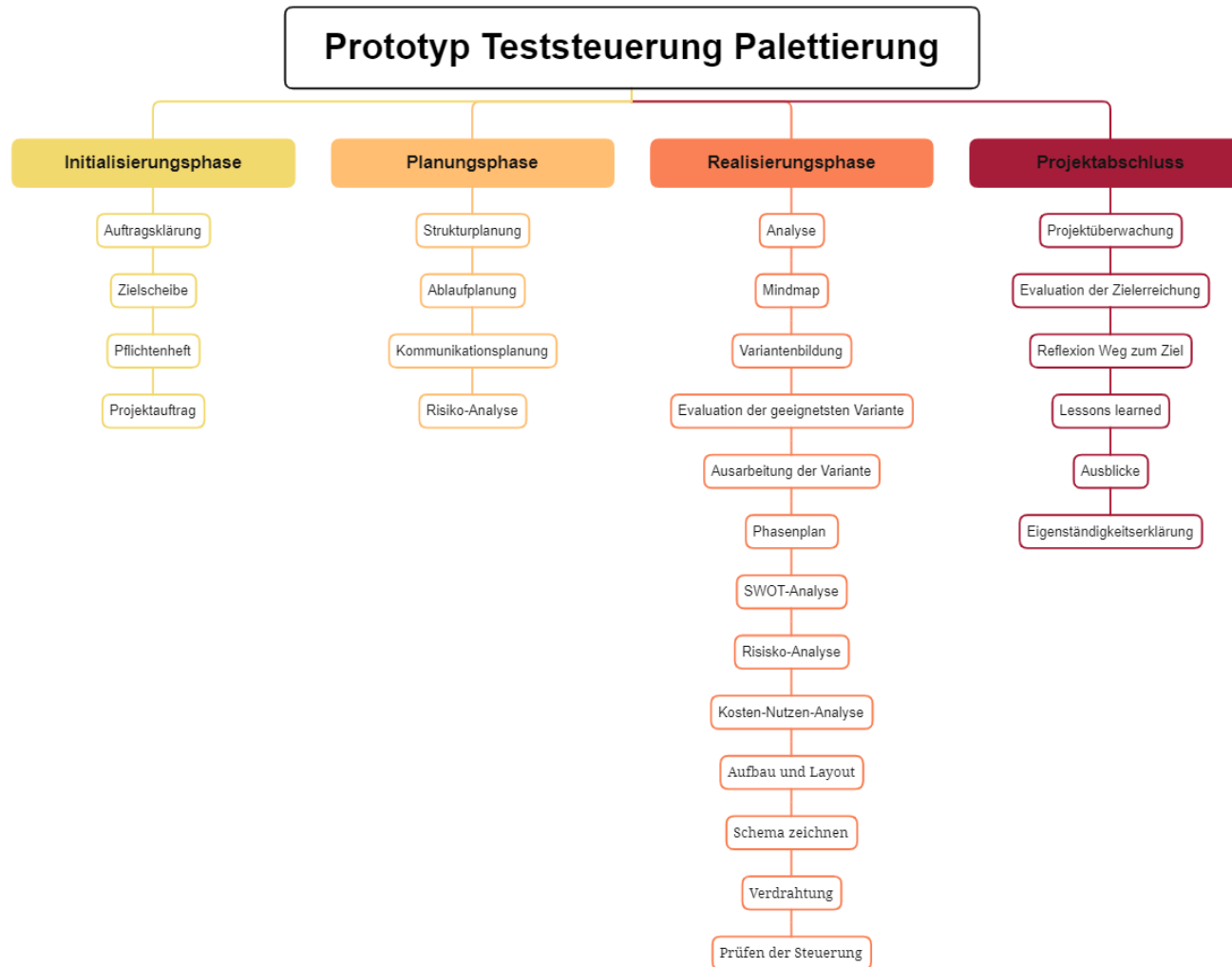


Abbildung 1: Projektstrukturplanung

7.3 Projektablaufplanung

Tabelle 2: Ablaufplanung (Teil 1)

Aufgaben / Phasen		KW33	KW34	KW35	KW36	KW37	KW38	KW39	KW40	KW41	KW42	KW43	KW44	KW45			
		12.08.-18.08.	19.08.-25.08.	26.08.-01.09.	02.09.-08.09.	09.09.-15.09.	16.09.-22.09.	23.09.-29.09.	30.09.-06.10.	07.10.-13.10.	14.10.-20.10.	21.10.-27.10.	28.10.-03.11.	04.11.			
		MO-FR	SA	SO	MO-FR	SA	SO	MO-FR	SA	SO	MO-FR	SA	SO	MO-FR	SA	SO	MO
Initialisierungsphase		Start										FW	Ferien				
Auftragsklärung	soll																
	ist																
Zielscheibe	soll																
	ist																
Plichtenheft	soll																
	ist	1															
Projektauftrag	soll																
	ist																
Planungsphase		Start										FW	Ferien				
Projektstrukturplanung	soll																
	ist																
Projektablaufplanung	soll																
	ist																
Kommunikationsplanung	soll																
	ist																
Risikoanalyse	soll																
	ist																

Tabelle 3: Ablaufplanung (Teil 2)

Aufgaben / Phasen		KW33	KW34	KW35	KW36	KW37	KW38	KW39	KW40	KW41	KW42	KW43	KW44	KW45							
		12.08.-18.08.	19.08.-25.08.	26.08.-01.09.	02.09.-08.09.	09.09.-15.09.	16.09.-22.09.	23.09.-29.09.	30.09.-06.10.	07.10.-13.10.	14.10.-20.10.	21.10.-27.10.	28.10.-03.11.	04.11.							
		MO-FR	SA	SO	MO-FR	SA	SO	MO-FR	SA	SO	MO-FR	SA	SO	MO-FR	SA	SO	MO-FR	SA	SO	MO	
Realisierungsphase		Start										FW		Ferien							
Analyse	soll																				
	ist																				
Mindmap	soll																				
	ist																				
Variantenbildung	soll																				
	ist																				
Evaluation der geeignetsten Varianten	soll																				
	ist																				
Ausarbeitung der Variante	soll																				
	ist																				
Phasenplan	soll																				
	ist																				
SWOT-Analyse	soll																				
	ist																				
Risiko-Analyse	soll																				
	ist																				
Kosten-Nutzen-Analyse	soll																				
	ist																				
Aufbau und Layout	soll																				
	ist																				
Schema zeichnen	soll																				
	ist																				
Verdrahtung	soll																				
	ist																				
Dokumentation der Realisierungsphase	soll																				
	ist																				
Prüfen der Steuerung	soll																				
	ist																				

7.3.1 Meilensteine

① Pflichtenheft

Das Pflichtenheft definiert die Anforderungen und Ziele des Projekts. Es stellt sicher, dass alle Beteiligten ein gemeinsames Verständnis über den Umfang und die Erwartungen haben.

② Risikoanalyse

Mit der Risikoanalyse wird die ganze Planungsphase abgeschlossen und es beginnt der Teil der Realisierung.

③ Kosten-Nutzen-Analyse

Nach der Kosten-Nutzen-Analyse kann die Hardware verbaut und verdrahtet werden. Aus reiner Theorie entsteht das eigentliche Produkt

④ Schema zeichnen

Damit mit der Verdrahtung begonnen werden kann brauchen wir zuerst das Schema, Daher habe ich den Abschluss des Schemas als weiteren Meilenstein gewählt

⑤ Prüfen der Steuerung

Nach dem Prüfen der Steuerung ist das eigentliche Produkt fertiggestellt. Danach kommen noch die Abschlussarbeiten an der Dokumentation

⑥ Abgabe

Die Abgabe der Arbeit bedeutet für mich der Abschluss einer lehrreichen und Spannenden Diplomarbeit Danach folgt noch die Präsentation, welche ich nicht im Ablaufplan erwähnt habe.

7.4 Kommunikationsplanung

Tabelle 5: Kommunikationsplanung

Was? (Inhalt)	Warum? (Anlass)	Wer? (Verantwortlicher) an wen? (Empfänger)	Wann? (Zeitpunkt oder Häufigkeit)	Wie? Kommunikationsmedium)
Projektvorstellung	Auftraggeber stellt mögliches Projekt vor	Auftraggeber (RTAG) an Projektleiter (Remo Nützi)	Nach der Infolektion an der TEKO	Sitzung (Mit Protokoll)
Zusage fürs Projekt	Projekt ist machbar für den Projektleiter	Projektleiter an RTAG	Nach Projektvorstellung	Persönlich
Definition Funktionen	Klare Abgrenzung was die Steuerung können muss.	Auftraggeber an Projektleiter	So früh wie möglich	Sitzung (Mit Protokoll)
Pflichtenheft	Klare Definition von Endergebnis und Erfolgskriterien	Projektleiter an Auftraggeber	12.08.2024, damit noch genug Zeit für Anpassungen wäre	E-Mail
Projektauftrag	Definierte Projektziele Verantwortlichkeit Basis für die Planung	Projektleiter an Fachexperte	Projektstart	Email
Statusbericht	Projektüberwachung	Projektleiter an Fachexperte und Diplomehrer	1x die Woche	Persönlich, Teams
Vorzeigetermin	Status, Probleme, Anpassungen Pflichtenheft, Massnahmen bei Problemen	Projektleiter an Diplomehrer	2x während der Diplomarbeit 1. Termin 20.09.24 2. Termin 18.10.24 Weitere bei Bedarf	Teams
Entscheidung für Hardware	Einverständnis von Auftraggeber (Komponenten und Preis)	Projektleiter an Elektroplanung, Werkstattleiter und Fachexperte	So früh wie möglich	Intranet, E-Mail, Teams
Anliegen zu Elektrobauteilen oder Fragen zum Schema	Probleme und Verzögerungen minimieren	Projektleiter an Elektroplanung	Nach Bedarf, bei Auftreten des Anliegens	Intranet, E-Mail, Teams Persönlich
Konstruktive Anliegen	Konstruktive Neuentwicklungen oder Anpassungen	Projektleiter an Konstruktion	Nach Bedarf, bei Auftreten des Anliegens	Intranet, E-Mail, Teams Persönlich
Fertigstellung der Hardwareplanung und des Schemas	Information für das Software-Team	Projektleiter an Softwareabteilung	So früh wie möglich	Intranet, E-Mail, Team

7.5 Risikoanalyse Durchführung

Im Rahmen des Projekts zur Entwicklung einer Teststeuerung für die Palettierungssysteme der Reiden Technik AG ist es von entscheidender Bedeutung, die Risiken zu identifizieren, die während der Umsetzung auftreten können und die erfolgreiche Durchführung des Projekts gefährden. Diese Risikoanalyse konzentriert sich auf potenzielle Herausforderungen, die Verzögerungen, Mehrkosten und qualitative Einbussen nach sich ziehen können. Ein frühzeitiges Erkennen und Bewerten dieser Risiken ermöglicht es, gezielte Massnahmen zur Risikominderung zu ergreifen und die Projektziele effizient zu erreichen. In diesem Kapitel werden die identifizierten Risiken sowie deren Auswirkungen auf die Umsetzung des Projekts, die Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens und die entsprechenden Massnahmen zur Risikominderung dargestellt.

7.5.1 Legenden für die Risikoeinstufung

Tabelle 6: Wahrscheinlichkeit des Eintreffens (Durchführung)

Wahrscheinlichkeit	Beschreibung	Bedeutung
gering (1)	Sehr unwahrscheinlich, dass das Risiko eintritt.	Kaum mögliche Vorfälle, keine sofortige Massnahmen erforderlich.
mittel (2)	Unwahrscheinlich, dass das Risiko eintritt.	Seltene Vorfälle, jedoch überwacht. Es sind gelegentliche Massnahmen ratsam.
hoch (3)	Mässig wahrscheinlich, dass das Risiko eintritt.	Vorfälle sind möglich und können sporadisch auftreten. Es sind vorbeugende Massnahmen erforderlich.
sehr hoch (4)	Sehr wahrscheinlich, dass das Risiko eintritt.	Hohe Wahrscheinlichkeit von Vorfällen, sofortige Massnahmen notwendig, um Risiken zu minimieren.

Tabelle 7: Ausmass der Auswirkungen (Durchführung)

Ausmass der Auswirkungen	Beschreibung	Bedeutung
gering (1)	Kaum spürbare Auswirkungen auf die Umsetzung, keine signifikanten Verzögerungen oder Mehrkosten.	Projekte können ohne wesentliche Beeinträchtigungen fortgesetzt werden.
mittel (2)	Moderates Risiko, das einige Verzögerungen oder zusätzliche Kosten verursachen könnte, jedoch insgesamt beherrschbar bleibt.	Die Umsetzung kann weiterhin erfolgreich sein, erfordert jedoch Aufmerksamkeit.
hoch (3)	Hohe Auswirkungen auf die Umsetzung, signifikante Verzögerungen und erhebliche zusätzliche Kosten sind zu erwarten.	Erheblicher Handlungsbedarf, um das Projekt im Zeitrahmen und Budget zu halten.
sehr hoch (4)	Sehr hohe Auswirkungen, die die erfolgreiche Umsetzung des Projekts ernsthaft gefährden und möglicherweise zu einem Abbruch führen können.	Kritische Situation, die sofortige Massnahmen zur Risikominderung erfordert.

7.5.2 Risikomatrix

Table 8: Risikomatrix (Umsetzung)

sehr hoch (4)	4	8	12	16
hoch (3)	3	6	9	12
mittel (2)	2	4	6	8
gering (1)	1	2	3	4
	gering (1)	mittel (2)	hoch (3)	sehr hoch (4)

7.5.3 Risikoanalysetabelle

Tabelle 9: Risikoanalysetabelle (Umsetzung)

Risiko	Auswirkung	Wahrscheinlichkeit	Ausmass der Auswirkungen	Risikowert (Wahrscheinlichkeit * Ausmass)	Massnahmen zur Risikominimierung	Verantwortlicher
1. Fehlerhafte oder defekte Hardware	Verzögerung beim Aufbau und der Verdrahtung, zusätzliche Kosten	gering (1)	hoch (3)	3	Frühzeitige Bestellung der Hardware Eingangsprüfung der Komponenten auf Funktionsfähigkeit	Projektleiter / Elektroplanung
2. Unvollständige Elektro-Hardwareplanung	Verzögerungen während der Verdrahtung oder Inbetriebnahme	mittel (2)	mittel (2)	4	Regelmässige Abstimmung mit der Elektroplanung Detaillierte Überprüfung der Elektro-Hardwarepläne durch mehrere Instanzen	Projektleiter / Elektroplanung
3. Kompatibilitätsprobleme zwischen Komponenten	Verzögerung, zusätzliche Kosten für Ersatzteile	gering (1)	hoch (3)	3	Vorab-Kompatibilitätsprüfung der Hardware Simulation des Gesamtsystems	Projektleiter / Elektroplanung
4. Verzögerungen bei der Hardwarebeschaffung	Zeitplanverzögerungen	hoch (3)	mittel (2)	6	Frühzeitige Bestellung und Pufferzeit einplanen Alternativen für kritische Komponenten im Vorfeld eruieren	Projektleiter / Elektroplanung
5. Engpässe in der Kapazität der Abteilungen	Verzögerung durch nicht verfügbare Ressourcen	mittel (2)	mittel (2)	4	Enge Abstimmung mit den Abteilungen Pufferzeiten für die Abstimmungen zwischen Abteilungen einplanen	Projektleiter
6. Verzögerungen durch unklare Anforderungen	Missverständnisse oder nachträgliche Anpassungen notwendig, Kosten können sich massiv erhöhen, Projekt ist im Schlimmstenfall für die Tonne	mittel (2)	sehr hoch (4)	8	Anforderungen frühzeitig präzise definieren (Pflichtenheft) Regelmässige Abstimmung mit allen Stakeholdern über den Projektfortschritt	Projektleiter / Konstruktion/ Automation/ Elektroplanung/ Montage
7. Kostenüberschreitungen durch unvorhergesehene Ausgaben	Budgetüberschreitung, möglicherweise Projektverzögerung	gering (1)	mittel (2)	2	Kosten-Nutzen-Analyse Risikopuffer im Budget berücksichtigen	Projektleiter/ Werkstattleiter (Montage)

7.5.4 Fazit

Die Risikoanalyse hat eine Reihe von relevanten Risiken identifiziert, die während der Umsetzung des Projekts zur Teststeuerung auftreten können und potenziell zu Mehrkosten und Verzögerungen führen. Die Bewertung der Risiken zeigt, dass Werte von 1-3 als akzeptabel gelten, jedoch einer kontinuierlichen Überwachung bedürfen. Bei Risiken mit Werten von 4-6 sollte umgehend gehandelt werden, während Risiken mit Werten von 8-16 sofortige Massnahmen erfordern, um schwerwiegende Auswirkungen auf den Projektverlauf zu vermeiden. Eine enge Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Abteilungen ist entscheidend, um diese Risiken effektiv zu managen. Durch proaktive Massnahmen und regelmässige Überprüfung der identifizierten Risiken kann sichergestellt werden, dass das Projekt in der vorgegebenen Zeit und im Budgetrahmen erfolgreich umgesetzt wird.

8 Projektrealisierung

8.1 Analyse

8.1.1 Informationen zur aktuellen Situation und Expertise

Die Reiden Technik AG hat sich auf die Nutzung von Steuerungen der Firmen Heidenhain und Siemens spezialisiert. Besonders bei Neuentwicklungen und Teststeuerungen fällt die Wahl oft auf Siemens-Produkte. Die Erfahrungen und das Fachwissen in diesem Bereich sind umfangreich und beinhalten bereits erfolgreiche Implementierungen von Teststationen und -steuerungen, wie zum Beispiel:

8. Prüfstand für Fräsköpfe
9. Prüfstand für Schwenkmodul Werkzeugwechsler
10. Prüfstand für Werkzeugverriegelung des Werkzeugwechslers

Diese Projekte demonstrieren das solide Wissen und die Fähigkeit des Unternehmens im Umgang mit Siemens-Komponenten.

8.1.2 Hardwareplanung und -erfahrung

Die Hardwareplanung und -entwicklung gehört ebenfalls zu den Kernkompetenzen der Reiden Technik AG. Die Elektroplanung und die Erstellung der Schaltschränke und Schaltpläne erfolgen intern. Diese Erfahrung ist besonders wertvoll, da sie sicherstellt, dass die Hardware genau auf die Anforderungen der Teststeuerungen abgestimmt ist.

8.1.3 Lagerbestand und Risikominimierung

Ein weiterer Vorteil des Unternehmens ist der umfangreiche Lagerbestand an Siemens-Komponenten. Dies reduziert das Risiko von Lieferengpässen erheblich und stellt sicher, dass benötigte Teile schnell verfügbar sind. Diese proaktive Lagerhaltung unterstützt die Effizienz und Zeitplanung des Projekts.

8.1.4 Persönliche Erfahrung und Unterstützung

Obwohl die persönliche Erfahrung in der Hardwareplanung begrenzt ist, wird die Aufgabe durch das grosse Fachwissen innerhalb des Unternehmens unterstützt. Viele Ansprechpartner stehen zur Verfügung, um bei Problemen und Herausforderungen zu helfen.

8.2 Kreativitätsmethode Mindmap

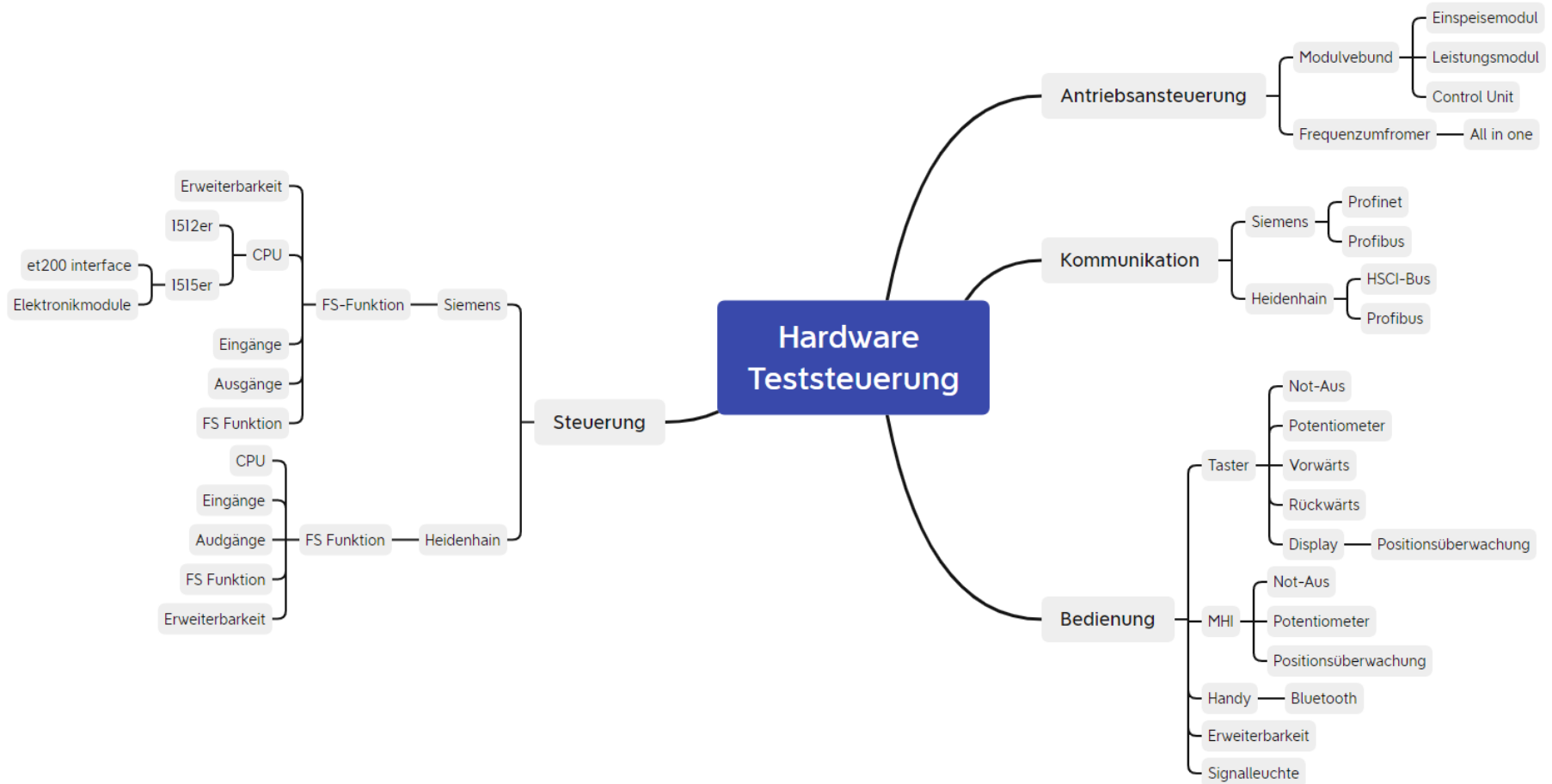


Abbildung 2: Kreativitätsmethode Mindmap

8.2.1 Begründung Mindmap

Ich habe mich für das Mindmap entschieden, weil es mir bei der Einzelarbeit hilft, alles klar und übersichtlich zu sehen. Die visuelle Darstellung macht es einfach, Ideen flexibel zu ordnen und neue Gedanken schnell hinzuzufügen. Das Mindmap fördert meine Kreativität und hilft mir, die Zusammenhänge besser zu erkennen. Daher ist es für meine Hardwareplanung genau das Richtige.

8.3 Priorisierungsmethode MoSCoW-Modell

Ich habe mich für das MoSCoW-Modell entschieden, weil es eine einfache und klare Methode bietet, um Prioritäten zu setzen. Damit kann ich leicht erkennen, welche Anforderungen unbedingt erfüllt werden müssen, welche wichtig, aber nicht zwingend sind und welche optional oder nicht relevant sind. Das hilft mir, mich auf das Wesentliche zu konzentrieren und meine Ressourcen effizient einzusetzen.

8.3.1 Must have (Muss-Kriterien):

Steuerung (CPU):

Siemens 1512er oder 1515er mit FS

Antriebsansteuerung:

Frequenzumformer (FU, All-in-one) – Kompakte und geeignete Lösung für die Antriebssteuerung

Kommunikation:

Profinet – Moderne und flexible Integration von Geräten

Bedienung:

Not-Aus (sowohl bei Taster- als auch bei HMI-Bedienung)

Grundlegende Bedienung mit Potentiometer und Richtungsvorgaben (Vorwärts, Rückwärts) bei Taster-Bedienung oder HMI

Sicherheitsfeature:

Not-Aus ist zwingend erforderlich

Erweiterbarkeit:

Möglichkeit zur Erweiterung der Steuerung und Kommunikation über Profinet

8.3.2 Should have (Soll-Kriterien):

Datenspeicherung:

Alle Siemens-CPU's haben SD-Karten-Speicheroptionen, daher ist dies ein sinnvolles "Should have".

Bedienkomfort (HMI):

Bei HMI: zusätzliche Visualisierungsmöglichkeiten und bessere Benutzerfreundlichkeit im Vergleich zu einfachen Taster.

Robustes System:

Solide mechanische und elektrische Komponenten, um langfristige Zuverlässigkeit sicherzustellen.

8.3.3 Could have (Kann-Kriterien):

Erweiterung der Kommunikation:

Erweiterungsmöglichkeiten innerhalb des Profinet-Systems

Bedienung:

Ein einfaches Display zur Statusanzeige könnte bei Taster-Bedienung hinzugefügt werden, ist aber nicht zwingend notwendig

Erweiterbarkeit durch Module:

Möglichkeit zur modularen Erweiterung von Steuerungen und Funktionen je nach zukünftigen Anforderungen (betrifft Steuerung und Antriebsansteuerung)

8.3.4 Won't have (Nicht enthalten):

Bluetooth:

Wird für diese Anwendung ausgeschlossen, da es nicht zu den priorisierten Anforderungen gehört

Profibus:

Wird aussortiert, da Profinet die modernere und flexiblere Alternative ist

Modulverbund:

Überdimensioniert für diese Anforderung, daher wird auf die kompaktere All-in-one-Lösung mit Frequenzumformer (FU) gesetzt

Heidenhain:

Heidenhain-CPU's und HSCI-Bus werden nicht verwendet, da Siemens-Komponenten kompatibler und einfacher zu integrieren sind

Übermäßige Komplexität:

Zu komplexe oder unnötig aufwendige Zusatzfunktionen, die nicht unmittelbar nötig sind

8.4 Variantenbildung

8.4.1 Variante 1 1512er CPU mit Taster als Bedienelemente

Steuerung

Bei der ersten Variante setze ich eine Siemen CPU 1512SP F-1PN ein.



Abbildung 3: CPU 1512SP F-1PN

Beurteilung der SIMATIC CPU 1512SP F-1 PN (ET 200SP)

Die SIMATIC CPU 1512SP F-1 PN ist eine leistungsfähige Steuerungseinheit, speziell für dezentrale Anwendungen konzipiert. Mit einem Arbeitsspeicher von 600 KB für Programme und 2 MB für Daten bietet sie ausreichend Speicherplatz für viele typische Automatisierungsprojekte.

Ihre Bit-Performance von 25 ns stellt eine solide Rechenleistung bereit, die in der industriellen Automatisierung für die meisten Aufgaben schnell genug ist. Die CPU ist besonders für den Einsatz in kompakten Schaltschränken und Anwendungen mit begrenztem Platz optimiert, da sie das SIMATIC ET 200SP-System verwendet, welches durch seine modulare und platzsparende Bauweise überzeugt.

Die Integration von PROFINET IRT sorgt für eine zuverlässige und schnelle Echtzeitkommunikation, insbesondere in zeitkritischen Steuerungsanwendungen. Auch das Multi Hot Swapping bietet Flexibilität, da Module im laufenden Betrieb ohne Unterbrechung ausgetauscht werden können.

Die CPU 1512SP F-1 PN eignet sich hervorragend für Anwendungen, bei denen Flexibilität, dezentrale Steuerung und platzsparende Lösungen gefordert sind, und bietet dabei eine sehr gute Performance für Standardanwendungen in der Automatisierung.

Begriffserklärung:

Multi Hot Swapping bezeichnet die Fähigkeit, mehrere Module oder Komponenten im laufenden Betrieb auszutauschen, ohne dass das System heruntergefahren oder der Betrieb unterbrochen werden muss. Im Kontext von SIMATIC ET 200SP und ähnlichen Automatisierungssystemen bedeutet dies, dass I/O-Module (Eingabe-/Ausgabemodule) oder andere Peripheriegeräte im dezentralen Peripheriesystem während des Betriebs entfernt und ersetzt werden können. Dabei bleibt das System in Betrieb, ohne dass Datenverluste oder Systemabstürze auftreten.

PROFINET IRT (Isochronous Real-Time) ist eine spezielle Variante des PROFINET-Standards, die für hochpräzise und schnelle Kommunikation in industriellen Netzwerken entwickelt wurde. Es wird in Bereichen eingesetzt, wo es auf sehr genaue und zeitkritische Steuerung ankommt, zum Beispiel bei Robotersteuerungen oder in schnell ablaufenden Fertigungsprozessen.

Bedienelement

Bei dieser Variante habe ich mich für die Bedienung über Taster und Schalter entschieden.



Abbildung 4: Taster

Beurteilung von Steuerungssystemen mit Tastern und Schaltern**Erweiterbarkeit:**

Steuerungen mit Tastern und Schaltern sind in ihrer Erweiterbarkeit begrenzt. Jede zusätzliche Funktion erfordert einen physischen Schalter oder Taster, was schnell zu Platzmangel im Schaltschrank führen kann. Um neue Funktionen hinzuzufügen, müssen zusätzliche Verdrahtungen und mechanische Komponenten integriert werden, was die Komplexität und den Aufwand erhöht.

Preis:

Taster- und Schalter-basierte Steuerungssysteme sind in der Anschaffung in der Regel kostengünstig. Mechanische Taster, Schalter und einfache Relaislösungen verursachen geringe Materialkosten, sodass sie für kleinere oder weniger komplexe Anwendungen wirtschaftlich sind. Allerdings können Wartungs- und Erweiterungskosten steigen, wenn das System wächst oder geändert werden muss. Zudem muss das Bedienfeld mit einem Display erweitert werden um die Position des Motors anzuzeigen.

Benutzerfreundlichkeit:

Die Bedienung über Taster und Schalter ist einfach und intuitiv, erfordert jedoch oft eine manuelle Interaktion mit jedem einzelnen Steuerungselement. Die Übersichtlichkeit nimmt mit zunehmender Anzahl an Schaltern ab, was die Bedienung in komplexeren Szenarien erschwert. Beschriftungen und ein klares Layout sind entscheidend, um Fehler zu vermeiden.

Flexibilität:

Taster- und Schaltersteuerungen sind nicht flexibel. Jede Funktion erfordert eine feste physische Komponente. Änderungen oder Erweiterungen sind oft aufwendig, da Hardware hinzugefügt oder umgebaut werden muss.

Motoransteuerung

Ich habe mich bei allen Varianten für den SINAMICS S120 Umrichter PM240-2 mit SINAMICS Control Unit CU310-2 PN entschieden.



Abbildung 5: SINAMICS S120 Umrichter PM240-2 mit SINAMICS Control Unit CU310-2 PN

Mit dem «TIA Selection Tool» habe ich überprüft, welche Anforderungen der Frequenzumrichter (FU) erfüllen muss, um für unsere Anwendung geeignet zu sein. Dabei stellte sich heraus, dass der Frequenzumrichter, den wir bereits für unseren Türantrieb verwenden, auch für diese Anwendung passt. Eine separate Steuereinheit (CU) mit eigenem Einspeisemodul und Leistungsmodul, wie wir sie in unseren Maschinen einsetzen, wäre in diesem Fall überdimensioniert und unverhältnismässig.

Beurteilung SINAMICS S120 Umrichter PM240-2 mit SINAMICS Control Unit CU310-2 PN

Die Kombination des SINAMICS Power Module PM240-2 mit der Control Unit CU310-2 PN aus dem SINAMICS S120 System bietet eine leistungsstarke und flexible Lösung für anspruchsvolle Anwendungen im Maschinenbau. Das PM240-2 eignet sich ideal für Standardanwendungen, bei denen ein integrierter Brems-Chopper und Klasse-A-Netzfilter gefordert sind. Durch die hohe Überlastfähigkeit (200 % für 3 Sekunden) und den breiten Leistungsbereich (0,55 bis 250 kW) deckt das Power Module verschiedene Applikationen ab, insbesondere im Schaltschrankbetrieb.

Die CU310-2 PN bringt mit ihrer PROFINET-Schnittstelle eine robuste Kommunikationsanbindung, die für präzise Steuerung und schnelle Reaktionszeiten sorgt. In Kombination mit den Safety-Features (z.B. STO, SS1) bietet dieses System eine hohe Performance und Sicherheit, insbesondere in dynamischen Anwendungen wie Einachs-Antrieben oder bei Maschinen mit strengen Sicherheitsanforderungen. Trotz der Vielseitigkeit sollte die Kombination jedoch vor allem für Einzelachsen oder spezifische Steuerungsaufgaben in Betracht gezogen werden, da die CU310-2 PN für solche Anwendungsbereiche optimiert ist.

8.4.2 Variante 2 1515er CPU mit HMI als Bedienelement

Steuerung

Bei der zweiten Variante setze ich eine Siemen CPU 1515-2 PN ein.



Abbildung 6: CPU 1515-2 PN

Beurteilung der SIMATIC CPU 1515F-2 PN (S7-1500F)

Die SIMATIC CPU 1515F-2 PN gehört zur S7-1500F Serie, die sich durch noch höhere Leistungsfähigkeit auszeichnet. Mit 1,5 MB Arbeitsspeicher für Programme und 4,5 MB für Daten bietet sie deutlich mehr Kapazität, was sie für gross angelegte Automatisierungsprojekte geeignet macht. Ihre Bit-Performance von nur 6 ns ist wesentlich schneller als die der CPU 1512SP F-1 PN, was sie für hochdynamische Anwendungen mit extrem kurzen Zykluszeiten prädestiniert.

Die CPU verfügt über zwei PROFINET-Schnittstellen: Eine für IRT, die andere für, was eine noch flexiblere und erweiterte Netzwerkanbindung ermöglicht. Diese Konnektivität in Verbindung mit den fehlersicheren Funktionen (F-CPU) erlaubt den Einsatz sowohl für Standard- als auch für Sicherheitsanwendungen in einer einzigen Steuerungseinheit. Das macht sie für kritische Applikationen in der Industrie, bei denen Sicherheit und Geschwindigkeit im Fokus stehen, besonders interessant.

Mit der Integration in das TIA Portal bietet die CPU erweiterte Benutzerfreundlichkeit und eine nahtlose Integration in das Gesamtumfeld der Automatisierungslösungen von Siemens. Zudem unterstützt sie Motion-Control-Funktionen, was für anspruchsvolle Lösungen in der Bewegungssteuerung relevant ist. Bei dieser Variante kommt noch ein ET200 Interfacemodul dazu, welches mit der CPU kommuniziert.

Bedienelement

Beurteilung von Steuerungssystemen mit HMI (Human Machine Interface)

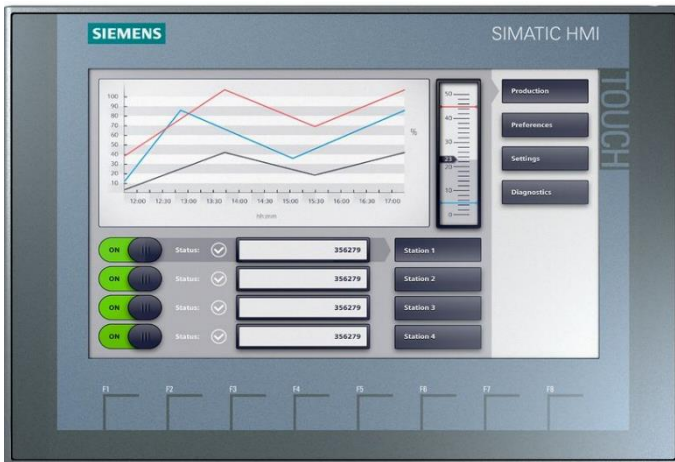


Abbildung 7: HMI-Symbolbild

Erweiterbarkeit:

HMI-Systeme bieten eine hohe Erweiterbarkeit. Neue Funktionen oder Änderungen können einfach durch Softwareanpassungen vorgenommen werden, ohne dass zusätzliche physische Tasten oder Schalter hinzugefügt werden müssen. Das Layout der Benutzeroberfläche kann flexibel angepasst und erweitert werden, was die Handhabung von komplexeren Steuerungsszenarien ermöglicht.

Preis:

In der Anschaffung sind HMI-Lösungen in der Regel teurer als einfache Taster- und Schalter-Systeme, da die Hardware (Touchscreen, Steuerungsgeräte) und Software-Lizenzen höhere Kosten verursachen. Auf lange Sicht können HMI-Systeme jedoch wirtschaftlicher sein, da Erweiterungen oder Anpassungen ohne zusätzlichen Hardwareaufwand möglich sind. Die Reduzierung von Verdrahtungs- und Installationskosten kann zudem langfristig Einsparungen bringen.

Benutzerfreundlichkeit:

HMIs bieten eine intuitive und übersichtliche Benutzeroberfläche, die individuell anpassbar ist. Durch grafische Darstellungen, Symbole und Menüstrukturen wird die Bedienung auch bei komplexen Anwendungen erleichtert. Bediener haben einen umfassenden Überblick über alle Funktionen und können mit wenigen Klicks auf verschiedene Steuerungsoptionen zugreifen. Ausserdem ermöglichen HMI-Systeme die Einbindung von Diagnose- und Wartungsinformationen, was die Fehlersuche und Systemüberwachung verbessert.

Motoransteuerung

Gleich wie bei Variante 1.

8.4.3 Variante 3 1515er CPU mit Taster als Bedienelemente

Die dritte Variante ist eine Kombination aus Variante 1 und Variante 2.

Steuerung

Die Steuerung basiert auf einer Siemens CPU 1512SP F-1PN.

Bedienelement

Das Bedienelement ist in diesem Fall ein HMI

Motoransteuerung

Die Motoransteuerung ist bei allen gleich und wird mit einem SINAMICS S120 Umrichter PM240-2 und mit einer SINAMICS Control Unit CU310-2 PN umgesetzt

Zusammenfassung der Hardwarevarianten aus Siemens-Datenblättern

Die Informationen zu den drei von mir erarbeiteten Hardwarevarianten stammen aus den originalen Datenblättern von Siemens, die ich auf der Website <https://mall.industry.siemens.com/goos/Welcome-Page.aspx?regionUrl=/ch&language=de> gefunden habe. Die Datenblätter wurden von mir eigenständig durchgesehen und zum Teil mit Hilfe von ChatGPT zusammengefasst. Diese Zusammenfassung bietet eine klare Übersicht der Bauteile und ihrer jeweiligen Eigenschaften.

8.5 Evaluation der geeignetsten Variante

8.5.1 Präferenzmatrix

Tabelle 10: Präferenzmatrix

	Nr.	1	2	3	4	5	6		
Nr.	Kriterium	Erfahrungswerte	Preis	Benutzerfreundlich	Kompatibilität	Performance	Erweiterbarkeit	Summe	Faktor
1	Erfahrungswerte		2	3	4	5	6	0	0.00%
2	Preis			2	2	5	6	3	20.00%
3	Benutzerfreundlich				4	5	6	1	6.67%
4	Kompatibilität					5	6	2	13.33%
5	Performance						6	4	26.67%
6	Erweiterbarkeit							5	33.33%
							Summe	15	100.00%

Erfahrungswert:

Der Punkt "Erfahrungswerte" wurde in meiner Matrix bewusst nicht berücksichtigt. Dies hat mehrere Gründe: Zum einen verwenden wir ausschliesslich Produkte von Siemens, und in diesem Bereich haben wir bereits umfangreiche Erfahrungen gesammelt, da unsere Maschinen mit Siemens-Steuerungen ausgestattet sind. Zum anderen sind die gängigen elektrischen Bauteile heutzutage so ausgereift, dass sie in ihrer Bauweise kaum Unterschiede aufweisen. Zudem ist unsere Softwareabteilung bereits mit einer Vielzahl von Produkten verschiedener Hersteller vertraut.

Preis:

Der Preis spielt bei jedem Projekt eine zentrale Rolle. In meiner Matrix habe ich jedoch bewusst darauf verzichtet, den Preis in den Kategorien "Performance" und "Erweiterbarkeit" zu bewerten. Der Grund dafür liegt in der Tatsache, dass eine günstigere Hardware wenig nützt, wenn die CPU-Leistung nicht ausreicht, um die Motoren präzise zu steuern. Ebenso ist der Preis irrelevant, wenn die Erweiterbarkeit nicht gewährleistet ist, schliesslich muss das System auch in Zukunft flexibel anpassbar und ausbaubar sein, um den steigenden Anforderungen gerecht zu werden.

Benutzerfreundlichkeit:

Ich habe Performance und Erweiterbarkeit der Benutzerfreundlichkeit vorgezogen, weil in unserem Bereich die technische Leistung und die Möglichkeit, das System später zu erweitern, einfach wichtiger sind. Die Performance ist entscheidend, damit die Motorsteuerung sauber läuft, und ohne Erweiterbarkeit wäre das System nicht zukunftssicher.

Trotzdem ist die Benutzerfreundlichkeit für uns wichtiger als Erfahrungswerte, weil sie direkten Einfluss auf die tägliche Arbeit hat. Auch wenn wir mit ähnlichen Systemen Erfahrung haben, spart eine benutzerfreundliche Lösung Zeit und verringert Fehler.

Kompatibilität:

Ich habe die Kompatibilität höher gewichtet als die Erfahrungswerte und die Benutzerfreundlichkeit, weil es entscheidend ist, dass das System reibungslos mit bestehenden Komponenten und Software zusammenarbeitet. Wenn die Kompatibilität nicht passt, bringt auch die beste Benutzeroberfläche oder die Erfahrung wenig, da Probleme im Betrieb entstehen könnten.

Performance:

Ich habe die Performance höher bewertet als alle anderen Punkte, ausser der Erweiterbarkeit, weil die Leistung entscheidend dafür ist, dass unsere Systeme reibungslos und effizient funktionieren. Ohne ausreichende Performance nützt weder der beste Preis noch die beste Benutzerfreundlichkeit etwas, da die Motorsteuerung oder andere wichtige Prozesse nicht sauber laufen würden.

Die Erweiterbarkeit habe ich jedoch über die Performance gestellt, da es für uns essenziell ist, dass das System zukunftssicher bleibt. Wenn es nicht erweiterbar ist, stossen wir schnell an Grenzen, egal wie leistungsfähig es aktuell ist.

Erweiterbarkeit

Die Erweiterbarkeit habe ich über alle anderen Punkte gestellt, weil sie sicherstellt, dass das System auch in Zukunft flexibel bleibt und mit wachsenden Anforderungen Schritt halten kann. Egal, wie gut der Preis, die Performance oder die Benutzerfreundlichkeit jetzt sind, wenn das System nicht erweiterbar ist, stossen wir früher oder später an Grenzen. Für langfristigen Erfolg und Anpassungsfähigkeit ist die Erweiterbarkeit daher der entscheidende Faktor.

8.5.2 Preisvergleich

Bevor ich mit der Nutzwertanalyse beginne, habe ich eine vorläufige Liste der verschiedenen Komponenten für jede Variante erstellt. Anschliessend habe ich die einzelnen Komponenten miteinander verglichen und die Unterschiede bewertet. Dabei habe ich nur die variierenden Komponenten in die Berechnung aufgenommen, da die übrigen Komponenten identisch sind und daher keinen Einfluss auf den Preis habe.

Tabelle 11: Komponenten im Vergleich

Variante 1		Variante 2		Variante 3	
Stk.	Antrieb	Stk.	Antrieb	Stk.	Antrieb
1	Frequenzumformer	1	Frequenzumformer	1	Frequenzumformer
1	Controlunit	1	Controlunit	1	Controlunit
1	SD-Karte	1	SD-Karte	1	SD-Karte
1	Bremsenrelais	1	Bremsenrelais	1	Bremsenrelais
1	Profinetkabel	1	Profinetkabel	1	Profinetkabel
Steuerung		Steuerung		Steuerung	
1	1512er CPU	1	1515er CPU	1	1515er CPU
		1	Interfacemodul ET200	1	Interfacemodul ET200
1	Elektronikmodul Eingang (Safety)	1	Elektronikmodul Eingang (Safety)	1	Elektronikmodul Eingang (Safety)
1	Elektronikmodul Ausgang (Safety)	1	Elektronikmodul Ausgang (Safety)	1	Elektronikmodul Ausgang (Safety)
1	Analogmodul Eingang	1	Analogmodul Eingang	1	Analogmodul Eingang
4	Elektronikmodul Eingang	1	Elektronikmodul Eingang	4	Elektronikmodul Eingang
4	Elektronikmodul Ausgang	1	Elektronikmodul Ausgang	4	Elektronikmodul Ausgang
4	Einspeisklemme	2	Einspeisklemme	4	Einspeisklemme
7	Einspeisklemme rechts gebrückt	2	Einspeisklemme rechts gebrückt	7	Einspeisklemme rechts gebrückt
1	SD-Karte	1	SD-Karte	1	SD-Karte
1	SW-Lizenz	1	SW-Lizenz	1	SW-Lizenz
Bedienelemente		Bedienelemente		Bedienelemente	
1	Potentiometer	1	Potentiometer	1	Potentiometer
		1	HMI		
4	Einlegeschild			4	Einlegeschild
4	LED			4	LED
4	Tasterkappe			4	Tasterkappe
4	Kontaktelement			4	Kontaktelement
4	Drucktaster			4	Drucktaster
1	Display			1	Display
1	Not-Aus	1	Not-Aus	1	Not-Aus
Sonstiges		Sonstiges		Sonstiges	
	Arbeit		Arbeit		Arbeit
	Verbrauchsmaterial (Klemmen, Litzen)		Verbrauchsmaterial (Klemmen, Litzen)		Verbrauchsmaterial (Klemmen, Litzen)
1	Schaltschrank	1	Schaltschrank	1	Schaltschrank

Tabelle 12: Preisvergleich der Varianten

Variante 1				Variante 2				Variante 3			
Stk.	Antrieb	Stk. Preis	Preis	Stk.	Antrieb	Stk. Preis	Preis	Stk.	Antrieb	Stk. Preis	Preis
Steuerung				Steuerung				Steuerung			
1	1512er CPU	CHF 1'644.00	CHF 1'644.00	1	1515er CPU	CHF 2'102.10	CHF 2'102.10	1	1515er CPU	CHF 2'102.10	CHF 2'102.10
				1	Interfacemodul ET200	CHF 148.55	CHF 148.55	1	Interfacemodul ET200	CHF 148.55	CHF 148.55
4	Elektronikmodul Eingang	CHF 50.40	CHF 201.60	1	Elektronikmodul Eingang	CHF 50.40	CHF 50.40	4	Elektronikmodul Eingang	CHF 50.40	CHF 201.60
4	Elektronikmodul Ausgang	CHF 57.30	CHF 229.20	1	Elektronikmodul Ausgang	CHF 57.30	CHF 57.30	4	Elektronikmodul Ausgang	CHF 57.30	CHF 229.20
4	Einspeisklemme	CHF 20.60	CHF 82.40	2	Einspeisklemme	CHF 20.60	CHF 41.20	4	Einspeisklemme	CHF 20.60	CHF 82.40
7	Einspeisklemme rechts gebrückt	CHF 13.70	CHF 95.90	2	Einspeisklemme rechts gebrückt	CHF 13.70	CHF 27.40	7	Einspeisklemme rechts gebrückt	CHF 13.70	CHF 95.90
Bedienelemente				Bedienelemente				Bedienelemente			
				1	HMI	CHF 890.00	CHF 890.00				
4	Einlegeschild	CHF 3.70	CHF 14.80					4	Einlegeschild	3.7	CHF 14.80
4	LED	CHF 5.20	CHF 20.80					4	LED	5.2	CHF 20.80
4	Tasterkappe	CHF 4.20	CHF 16.80					4	Tasterkappe	4.2	CHF 16.80
4	Kontaktelement	CHF 11.40	CHF 45.60					4	Kontaktelement	11.4	CHF 45.60
4	Drucktaster	CHF 12.50	CHF 50.00					4	Drucktaster	12.5	CHF 50.00
1	Display	CHF 286.60	CHF 286.60					1	Display	286.6	CHF 286.60
Sonstiges				Sonstiges				Sonstiges			
Total =			CHF 2'687.70	Total =			CHF 3'316.95	Total =			CHF 3'294.35

8.5.3 Nutzwertanalyse

Tabelle 13: Nutzwertanalyse

			Variante 1		Variante 2		Variante 3	
			1512er CPU mit Taster als Bedienelemente		1515er CPU mit HMI als Bedienelement		1515er CPU mit Taster als Bedienelemente	
Nr.	Kriterium	Gewichtung (%)	Bewertung	Punkte	Bewertung	Punkte	Bewertung	Punkte
1	Erfahrungswerte	0.00%	 	 	 	 	 	
2	Preis	20.00%	5	1	3	0.6	4	0.8
3	Benutzerfreundlichkeit	6.67%	3	0.2	5	0.33333333	3	0.2
4	Kompatibilität	13.33%	4	0.53333333	4	0.53333333	4	0.53333333
5	Performance	26.67%	3	0.8	5	1.33333333	5	1.33333333
6	Erweiterbarkeit	33.33%	3	1	5	1.66666667	3.5	1.16666667
Summe:		100.00%		3.53333333		4.46666667		4.03333333
Platzierung:				3		1		2
							Bewertungsschlüssel	
							1	schlecht
							2	mangelhaft
							3	ausreichend
							4	gut
							5	sehr gut

8.5.4 Sensitivitätsanalyse

Im Wesentlichen erübrigt sich eine detaillierte Sensitivitätsanalyse. Variante 2 übertrifft in fast allen Kategorien die anderen Optionen. Lediglich im Preis schneidet sie schlechter ab, und in der Kompatibilität haben alle Varianten die gleiche Bewertung. Selbst wenn ich den Preis mit 40% gewichte und die Prozentsätze bei den anderen Kriterien entsprechend anpasse, bleibt Variante 2 klar an der Spitze. Daher steht für mich fest, dass Variante 2 eindeutig die beste Wahl ist.

8.5.5 Resultat der Variantenevaluation

Das Resultat der Variantenevaluation ist, dass die zweite Variante als die geeignetste ermittelt wurde. Obwohl diese Variante preislich die ungünstigste ist, übertrifft sie in allen anderen Aspekten die Alternativen oder ist zumindest gleichwertig. Insbesondere im Bereich der Benutzerfreundlichkeit ist sie dank des integrierten HMI die beste Wahl. Hinsichtlich der Kompatibilität sind alle Varianten aufgrund der Verwendung von Siemens-Produkten gleich gut, da Siemens eine hohe Kompatibilität aufweist und auch Fremdherstellerprodukte problemlos integriert werden können.

In Bezug auf die Performance überzeugt die 1515er CPU, da sie im Gegensatz zur 1512er CPU, welche bei der Motorsteuerung an ihre Leistungsgrenzen stossen könnte, auch für zukünftige Erweiterungen besser geeignet ist. Zudem bietet das HMI eine einfache Möglichkeit, die Steuerung, ohne den Bedarf zusätzlicher Taster und Schalter zu erweitern. Varianten mit Tastern sind zwar günstiger, erfordern jedoch bei jeder Erweiterung zusätzlichen baulichen Aufwand und weitere Eingangsmodule, während bei der HMI-Lösung die gesamte Kommunikation über Ethernet läuft.

8.6 Ausarbeitung der Variante «1515er CPU mit HMI als Bedienelement»

Nachdem ich die geeignetste Variante für meine Steuerung evaluiert und die Hauptelemente festgelegt hatte, begann ich mit der detaillierten Ausarbeitung dieser Variante.

Zunächst erstellte ich auf einem Blatt Papier einige Notizen zu den Bauteilen, die ich noch benötige oder möglicherweise brauchen könnte (siehe Abbildung 8).

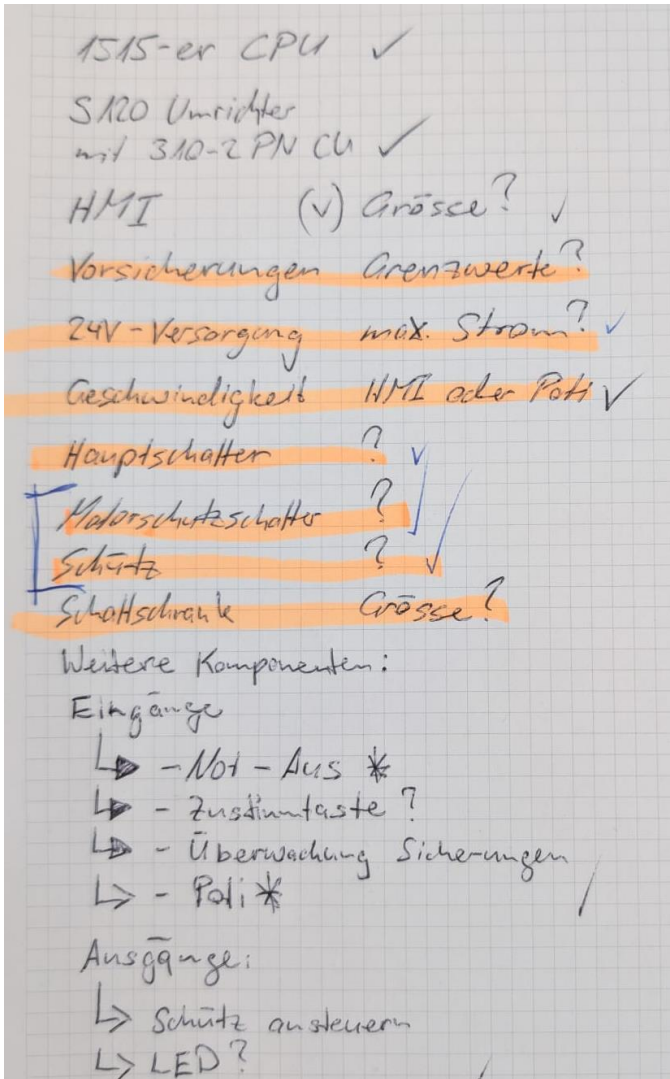


Abbildung 8: Notizen Bauteile

8.6.1 CPU und Umrichter

Schon zu Beginn wurde deutlich, dass es hinsichtlich der CPU sowie des Umrichters inklusive der Control Unit (CU) keine weiteren Anpassungen oder Änderungen geben würde. Diese Elemente waren bereits klar definiert und festgelegt.

8.6.2 HMI (Human Machine Interface)

Das HMI war eines der wenigen Elemente, bei dem noch kleinere Anpassungen vorgenommen werden mussten, insbesondere bezüglich der Grösse. Da das HMI nicht nur zur Visualisierung von Werten und Zuständen dient, sondern auch als zentrales Bedienelement fungiert, ist die Grösse entscheidend. In unserem Unternehmen werden CNC-Maschinen in der Regel über grosse Touchpanels oder HMIs bedient, die eine Vielzahl von Informationen und Daten für den Bediener bereitstellen. Diese Panels sind jedoch für mein Projekt überdimensioniert und zu kostspielig. Nach eingehender Überlegung und einer kurzen Recherche in der Firma fand ich eine passende Lösung bei einem unserer Paternoster-Systeme, in dem ein 9-Zoll-HMI verbaut ist. Diese Grösse schien ideal zu sein, da es weder zu klein noch zu gross ist. Um sicherzugehen, sprach ich mit den Mitarbeitern aus der Montage, die später auch die Teststeuerung bedienen werden. Sie bestätigten, dass diese Grösse optimal sei. Ein kurzer Check in unserem SAP-System zeigte, dass das HMI verfügbar war, und kurze Zeit später hatte ich es bereits auf meinem Schreibtisch.

8.6.3 Geschwindigkeitssteuerung

Für die Geschwindigkeitssteuerung hatte ich zwei Varianten im Kopf: die Steuerung entweder direkt über das HMI oder über ein Potentiometer. Auch hier erstellte ich einige Notizen und suchte das Gespräch mit den zukünftigen Bedienern der Steuerung. Gemeinsam kamen wir zu dem Schluss, dass die Steuerung über ein Potentiometer die bessere Lösung ist. Der Grund dafür ist, dass die Bediener im Falle einer Fehlfunktion sofort anhalten müssen, um mechanische Schäden zu vermeiden. Ein Potentiometer bietet hier den Vorteil, dass es schneller und zuverlässiger zu bedienen ist, da HMIs nicht immer auf jeden "Tastendruck" einwandfrei reagieren.

Interessanterweise setzen die Hersteller Siemens und Heidenhain weiterhin auf Potentiometer, wobei Siemens modernere CNC-Rotary-Encoder verwendet, die Impulse zählen und dadurch eine präzisere Steuerung ermöglichen. Diese Technologien sollen jedoch nicht Teil dieser Dokumentation sein.

8.6.4 Ein- und Ausgänge

Bei der Auswahl der Ein- und Ausgänge habe ich mich an den in unserer Firma üblichen Standards orientiert. Ich werde ein ET200-Interfacemodul verwenden, das über Ethernet mit der CPU verbunden wird. An dieses Modul können bis zu 32 Peripheriemodule angeschlossen werden. Die Verbindung ist steckbar, und die Kommunikation erfolgt über ein integriertes Bussystem. Das System ist leicht erweiterbar und ermöglicht eine einfache Fehleranalyse, da die einzelnen Module Fehlerprotokolle übermitteln.

Voraussichtlich werde ich folgende Module einsetzen:

- Ein Safety-Modul für den Not-Aus-Kreis und eine eventuelle Zustimmungstaste.
- Ein Analog-Eingangsmodul für das Potentiometer.
- Ein digitales Eingangsmodul zur Überwachung von Sicherungen.
- Ein Ausgangsmodul zur Ansteuerung eines Schützes und eventuell einiger LEDs.

8.6.5 24VDC-Versorgung

Um das geeignete Netzteil auszuwählen, musste ich den Gesamtstrombedarf der angeschlossenen Komponenten berechnen. Dafür habe ich die Datenblätter aller Stromverbraucher im 24VDC-Netz durchgesehen, darunter:

- CPU
- Interfacemodul
- Digitales Eingangsmodul
- Digitales Ausgangsmodul
- Analoges Eingangsmodul
- Safety-Modul
- Control Unit
- Panel

Die maximal benötigte Stromstärke beträgt 10,985 Ampere, was jedoch nur im Fall einer vollständigen Belastung aller 16 Ausgänge des Ausgangsmoduls gilt. Da momentan nur zwei Ausgänge genutzt werden, liegt der tatsächliche Bedarf bei maximal 3,985 Ampere. Da die Steuerung jedoch für Erweiterungen ausgelegt ist und in Zukunft alle 16 Ausgänge genutzt werden könnten, habe ich mich für ein Netzteil mit einem maximalen Ausgangsstrom von 20 Ampere entschieden. Dies bietet ausreichend Reserve, um zukünftige Erweiterungen problemlos zu bewältigen, ohne die Leistungsgrenze des Netzgeräts zu erreichen.

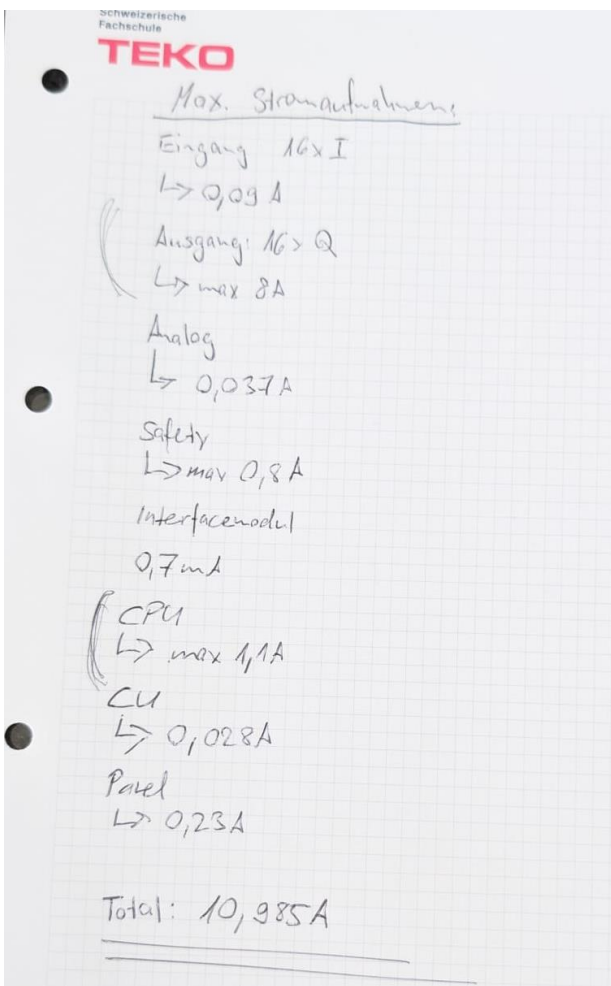


Abbildung 9: Notizen maximale Strom im 24V Netz

8.6.6 Hydraulikaggregat

Da ich bereits weiss, dass später ein Hydraulikaggregat über die Steuerung angesteuert werden soll, plane ich bereits den Motorschutzschalter und das Schütz mit ein. Es wird sich um das Standardaggregat handeln, das wir auch in den Maschinentypen RX10 und RX12 verbauen. Da die genauen Ventile und Niveausensoren des Aggregats noch nicht feststehen, halte ich mich bei der Planung der Ein- und Ausgänge hier noch etwas zurück.

Das Aggregat benötigt eine Stromversorgung von 400V und hat einen Nennstrom von 7A. Ich werde den Motorschutzschalter 3RV2011-1HA20 (Einstellbereich 5,5–8A) und das Schütz 3RT2025-2FB40 von Siemens verwenden, die wir auch in unseren Maschinen einsetzen.

8.6.7 Versicherungen

Die Steuerung wird mit 400V und 63A eingespeist, da alles unterhalb von 63A in unserer Firma mit einem RCD abgesichert ist, was in Verbindung mit dem Umrichter zu Problemen führen könnte. Um die Versicherungen zu bestimmen, habe ich die Datenblätter der zu sichernden Bauteile herangezogen. Für das Netzgerät wird ein Leitungsschutzschalter mit einem Auslösestrom von 32A empfohlen. Ich werde den Motorschutzschalter des Hydraulikaggregats ebenfalls an diesen LS anschliessen. Der Umrichter benötigt einen LS mit einem Auslösestrom von 16A, da der Nennstrom des Umrichters bei 13,99A liegt.

8.6.8 Hauptschalter

Der Hauptschalter muss mindestens für 63A ausgelegt sein. Da wir oft bei Elektromaterial.ch bestellen und das Material in der Regel am nächsten Tag geliefert wird, hat die Auswahl des Hauptschalters für mich derzeit keine hohe Priorität.

8.6.9 Absicherung des 24VDC-Steuerstromkreises

Für die Absicherung des 24VDC-Steuerstromkreises hatte ich zwei Optionen: eine Absicherung über Leitungsschutzschalter oder ein sogenanntes Sicherungsmodul. Das Sicherungsmodul hat mehrere Vorteile: Es kann bis zu vier Verbraucherkreise an einer 24VDC-Stromversorgung überwachen und schützt die Kreise vor Überlast. Bei Überlast schaltet es den betroffenen Kreis automatisch ab und signalisiert den Status über LEDs sowie einen Meldekontakt.

Wir verwenden heute bei unseren Maschinen ein Sicherungsmodul von Murr Elektronik, früher nutzten wir das 6EP1961-2BA00 von Siemens. Da noch einige dieser Siemens-Modelle bei uns vorhanden sind, werde ich eines davon einsetzen.

Dieses Sicherungsmodul bietet mehrere Vorteile, darunter die einfache Erweiterbarkeit und die zuverlässige Absicherung gegen Stromspitzen, ohne dass diese auf andere Kanäle übertragen werden. Zudem ist es durch die Alarmkontakte möglich, Fehlfunktionen direkt auf der Steuerung zu visualisieren.

8.7 Zusammenfassung Hardware

8.7.1 Zentrale Steuereinheit – Siemens CPU 1515

Die Siemens CPU 1515 aus der S7-1500-Serie ist das Herzstück der Steuerung und bietet eine robuste Plattform für die Steuerung von komplexen Automatisierungsprozessen.

- **Profinet-Kommunikation:** Über Profinet können mehrere Peripheriegeräte wie der Umrichter, das ET200-Interfacemodul und das HMI angebunden werden.
- **Erweiterbarkeit:** Dank des modularen Aufbaus kann die CPU um zusätzliche Ein-/Ausgabemodule oder Kommunikationsmodule erweitert werden, was eine hohe Flexibilität ermöglicht.
- **Sicherheitsfunktionen:** Die CPU unterstützt die Integration von sicherheitsrelevanten Funktionen wie Not-Halt über Failsafe-Module und bietet damit einen hohen Sicherheitsstandard.

8.7.2 ET200-Interfacemodul und I/O-Module

Das ET200-Interfacemodul ermöglicht die Verbindung der CPU mit verschiedenen Peripheriegeräten. Es bildet die Schnittstelle zu mehreren I/O-Modulen und sorgt für die dezentrale Anbindung:

- **Safety-Eingangsmodul:** Hierüber werden sicherheitskritische Eingänge wie der Not-Halt eingebunden, um die sichere Abschaltung der Anlage im Gefahrenfall zu gewährleisten.
- **Analoges Eingangsmodul:** Dient der Anbindung des Potentiometers, über das die Geschwindigkeitssteuerung der Motoren manuell angepasst werden kann.
- **Digitales Ausgangsmodul:** Hierüber wird die Ansteuerung von Schützen realisiert, beispielsweise für die optionale Erweiterung mit einem Hydraulikaggregat.
- **Digitales Eingangsmodul:** Dient der Überwachung von Sicherungen und Motorschutzschaltern, insbesondere im Hinblick auf das geplante Hydraulikaggregat. Diese Überwachung ist essenziell, um den sicheren Betrieb der Anlage zu gewährleisten.

8.7.3 SINAMICS S120 Umrichter PM240-2 mit CU310-2 PN

Der SINAMICS S120 Umrichter mit dem Leistungsmodul PM240-2 und der Control Unit CU310-2 PN ist für die präzise Steuerung der Motoren verantwortlich. Diese Lösung bietet hohe Flexibilität und Effizienz bei der Steuerung unterschiedlicher Antriebe.

- **PM240-2 Leistungsmodul:** Dieses Modul ermöglicht eine effiziente und dynamische Motorsteuerung, die auch bei komplexen Anforderungen zuverlässig arbeitet.
- **Control Unit CU310-2 PN:** Diese steuert den Umrichter und kommuniziert über Profinet direkt mit der CPU. Dadurch wird eine schnelle und fehlerfreie Übertragung der Steuerungsbefehle sichergestellt.
- **Überlastschutz:** Der Umrichter bietet integrierten Motorschutz und Überlastfunktionen, um Schäden an Motoren zu verhindern.
- **Erweiterbarkeit:** Über das digitale Ausgangsmodul kann ein Schütz angesteuert werden, um weitere Aggregate wie das Hydrauliksystem einzubinden.

8.7.4 Bedienung über HMI

Das HMI (Human Machine Interface) dient zur Visualisierung und Steuerung der Anlage. Es bietet eine benutzerfreundliche Oberfläche für den Bediener:

- **Visualisierung:** Wichtige Systemparameter wie Motordrehzahl, Betriebszustände und Fehler können auf dem HMI dargestellt werden.
- **Interaktion:** Der Bediener kann über das HMI direkt in den Prozess eingreifen, wie z. B. das Anpassen der Motordrehzahl oder das Starten/Stoppen der Motoren.

8.7.5 Geschwindigkeitssteuerung über Potentiometer

Zur manuellen Steuerung der Motordrehzahl wird ein Potentiometer eingesetzt, das an ein Analogmodul angeschlossen ist. Diese Lösung erlaubt es, die Motordrehzahl während des Betriebs flexibel zu verändern.

- **Stufenlose Geschwindigkeitsregelung:** Über das Potentiometer kann der Bediener die Drehzahl der Motoren flexibel anpassen.
- **Anbindung an Analogmodul:** Die Ausgangsspannung des Potentiometers wird von einem 24VDC-Analogmodul ausgewertet und von der CPU als Steuerungsbefehl verarbeitet.

8.7.6 Energieversorgung und Schutzmechanismen

Für eine sichere und stabile Energieversorgung werden verschiedene Schutzmechanismen und ein leistungsstarkes Netzgerät verwendet:

- **63A Einspeisung:** Die gesamte Steuerung wird über eine 63A-Einspeisung versorgt, um ausreichende Leistungsreserven für alle Komponenten sicherzustellen. Eine Absicherung mit 32A wurde verworfen, da diese durch FI-Schutzschalter Probleme verursacht hätte.
- **Leitungsschutzschalter:**
 - Ein 32A-Leitungsschutzschalter sichert das Netzgerät ab, das die 24VDC-Spannung für die Steuerung liefert.
 - Der Umrichter ist mit einem 16A-Leitungsschutzschalter abgesichert.
 - Für das optionale Hydraulikaggregat ist ein Motorschutzschalter vorgesehen.
- **Netzgerät:** Das Murr Elektronik Emparro Schaltnetzteil versorgt die 24VDC-Komponenten der Steuerung. Es liefert eine Ausgangsspannung von 24-28VDC bei einer maximalen Stromstärke von 20A, was für eine stabile Stromversorgung der Steuerkomponenten sorgt.

8.7.7 Absicherung des Steuerstromkreises

Zur Absicherung der 24VDC-Steuerstromkreise wird eine Lastüberwachung von Siemens verbaut. Das Modell bietet folgende Funktionen:

- **Schutz vor Überlast und Kurzschluss:** Die Lastüberwachung schützt den Steuerstromkreis, indem sie bei Überlast oder Kurzschluss sofort eingreift und den betroffenen Stromkreis abschaltet.
- **Kontinuierliche Überwachung:** Die Lastströme werden permanent überwacht, wodurch mögliche Probleme frühzeitig erkannt und vermieden werden.
- **Individuelle Anpassbarkeit:** Die Überwachungseinheit lässt sich an verschiedene Lastanforderungen anpassen, um einen optimalen Schutz für alle angeschlossenen Komponenten sicherzustellen.

In Kombination mit dem Emparro Schaltnetzteil von Murr Elektronik stellt die Lastüberwachung eine zuverlässige Absicherung der gesamten 24VDC-Komponenten sicher. Dies trägt zu einem stabilen und sicheren Betrieb der Steuerung bei und schützt vor ungeplanten Ausfällen.

8.7.8 Hauptschalter

Zur sicheren Abschaltung der Steuerung wird ein Hauptschalter integriert. Dieser erlaubt es, die gesamte Anlage im Notfall oder für Wartungszwecke sicher vom Netz zu trennen, was die Sicherheit des Bedienpersonals erhöht.

8.8 Fazit

Die ausgewählte Hardwarevariante bietet eine zuverlässige und flexible Lösung für die Steuerung der Palettierung. Die Siemens CPU 1515 in Kombination mit dem ET200-Interfacemodul ermöglicht eine einfache Erweiterung und Anbindung von zusätzlichen Modulen. Der SINAMICS S120 Umrichter sorgt für eine präzise Steuerung der Motoren, und das HMI bietet eine benutzerfreundliche Möglichkeit, die Anlage zu überwachen und zu steuern.

Mit dem Potentiometer kann die Motordrehzahl einfach angepasst werden. Die Energieversorgung und Absicherung sind durch das Murr Elektronik Schaltnetzteil und die Lastüberwachung gut geschützt, was für einen sicheren und stabilen Betrieb sorgt. Zudem ist die Steuerung flexibel erweiterbar, zum Beispiel für die geplante Ansteuerung eines Hydraulikaggregats.

8.9 Phasenplan zur Umsetzung der Variante «1515er CPU mit HMI als Bedienelement»

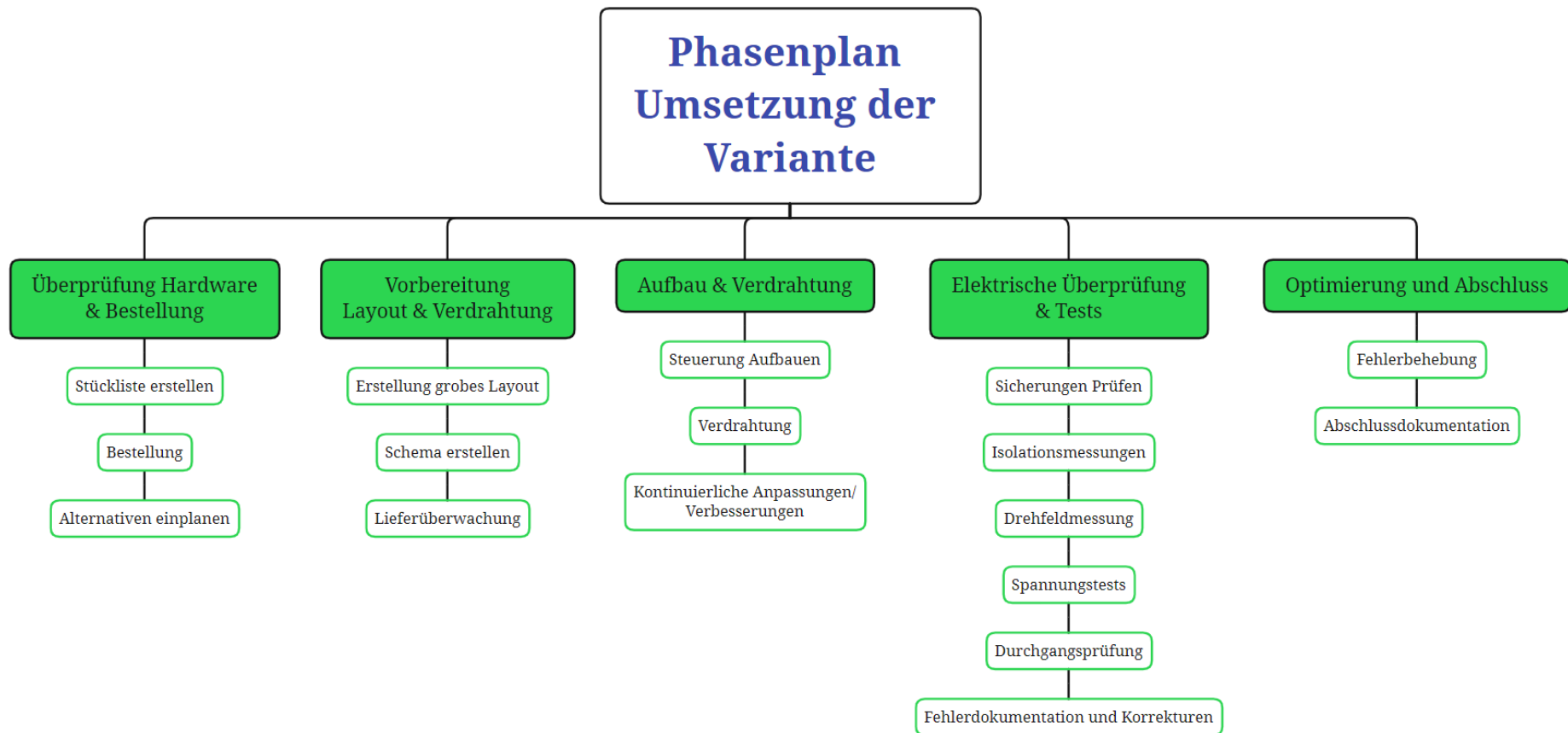


Abbildung 10: Phasenplan zur Umsetzung der Variante

8.10 SWOT-Analyse

Tabelle 14: SWOT-Analyse

<h1>SWOT-Analyse</h1> <p>Unternehmen: Reiden Technik AG</p> <p>Durchgeführt durch: Remo Nützi</p> <p>Datum: 09.09.2024</p>		Unternehmensanalyse	
		<p>Stärken (Strengths)</p> <p>Kosten- und Zeitersparnis bei der Inbetriebnahme: Durch die Vorab-Teststeuerung wird vermieden, dass bei der Inbetriebnahme des Verschiebemoduls an der Maschine Probleme wie Streifkollisionen auftreten. Dies reduziert mögliche Ausfallzeiten und spart Kosten.</p> <p>Erhöhte Qualitätssicherung: Die Möglichkeit, Montagefehler frühzeitig zu erkennen, verbessert die Qualität der Endprodukte und minimiert das Risiko teurer Nacharbeiten.</p> <p>Einsatz bewährter Komponenten: Die Nutzung von Siemens-Motoren und I/O-Link-Sensoren gewährleistet eine hohe Zuverlässigkeit und Integration in bestehende Systeme.</p> <p>Erweiterbarkeit der Hardware: Die Planung berücksichtigt zukünftige Erweiterungen, wie den Anschluss eines Hydraulikaggregats und zusätzliche I/O-Link-Sensoren, was Flexibilität für zukünftige Projekte bietet.</p> <p>Interdisziplinäre Zusammenarbeit: Regelmässiger Austausch zwischen den Abteilungen Montage, Elektroplanung, Automation und Konstruktion fördert das Verständnis und die Akzeptanz des Projekts.</p>	<p>Schwächen (Weaknesses)</p> <p>Abhängigkeit von Komponententlieferungen: Die Verdrahtung der Teststeuerung kann nur so weit erfolgen, wie die notwendigen Komponenten rechtzeitig geliefert werden. Verzögerungen könnten den Projektfortschritt behindern.</p> <p>Hohe Komplexität der Koordination: Da mehrere Abteilungen (Montage, Elektroplanung, Automation, Konstruktion) involviert sind, kann die Abstimmung und Koordination aufwändig sein. Missverständnisse oder Verzögerungen in der Kommunikation könnten den Projektzeitplan gefährden.</p> <p>Eingeschränkte Flexibilität bei Last-Minute-Änderungen: Sollte es kurz vor dem Abschluss zu unerwarteten Änderungen in den Anforderungen oder Spezifikationen kommen, könnte dies die bereits getätigte Planung und Verdrahtung erheblich erschweren oder sogar zu Rückschritten führen.</p>
<p>Umwelt-analyse</p>	<p>Chancen (Opportunities)</p> <p>Optimierung des Produktionsprozesses: Die erfolgreiche Umsetzung der Teststeuerung könnte als Modell für weitere Automatisierungsprojekte dienen und so die Effizienz und Qualität in der Produktion langfristig steigern.</p>	<p>Aus welchen Stärken ergeben sich neue Chancen?</p> <p>Kosten- und Zeitersparnis bei der Inbetriebnahme -> Optimierung des Produktionsprozesses: Die Teststeuerung verhindert Probleme wie Streifkollisionen, was nicht nur Kosten spart, sondern auch den gesamten Produktionsprozess optimieren kann.</p>	<p>Schwächen eliminieren, um neue Chancen zu nutzen</p> <p>Abhängigkeit von Komponententlieferungen -> Optimierung des Produktionsprozesses: Um diese Chance zu nutzen, sollte die Abhängigkeit von Lieferungen minimiert werden, z. B. durch bessere Planung und Pufferzeiten. So kann der Produktionsprozess optimiert werden, ohne durch Verzögerungen behindert zu werden.</p>

<p>Wettbewerbsvorteil durch Innovationskraft: Die frühe Identifikation und Behebung potenzieller Probleme verleiht der Firma einen technologischen Vorsprung gegenüber Wettbewerbern, die solche Tests erst in späteren Phasen durchführen.</p> <p>Verbesserte Dokumentation und Transparenz: Die geplante, umfassende Dokumentation und Nutzung eines Ticketsystems zur Protokollierung von Statusberichten fördert die Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Projektentwicklung.</p>	<p>Diese Erfahrung könnte als Modell für zukünftige Projekte dienen, was die Effizienz weiter steigert.</p> <p>Erhöhte Qualitätssicherung -> Wettbewerbsvorteil durch Innovationskraft: Durch die frühzeitige Erkennung von Montagefehlern wird die Qualität der Endprodukte gesichert. Dies führt zu einem Wettbewerbsvorteil, da potenzielle Probleme frühzeitig identifiziert und behoben werden.</p> <p>Einsatz bewährter Komponenten -> Verbesserte Dokumentation und Transparenz: Die Nutzung zuverlässiger Komponenten ermöglicht eine präzise und standardisierte Dokumentation, was die Transparenz und Nachvollziehbarkeit des Projekts erhöht.</p> <p>Erweiterbarkeit der Hardware -> Optimierung des Produktionsprozesses: Die Planung, die zukünftige Erweiterungen berücksichtigt, ermöglicht es, den Produktionsprozess flexibler zu gestalten und neue Automatisierungsprojekte effizienter umzusetzen.</p> <p>Interdisziplinäre Zusammenarbeit -> Verbesserte Dokumentation und Transparenz: Regelmässiger Austausch zwischen den Abteilungen fördert ein besseres Verständnis und eine klarere Kommunikation, was zu einer besseren Dokumentation und Transparenz im Projektverlauf führt.</p>	<p>Hohe Komplexität der Koordination -> Wettbewerbsvorteil durch Innovationskraft: Durch Verbesserung der Koordinationsprozesse (z. B. durch regelmässige Meetings oder klare Kommunikationswege) kann die Firma ihre Innovationskraft besser ausspielen und so einen Wettbewerbsvorteil erzielen.</p> <p>Eingeschränkte Flexibilität bei Last-Minute-Änderungen -> Verbesserte Dokumentation und Transparenz: Um unerwartete Änderungen besser handhaben zu können, könnte ein flexibleres Planungssystem eingeführt werden, was wiederum zu einer verbesserten Dokumentation und Transparenz führt.</p>
<p>Risiken (Threats)</p> <p>Technologische Risiken: Sollte die Teststeuerung unerwartete Probleme mit den Siemens-Motoren oder der Integration weiterer Komponenten aufweisen, könnte dies zu erheblichen Verzögerungen führen.</p> <p>Terminrisiken: Unvorhergesehene Schwierigkeiten oder Verzögerungen bei der Hardwareplanung oder -verdrahtung könnten den pünktlichen Abschluss des Projekts gefährden, insbesondere in Bezug auf die strikten Abgabetermine.</p>	<p>Welche Stärken minimieren Risiken?</p> <p>Kosten- und Zeitersparnis bei der Inbetriebnahme -> Terminrisiken: Durch die effiziente Teststeuerung können Probleme frühzeitig erkannt und behoben werden, was das Risiko von Terminverzögerungen minimiert.</p> <p>Erhöhte Qualitätssicherung -> Technologische Risiken: Die frühzeitige Erkennung von Montagefehlern reduziert das Risiko technischer Probleme mit Motoren und anderen Komponenten erheblich.</p> <p>Einsatz bewährter Komponenten -> Technologische Risiken: Die Nutzung von zuverlässigen Komponenten verringert das Risiko technischer Schwierigkeiten während der Implementierung.</p>	<p>Strategien, damit Schwächen nicht zu Risiken werden?</p> <p>Abhängigkeit von Komponentenlieferungen -> Terminrisiken: Strategien zur Minderung dieser Schwäche könnten sein, alternative Lieferanten zu identifizieren oder grössere Lagerbestände kritischer Komponenten anzulegen, um Terminrisiken zu minimieren.</p> <p>Hohe Komplexität der Koordination -> Technologische Risiken: Eine klare Zuweisung von Verantwortlichkeiten und ein zentralisiertes Kommunikationssystem könnten helfen, Koordinationsprobleme zu verringern und technologische Risiken durch Missverständnisse zu minimieren.</p> <p>Eingeschränkte Flexibilität bei Last-Minute-Änderungen -> Änderungen in den Projektanforderungen: Die Einführung eines flexibleren Projektmanagementansatzes, z. B. durch Agile-Methoden, könnte dazu beitragen,</p>

	<p>Änderungen in den Projektanforderungen: Wenn während der Projektlaufzeit neue Anforderungen oder Änderungen durch externe Faktoren oder Abteilungen aufkommen, könnte dies den Umfang und die Komplexität der Arbeit erhöhen.</p>	<p>Erweiterbarkeit der Hardware -> Änderungen in den Projektanforderungen: Da die Hardware erweiterbar geplant ist, können neue Anforderungen oder Änderungen leichter integriert werden, wodurch das Risiko einer erhöhten Projektkomplexität gesenkt wird.</p> <p>Interdisziplinäre Zusammenarbeit -> Terminrisiken: Durch den regelmässigen Austausch zwischen den Abteilungen wird das Risiko von Missverständnissen und Kommunikationsproblemen, die zu Terminverzögerungen führen könnten, minimiert.</p>	<p>kurzfristige Änderungen besser zu integrieren und so das Risiko von Rückschlägen zu reduzieren.</p>
--	---	---	--

8.11 Risikoanalyse Sicherheit

Die vorliegende Risikoanalyse hat das Ziel, potenzielle Gefahren zu identifizieren und zu bewerten, die während des Betriebs und der Wartung der Steuerungseinheit für das Verschiebemodul und das Drehmodul der Palettierung auftreten können. Darüber hinaus dient diese Analyse als wichtige Grundlage für die Planung der Steuerung, indem sie aufzeigt, welche Eingänge, Ausgänge und Sicherheitsvorkehrungen erforderlich sind, um den sicheren und effizienten Betrieb der Anlagen zu gewährleisten. Die Berücksichtigung dieser Risiken ist entscheidend, um sicherzustellen, dass die Steuerung nicht nur den aktuellen Anforderungen entspricht, sondern auch zukunftssicher und flexibel bleibt. Durch die Bewertung der Wahrscheinlichkeit und des Ausmasses der Auswirkungen potenzieller Risiken können gezielte Massnahmen zur Risikominderung entwickelt werden, die sowohl die Sicherheit der Mitarbeiter als auch die Effizienz des gesamten Systems fördern.

8.11.1 Legenden für die Risikoeinstufung

Tabelle 15: Wahrscheinlichkeit des Eintreffens (Sicherheit)

Wahrscheinlichkeit	Beschreibung	Bedeutung
gering (1)	Sehr unwahrscheinlich, dass das Risiko eintritt.	Kaum mögliche Vorfälle, keine sofortige Massnahmen erforderlich.
mittel (2)	Unwahrscheinlich, dass das Risiko eintritt.	Seltene Vorfälle, jedoch überwacht. Es sind gelegentliche Massnahmen ratsam.
hoch (3)	Mässig wahrscheinlich, dass das Risiko eintritt.	Vorfälle sind möglich und können sporadisch auftreten. Es sind vorbeugende Massnahmen erforderlich.
sehr hoch (4)	Sehr wahrscheinlich, dass das Risiko eintritt.	Hohe Wahrscheinlichkeit von Vorfällen, sofortige Massnahmen notwendig, um Risiken zu minimieren.

Tabelle 16: Ausmass der Auswirkungen (Sicherheit)

Ausmass der Auswirkungen	Beschreibung	Bedeutung
gering (1)	Keine oder sehr leichte Verletzungen, die keinen Arbeitsausfall verursachen.	Geringes Risiko; betroffene Person kann schnell wieder arbeiten.
mittel (2)	Leichte Verletzungen, die eventuell zu kurzen Arbeitsunterbrechungen führen können.	Moderates Risiko; vorübergehende Einschränkungen, mögliche Kosten für den Betrieb.
hoch (3)	Schwere Verletzungen, die zu längeren Arbeitsunterbrechungen führen können.	Hoher Aufwand für medizinische Versorgung; längere Abwesenheit von Arbeitern.
sehr hoch (4)	Irreversibler Schaden oder Tod, was zu einem vollständigen Ausfall des Betriebs führen kann.	Extremes Risiko; erhebliche rechtliche und finanzielle Konsequenzen für das Unternehmen.

8.11.2 Risikomatrix

Tabelle 17 Risikomatrix (Sicherheit)

sehr hoch (4)	4	8	12	16
hoch (3)	3	6	9	12
mittel (2)	2	4	6	8
gering (1)	1	2	3	4
	gering (1)	mittel (2)	hoch (3)	sehr hoch (4)

8.11.3 Risikoanalysetabelle

Tabelle 18: Risikoanalysetabelle (Sicherheit) Teil 1

Risiko	Auswirkung	Wahrscheinlichkeit	Ausmass der Auswirkungen	Risikowert (Wahrscheinlichkeit * Ausmass)	Massnahmen zur Risikominimierung
Unbeabsichtigte Bewegung des Moduls	Verletzungen durch unerwartete Bewegungen der Module.	hoch (3)	sehr hoch (4)	12	Zustimmtaste (muss gedrückt sein) + Befehl am Panel. Schulung der Bediener zur Sicherheit.
Fehlender Not-Aus für zweite Person	Verzögerungen im Betrieb und potenzielle Verletzungen.	mittel (2)	hoch (3)	6	Vorbereitung für Integration eines weiteren Not-Aus-Knopfs im Schaltschrank.
Mangelnde Sicherheit bei Wartungsarbeiten	Verletzungen durch Stromschläge während der Wartung.	hoch (3)	sehr hoch (4)	12	Hauptschalter mit Türkupplung und Schloss. Anweisung für sicheres Arbeiten.
Spannungsführende Leitungen	Schwere Verletzungen oder tödliche Unfälle durch elektrischen Kontakt.	sehr hoch (4)	sehr hoch (4)	16	Hauptschalter muss abgeschaltet sein. Kennzeichnung der Spannung. Schulung des Personals.
Nicht gesicherte Zugänge zu beweglichen Teilen	Verletzungen durch unbeabsichtigten Kontakt mit beweglichen Teilen.	hoch (3)	hoch (3)	9	Vorsehen von sicheren Eingängen für Türschalter und Absicherung der Gefahrenbereiche.
Fehlende Sicherheitsvorkehrungen bei Automatikbetrieb	Unfälle durch unkontrollierte Bewegungen während des Betriebs.	hoch (3)	sehr hoch (4)	12	Implementierung zusätzlicher Sicherheitseingänge für Türschalter.

Tabelle 19: Risikoanalysetabelle (Sicherheit) Teil 2

Unzureichende Schulung der Mitarbeiter	Fehlbedienungen, die zu Schäden oder Verletzungen führen.	hoch (3)	hoch (3)		9 Regelmässige Schulungen und Sicherheitsunterweisungen für das Personal.
Falsches Bedienen der Steuerung durch unerfahrene Nutzer	Unfälle durch fehlerhafte Bedienung, mögliche Verletzungen.	hoch (3)	sehr hoch (4)		12 Bereitstellung einer klaren Bedienungsanleitung und Schulung für alle Benutzer.
Schaltkreisfehler oder Kurzschlüsse im Schaltschrank	Brandgefahr oder Ausfall der gesamten Steuerung.	mittel (2)	sehr hoch (4)		8 Regelmässige Inspektionen der elektrischen Komponenten, Verwendung von Schutzvorrichtungen (z.B. LS).
Überlastung der elektrischen Komponenten	Ausfall von Komponenten oder Brandgefahr.	hoch (3)	sehr hoch (4)		12 Sicherstellen, dass die elektrischen Komponenten den spezifizierten Anforderungen entsprechen.
Temperaturanstieg im Schaltschrank	Überhitzung, die zu Ausfällen oder Brandgefahr führen kann.	mittel (2)	hoch (3)		6 Installation von Belüftungssystemen und regelmässige Überprüfung der Temperaturen.
Mangelnde Dokumentation der Sicherheitsvorkehrungen	Missverständnisse, die zu unsicheren Bedingungen führen können.	hoch (3)	hoch (3)		9 Sicherstellen, dass alle Sicherheitsvorkehrungen dokumentiert und regelmässig aktualisiert werden.
Schadhafte oder defekte Bauteile	Ausfälle oder Sicherheitsrisiken durch defekte Komponenten.	hoch (3)	sehr hoch (4)		12 Regelmässige Wartung und Inspektion der Bauteile, Ersatz defekter Teile.

8.11.4 Fazit

Zusammenfassend zeigt die durchgeführte Risikoanalyse, dass mehrere Risiken im Zusammenhang mit der Steuerung des Verschiebemoduls und des Drehmoduls bestehen, die sowohl die Sicherheit der Mitarbeiter als auch die Effektivität der Steuerung beeinträchtigen können. Die Analyse hat nicht nur die Notwendigkeit von Sicherheitsmassnahmen wie Zustimmungstasten und Not-Aus-Schaltern aufgezeigt, sondern auch die Planung relevanter Eingänge und Ausgänge zur Vermeidung potenzieller Gefahren. Es ist entscheidend, diese Sicherheitsvorkehrungen von Anfang an in die Planung der Steuerung zu integrieren, um mögliche Risiken zu minimieren und einen reibungslosen Betrieb zu gewährleisten. Regelmässige Schulungen und Überprüfungen der Sicherheitsvorkehrungen sind ebenso notwendig, um die Mitarbeiter im Umgang mit der Steuerung zu schulen und potenzielle Unfälle zu vermeiden. Letztlich trägt eine sorgfältige Risikoanalyse nicht nur zum Schutz der Mitarbeiter bei, sondern unterstützt auch die Effizienz und Stabilität des Produktionsprozesses, indem sie die erforderlichen Bedingungen für die sichere und effektive Steuerung schafft.

8.12 Kosten-Nutzen-Analyse

8.12.1 Stückliste

In diesem Abschnitt wird die Kosten-Nutzen-Analyse der Teststeuerung vorgestellt. Dazu habe ich eine detaillierte Stückliste aller benötigten Bauteile erstellt. Die Liste enthält sowohl die SAP-Nummern (interne Artikelnummern) als auch die Herstellerartikelnummern der Bauteile. Zusätzlich habe ich die Preise für jedes Teil aufgenommen, um die Kosten transparent darzustellen.

Beim Erstellen der Liste habe ich alle Teile, die für die Teststeuerung nötig sind, erfasst und die Preise auf Basis der aktuellen Daten ermittelt. Diese Stückliste dient als Grundlage, um die Kosten der Hardware genau zu berechnen und später den Nutzen zu bewerten.

Tabelle 20: Stückliste (Teil1)

Stk.	Benennung	Zeichnung Nr.	Art-Nr.	Grösse	Type	Lieferant	Stk. Preis	Ges. Preis
1	Simatic ET200SP Busadapter Profinet	91020.00123			6ES7193-6AR00-0AA0	Siemens	32.24.-	32.24.-
2	Simatic ET200SP Base-Unit Einspeiseklemme	91020.00124		BU15-P16+A0+2D, BU-Typ A0 Push-In-Einspeisekl.	6ES7193-6BP00-0DA0	Siemens	15.50.-	31.00.-
2	Simatic ET200SP Base-Unit Klemmen nach links gebrückt	91020.00125		BU15-P16+A0+2B, BU-Typ A0, Push-In-Klemmen. nach links gebrückt	6ES7193-6BP00-0BA0	Siemens	8.77.-	17.54.-
1	Simatic ET200SP, Elektronikmodul	91020.00126		F-DI 8x24VDC HF	6ES7136-6BA01-0CA0	Siemens	157.45.-	157.45.-
1	Simatic ET200SP, Elektronikmodul 16E	91020.00128		DI 16XDC 24V	6ES7131-6BH01-0BA0	Siemens	49.97.-	49.97.-
1	Simatic ET200SP, Elektronikmodul 16A/0.5A	91020.00129		DQ 16x24VDC/0,5A	6ES7132-6BH01-0BA0	Siemens	57.36.-	57.36.-
1	Simatic ET200SP, Elektronikmodul	91020.00132		AI 2xU Standard	6ES7134-6FB00-0BA1	Siemens	83.95.-	83.95.-
1	Simatic ET200SP Interfacemodul Profinet	91020.00161			6ES7155-6AU01-0CN0	Siemens	166.93.-	166.93.-
1	SIMATIC, CPU 1515F-2 PN, 750KB Prog., 3MB Daten	91020.00215			6ES7515-2FM02-0AB0	Siemens	2'102.08.-	2'102.08.-
1	SIMATIC HMI, TP700	91020.00227			6AV2143-6GB00-0AA0	Siemens	533.25.-	533.25.-
1	Simatic S7 Memory Card	91020.00235		24MB	6ES7954-8LF04-0AA0	Siemens	228.31.-	228.31.-
1	Sicherheitsbremsrelais zu Baugrösse FSB	91521.00051			6SL3252-0BB01-0AA0	Siemens	71.41.-	71.41.-
1	SINAMICS Control Unit CU310-2 PN	91521.00069			6SL3040-1LA01-0AA0	Siemens	490.40.-	490.40.-
1	SINAMICS S120 SD-Card	91521.00076		SD-Karte zu Umrichter	6SL3054-0FB10-1BA0-Z F01	Siemens	195.41.-	195.41.-
1	Sicherungsautomat	92011.00011	R06128	10A 3polig	FAZ-C10/3	Eaton	49.14.-	49.14.-
1	Leitungsschutzschalter	92011.00013		16A 3polig	FAZ-C16/3	Eaton	37.86.-	37.86.-
1	Sicherungsmodul SITOP Select	92011.00031			6EP1961-2BA00	Siemens	105.21.-	105.21.-
1	Leistungsschalter	92020.00073			3RV2011-1HA20	Siemens	40.72.-	40.72.-
1	Hilfsschalter zu Leistungsschalter	92020.00080			3RV2901-2E	Siemens	6.37.-	6.37.-
1	Schütz	92030.00046		7,5kW / 24VDC mit Schutzdiode	3RT2025-2FB40	Siemens	68.45.-	68.45.-
1	Netzgerät 20A	92060.00025		3x400V / DC24-28V/20A	85692	Murr Elektronik	229.56.-	229.56.-
1	Potentiometer	92065.10011		M22-R10k	415825 / M22-R10K/229491	Eaton	15.57.-	15.57.-
1	Leuchtdrucktaste	92320.25001			RRJT	Spälti Schaltgeräte AG	4.63.-	4.63.-
1	Tasterkappe	92320.25002			T22RRKL	Spälti Schaltgeräte AG	0.21.-	0.21.-
1	Einlegeschild	92320.25032			BSRR111	Spälti Schaltgeräte AG	0.44.-	0.44.-
1	Not-Aus Taste	92320.25040			FRVKOO	Spälti Schaltgeräte AG	14.86.-	14.86.-
1	Kontaktelement	92320.25044			CTL2	Spälti Schaltgeräte AG	5.15.-	5.15.-
1	Kabel	93110.03001		3 x 1.00mm ² 2P+PE (Speisung Panel)	110182	Lütze	2.22.-	2.22.-
1	Kabel	93110.05003		5 x 1 mm ² 4P + PE (1x3m für Not-Aus und 1x3m für Zustimmungtaste)	113052	Lütze	10.32.-	10.32.-
1	Kabel	93120.04007		2 x 2 x 0,5 mm ² abgeschirmt (Potentiometer)	117190	Lütze	4.71.-	4.71.-
1	Kabel	93150.05028		DRIVE-CLIQ Leitung L: 0.16m	6SL3060-4AD00-0AA0	Siemens	14.57.-	14.57.-
1	Patchkabel RJ45	93150.95065		parallel / grün / L=3.0m / Cat 6a ET200 P2 -> Panel	2614817-UO / CQ9065S		4.35.-	4.35.-
2	Patchkabel RJ45	93150.95088		parallel / grün / L=0.3m / Cat 6a CPU -> Control Unit und CPU -> ET200	2614782-UO		2.52.-	5.04.-
1	SIMATIC S7-1500, Profilschiene 160 mm	93251.00006		B:160, H155, T16mm	6ES7590-1AB60-0AA0	Siemens	11.59.-	11.59.-
1	Potentialverteilklemme	93512.00105			3214016 PTU 16/14X2,5 GY	Phoenix Contact AG	2.15.-	2.15.-
1	Potentialklemmenblock	93599.00003			56081		33.40.-	33.40.-

Tabelle 21: Stückliste (Teil 2)

1	NOT-AUS Hauptschalter	xxx	VCCF3 SE VARIO J/R 63A 3P 4 Schraub.	VCCF3	EM	58.86.-	58.86.-
1	Stecker CEE Bals	xxx	5P 32A 400V	21566	EM	84.89.-	84.89.-
1	Modlink MSDD Einbaurahmen 1-fach transparent	xxx		4000-68512-0000001	Murr Elektronik	33.23.-	33.23.-
1	Modlink MSDD Datensteckverbindereinsatz	xxx		4000-68000-1200000	Murr Elektronik	14.77.-	14.77.-
1	Powermodule PM240-2	xxx		6SL3210-1PE21-1AL0	Siemens	466.69.-	466.69.-
1	Wandgehäuse	xxx	1000x800x300	MAS1008030R5	swibox	444.30.-	444.30.-
Ergebnis						5'959.77.-	5'986.56.-
	Artikel lagergeführt						
	Artikel nicht lagergeführt						
	Artikel werden an Maschine nicht mehr verbaut (Aufbrauchen)						

8.12.2 Abrechnung

Im nächsten Schritt habe ich eine Abrechnung erstellt, in der alle verbauten Bauteile mit ihren jeweiligen Preisen aufgeführt und die Arbeitskosten anhand der aufgewendeten Stunden verrechnet sind. Die Stunden für die Konstruktion und die Softwareentwicklung basieren auf Schätzungen, da diese Arbeiten erst nach Abschluss meiner Diplomarbeit beginnen.

Zusätzlich habe ich einige Bauteile wie den Schütz, den Leistungsschalter und den Hilfsschalter abgezogen, da sie nicht zum Umfang meiner Diplomarbeit gehören und erst für spätere Erweiterungen verwendet werden. Sie sind daher nicht Teil meiner Kosten-Nutzen-Analyse.

Tabelle 22: Abrechnung (Teil 1)

Position	Anzahl	Einheit	Bezeichnung	Einzelpreis	Gesamtpreis	Bemerkungen
Material						
1	1	Stück	Simatic ET200SP Busadapter Profinet	CHF 32.24	CHF 32.24	
2	2	Stück	Simatic ET200SP Base-Unit Einspeiseklemme	CHF 15.50	CHF 31.00	
3	2	Stück	Simatic ET200SP Base-Unit Klemmen nach links gebri	CHF 8.77	CHF 17.54	
4	1	Stück	Simatic ET200SP, Elektronikmodul	CHF 157.45	CHF 157.45	
5	1	Stück	Simatic ET200SP, Elektronikmodul 16E	CHF 49.97	CHF 49.97	
6	1	Stück	Simatic ET200SP, Elektronikmodul 16A/0.5A	CHF 57.36	CHF 57.36	
7	1	Stück	Simatic ET200SP, Elektronikmodul	CHF 83.95	CHF 83.95	
8	1	Stück	Simatic ET200SP Interfacemodul Profinet	CHF 166.93	CHF 166.93	
9	1	Stück	SIMATIC, CPU 1515F-2 PN, 750KB Prog., 3MB Daten	CHF 2'102.08	CHF 2'102.08	
10	1	Stück	SIMATIC HMI, TP700	CHF 533.25	CHF 533.25	
11	1	Stück	Simatic S7 Memory Card	CHF 228.31	CHF 228.31	
12	1	Stück	Sicherheitsbremsrelais zu Baugrösse FSB	CHF 71.41	CHF 71.41	
13	1	Stück	SINAMICS Control Unit CU310-2 PN	CHF 490.40	CHF 490.40	
14	1	Stück	SINAMICS S120 SD-Card	CHF 195.41	CHF 195.41	
15	1	Stück	Sicherungsautomat	CHF 49.14	CHF 49.14	
16	1	Stück	Leitungsschutzschalter	CHF 37.86	CHF 37.86	
17	1	Stück	Sicherungsmodul SITOP Select	CHF 105.21	CHF 105.21	
18	1	Stück	Leistungsschalter	CHF 40.72	CHF 40.72	
19	1	Stück	Hilfsschalter zu Leistungsschalter	CHF 6.37	CHF 6.37	
20	1	Stück	Schütz	CHF 68.45	CHF 68.45	
21	1	Stück	Netzgerät 20A	CHF 229.56	CHF 229.56	
22	1	Stück	Potentiometer	CHF 15.57	CHF 15.57	
23	1	Stück	Leuchtdrucktaste	CHF 4.63	CHF 4.63	
24	1	Stück	Tasterkappe	CHF 0.21	CHF 0.21	
25	1	Stück	Einlegeschild	CHF 0.44	CHF 0.44	
26	1	Stück	Not-Aus Taste	CHF 14.86	CHF 14.86	
27	1	Stück	Kontaktelement	CHF 5.15	CHF 5.15	
28	1	Stück	Kabel	CHF 2.22	CHF 2.22	
29	1	Stück	Kabel	CHF 10.32	CHF 10.32	
30	1	Stück	Kabel	CHF 4.71	CHF 4.71	
31	1	Stück	Kabel	CHF 14.57	CHF 14.57	
32	1	Stück	Patchkabel RJ45	CHF 4.35	CHF 4.35	
33	2	Stück	Patchkabel RJ45	CHF 2.52	CHF 5.04	
34	1	Stück	SIMATIC S7-1500, Profilschiene 160 mm	CHF 11.59	CHF 11.59	
35	1	Stück	Potentialvertelklemme	CHF 2.15	CHF 2.15	
36	1	Stück	Potentialklemmenblock	CHF 33.40	CHF 33.40	
37	1	Stück	NOT-AUS Hauptschalter	CHF 58.86	CHF 58.86	
38	1	Stück	Stecker CEE Bals	CHF 84.89	CHF 84.89	
39	1	Stück	Modlink MSDD Einbaurahmen 1-fach transparent	CHF 33.23	CHF 33.23	
40	1	Stück	Modlink MSDD Datensteckverbindereinsatz	CHF 14.77	CHF 14.77	
41	1	Stück	Powermodule PM 240-2	CHF 466.69	CHF 466.69	
42	1	Stück	Wandgehäuse	CHF 444.30	CHF 444.30	
43	1	Stück	Verbrauchsmaterial	CHF 50.00	CHF 50.00	
44	1	Stück	Konstruktiver aufbau	CHF 500.00	CHF 500.00	Schätzung
Summe Material				CHF 6'509.77	CHF 6'536.56	

Tabelle 23: Abrechnung (Teil 2)

Arbeit					
43	21.92 Stunden	Automation (Remo Nützi)	CHF 92.00	CHF 2'016.64	
44	3 Stunden	Elektroplanung/Schemazeichnen	CHF 95.00	CHF 285.00	
45	10 Stunden	Software	CHF 156.00	CHF 1'560.00	Schätzung
46	3 Stunden	Konstruktion	CHF 120.00	CHF 360.00	Schätzung
Summe Arbeit			<u>CHF 463.00</u>	<u>CHF 4'221.64</u>	
Abzüge					
18	1 Stück	Leistungsschalter	-CHF 40.72	-CHF 40.72	Erweiterung (nicht Teil DA)
19	1 Stück	Hilfsschalter zu Leistungsschalter	-CHF 6.37	-CHF 6.37	Erweiterung (nicht Teil DA)
20	1 Stück	Schütz	-CHF 68.45	-CHF 68.45	Erweiterung (nicht Teil DA)
Summe Abzüge			<u>-CHF 115.54</u>	<u>-CHF 115.54</u>	
Total				<u>CHF 10'642.66</u>	

8.12.3 Kosten-Nutzen-Analyse

In dieser Tabelle wird die Kosten-Nutzen-Analyse für die Teststeuerung präsentiert. Bei der Erstellung der Tabelle wurde zunächst eine umfassende Analyse der erforderlichen Materialien und Arbeitsstunden durchgeführt, um die Gesamtkosten der Teststeuerung zu ermitteln.

Die potenziellen Kosten, die ohne die Teststeuerung aufgrund von Fehlern während der Montage und Inbetriebnahme entstehen könnten, wurden durch den Werkstatteleiter ermittelt. Er stellte diese Kosten auf Basis von Erfahrungswerten aus den letzten Jahren zusammen, um realistische Schätzungen zu liefern. Diese umfassen sowohl Materialschäden als auch die Kosten für Reparaturen sowie den notwendigen Ausbau und Wiedereinbau des Systems.

Die Auswertung der Tabelle zeigt die Einsparungen, die durch den Einsatz der Teststeuerung erzielt werden können. Diese Analyse verdeutlicht die wirtschaftlichen Vorteile der Teststeuerung und deren entscheidende Rolle bei der Vermeidung von Fehlern und damit verbundenen Kosten in der Zukunft.

Tabelle 24: Kosten-Nutzen-Analyse

	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5
Kosten der Teststeuerung					
Materialkosten	CHF 6'421.02	-	-	-	-
Arbeitskosten	CHF 4'221.64	-	-	-	-
Wartungsarbeiten (1 Automatiker, 2 Stunden)		CHF 184.00	CHF 184.00	CHF 184.00	CHF 184.00
Jeweiliges Anschliessen für Testlauf (1 Automatiker, 0,5 Stunden)	CHF 46.00	CHF 46.00	CHF 46.00	CHF 46.00	CHF 46.00
Kosten der Teststeuerung pro Jahr	CHF 10'688.66	CHF 230.00	CHF 230.00	CHF 230.00	CHF 230.00
Kosten ohne Teststeuerung					
Ausbau nötig (1 Fall pro Jahr)					
Defektes Material	CHF 750.00	CHF 750.00	CHF 750.00	CHF 750.00	CHF 750.00
Ausbau Palettiersystem (1 Tag, 2 Mitarbeiter)	CHF 1'260.00	CHF 1'260.00	CHF 1'260.00	CHF 1'260.00	CHF 1'260.00
Reparatur (1 Tage, 1 Mitarbeiter)	CHF 630.00	CHF 630.00	CHF 630.00	CHF 630.00	CHF 630.00
Wiedereinbau Palettiersystem (1 Tag, 2 Mitarbeiter)	CHF 1'260.00	CHF 1'260.00	CHF 1'260.00	CHF 1'260.00	CHF 1'260.00
Ausrichtung des Moduls (0,5 Tage, 1 Mitarbeiter)	CHF 315.00	CHF 315.00	CHF 315.00	CHF 315.00	CHF 315.00
Ausbau nicht nötig (1 Fall pro Jahr)					
Defektes Material	CHF 750.00	CHF 750.00	CHF 750.00	CHF 750.00	CHF 750.00
Reparatur (1 Tage, 1 Mitarbeiter)	CHF 630.00	CHF 630.00	CHF 630.00	CHF 630.00	CHF 630.00
Gesamtkosten pro Jahr ohne Teststeuerung	CHF 5'595.00	CHF 5'595.00	CHF 5'595.00	CHF 5'595.00	CHF 5'595.00
Gesamtkosten ohne Teststeuerung	CHF 5'595.00	CHF 11'190.00	CHF 16'785.00	CHF 22'380.00	CHF 27'975.00
Gesamtkosten Teststeuerung	CHF 10'688.66	CHF 10'918.66	CHF 11'148.66	CHF 11'378.66	CHF 11'608.66
Einsparungen durch die Teststeuerung	-CHF 5'093.66	CHF 271.34	CHF 5'636.34	CHF 11'001.34	CHF 16'366.34

8.13 Überprüfung Hardware und Bestellung

8.13.1 Stückliste und Bestellung

Ich habe zuerst die Stückliste anhand meiner Planungen erstellt. Dabei habe ich alle benötigten Artikel sorgfältig aufgelistet. Anschliessend habe ich geprüft, welche dieser Artikel bereits im Lager verfügbar sind. Die Teile, die wir auf Lager hatten, habe ich direkt entnommen und für das Projekt reserviert. Für die restlichen Artikel, die wir nicht im Lager hatten, habe ich mich an Thomas Schenk gewandt. Er ist der Leiter der Elektroplanung und zuständig für Bestellungen. Ich habe ihm den Auftrag gegeben, die fehlenden Artikel zu bestellen, damit wir alle notwendigen Teile für die weitere Arbeit zur Verfügung haben. So habe ich sichergestellt, dass alles rechtzeitig beschafft wird und das Projekt ohne Verzögerungen weiterlaufen kann.

Alle Klemmen, Verschraubungen, Kanäle und Montageschienen und Litzen gelten bei uns als Verbrauchsmaterial und werden daher nicht in der Stückliste aufgeführt.

Die Profinet-Kabel habe ich ebenfalls nicht aufgeführt, da diese bei uns in diversen Längen vorhanden sind und es zum jetzigen Zeitpunkt schwierig ist, die genaue Länge zu bestimmen.

8.13.2 Alternativen

Da es bei der Lieferung der einzelnen Elemente zu Verzögerungen kommen könnte, habe ich mir einige Alternativen überlegt.

Umrichter und Control Unit:

- **Alternative 1:** Expressanfrage an Siemens machen.
Diese Alternative würde jedoch den Preis für die Bauteile erhöhen, da man für Expressbestellungen einen grossen Prozentsatz mehr bezahlt.
- **Alternative 2:** Unseren Schaltschranklieferant anfragen, ob er die Bauteile schneller beschaffen kann, da er durch seine grossen Bestellmengen eine höhere Priorisierung bei Siemens hat.
- **Alternative 3:** Ich baue einen Frequenzumformer aus einer Maschine aus, damit ich die Verdrahtung bestmöglich vorbereiten kann und gewisse Tests erledigen kann.

Hauptschalter:

- Für den Hauptschalter brauche ich keine alternative, da ich bei der Evaluation den Hauptschalter auf Elektromaterial gefunden habe und dieser dort verfügbar ist. Dadurch, dass wir dort eine priorisierter Kunde sind, kann dieser bei einer Bestellung vor 10 Uhr noch am gleichen Tag geliefert werden.

Stecker CEE 63A:

- Hier gilt das gleiche, wie beim Hauptschalter.

Datensteckverbiedereinsatz und Einbaurahmen:

- **Alternative 1:** Es gibt diverse Hersteller solcher Bauteile, daher gäbe es die Option, andere Hersteller anzufragen, um eine schnellerer Lieferung zu erreichen.
- **Alternative 2:** Ich habe einen sehr guten Kontakt zu Murr Elektronik.
Ein ehemaliger Fussballtrainer von mir ist Vertreter bei Murr Elektronik und hat mir schon in einigen Situationen weiterhelfen können. Durch ihn habe ich gute Chancen an das Material zu kommen, falls es Probleme mit der Lieferung geben würde.
- **Alternative 3:** Anstatt, dass man das Messsystem des Motors an der Aussenwand des Schaltschranks montieren kann, könnte man im Notfall auch eine Kabelverschraubung Montieren und das Kabel direkt auf die Control Unit führen.

Schaltschrank:

- **Alternative 1:** Unser Schaltschrankbauer ist auch hier sicher ein priorisierter Kunde bei den Herstellern, daher könnt man den Schaltschrank auch über sie bestellen.
- **Alternative 2:** Falls alle Stricke reissen, kann ich die ganze Hardware auch provisorisch auf eine leere Stahlplatte montieren.

8.14 Vorbereitung Layout und Verdrahtung

8.14.1 Erstellung grobes Layout

Um mir ein besseres Bild davon zu machen, wie ich die Bauteile anordnen könnte, habe ich die verfügbaren Teile erstmal grob auf meinem Pult ausgelegt. Dabei habe ich verschiedene Varianten ausprobiert. Natürlich hatte ich mir bereits im Vorfeld Gedanken über das Layout gemacht, damit ich die Grösse des Schaltschranks festlegen konnte.

Bei der Erstellung des Layouts habe ich auch schon grob auf die notwendigen Abstände geachtet. Besonders wichtig war mir dabei, das 24VDC-Netz und den Leistungsteil möglichst voneinander zu trennen, um eine saubere und sichere Aufteilung zu gewährleisten.

Nachdem ich die für mich am besten passende Variante gefunden hatte, habe ich eine grobe Skizze des gesamten Aufbaus angefertigt. (siehe Abbildung 11)

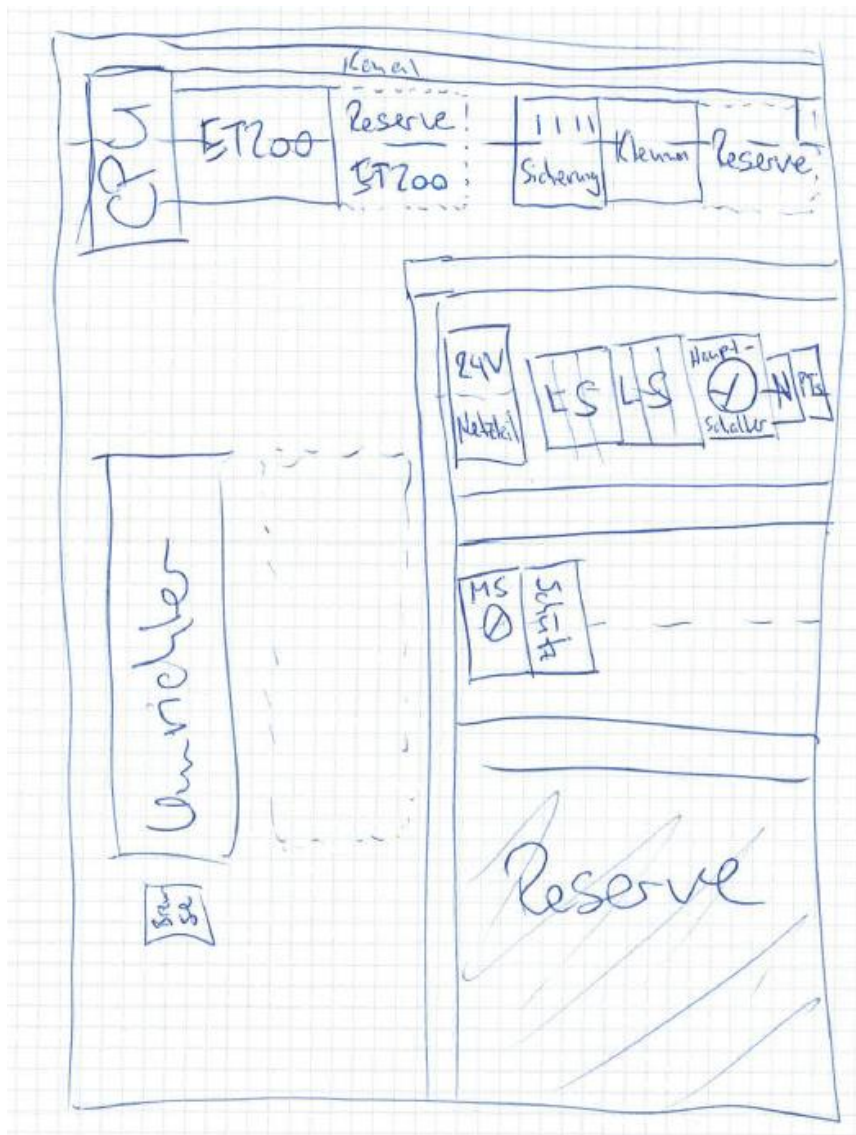


Abbildung 11: Grobe Skizze Layout

Nachdem ich die grobe Anordnung festgelegt hatte, ging es an die detailliertere Planung des Layouts. Ich habe mir überlegt, wie viel Platz ich für die Verdrahtung an den verschiedenen Stellen benötigen werde. Besonders wichtig war es, den Platzbedarf der Kabelkanäle richtig zu planen, um später genügend Freiraum zu haben.

Da sich ganz oben im Schaltschrank nur die CPU, das ET200-Interfacemodul und einige Klemmen befinden, wird dort nur ein kleiner Kabelkanal nötig sein. Die CPU und das ET200-Interfacemodul haben ihre Anschlüsse ausschliesslich nach unten, also muss der Kabelkanal oben nicht über die ganze Breite verlaufen. Deshalb habe ich mich dort für einen schmaleren Kanal entschieden, nämlich 30x80 mm. Für die übrigen Bereiche, wo mehr Kabel zu führen sind, habe ich breitere Kanäle von 40x80 mm vorgesehen.

Nachdem ich diese Überlegungen angestellt hatte, habe ich wieder eine grobe Auslegung gemacht, um das Ganze besser zu visualisieren. Dabei konnte ich abschätzen, wie gross die Abstände zwischen den Bauteilen und den Kanälen ungefähr sein sollten. Hier habe ich auch die technischen Datenblätter der einzelnen Bauteile einbezogen, insbesondere von jenen, die Wärme erzeugen – wie die CPU, der Umrichter, das Netzgerät oder der Schütz.

Unter Berücksichtigung dieser Abstände und der Wärmeentwicklung habe ich schliesslich eine technische Zeichnung mit genauen Massen erstellt, um das Layout verbindlich festzuhalten. (siehe Abbildung 12)

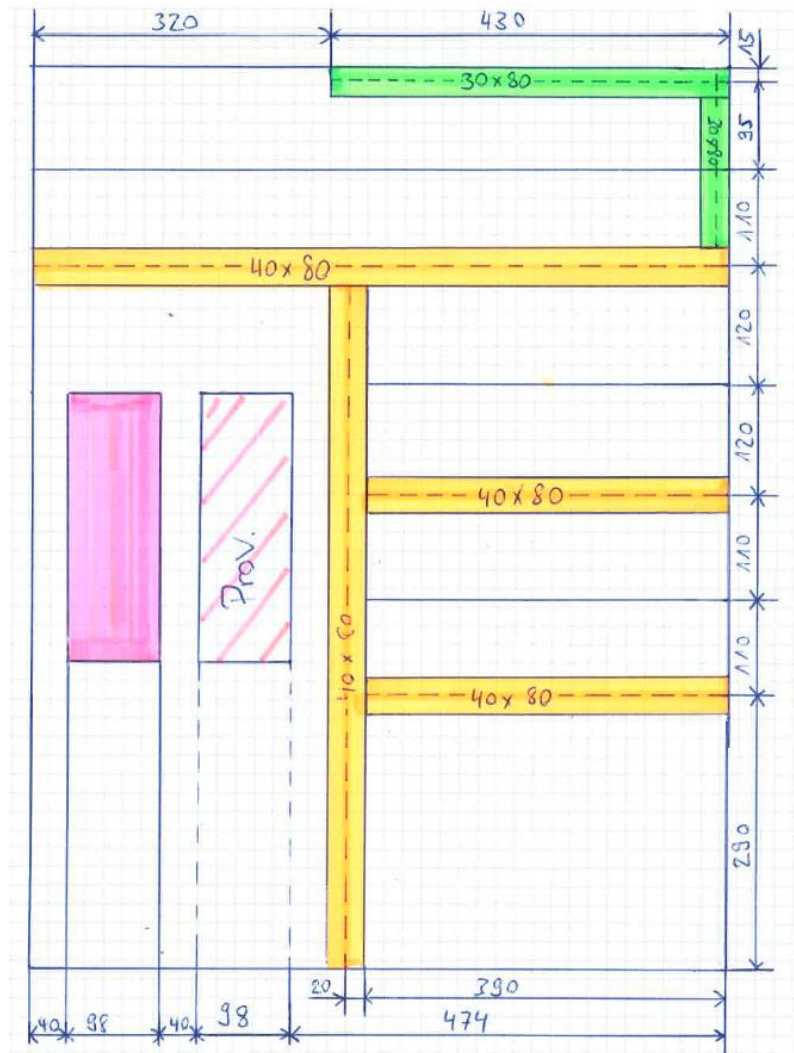


Abbildung 12: Layout vermassst

8.14.2 Schema erstellen

Um das Elektroschema zu erstellen, bin ich schrittweise und sorgfältig vorgegangen. Zunächst habe ich mich mit den vorgegebenen Bauteilen und Klemmen vertraut gemacht, um eine klare Vorstellung vom Aufbau zu gewinnen und die notwendigen Schaltzeichen zu identifizieren.

- **Leistungsteil als Ausgangspunkt:** Ich begann mit dem Zeichnen des Leistungsteils, da dieser den Hauptstrompfad darstellt und die Basis des gesamten Schaltplans bildet. Dabei habe ich die Einspeisung von 400V-Drehstrom (63A) berücksichtigt und alle notwendigen Verbindungen erstellt. Um sicherzustellen, dass die Schaltzeichen für Leistungsschalter, Schutzgeräte und Schütze korrekt verwendet wurden, habe ich bestehende Schemata als Referenz herangezogen und die Symbole sorgfältig recherchiert.
- **Steuerstromkreis hinzufügen:** Nach Abschluss des Leistungsteils habe ich den Steuerstromkreis gezeichnet. Dieser wird durch ein Netzgerät mit 24VDC betrieben, welches über die 400V-Einspeisung versorgt wird. Ich habe alle relevanten Steuergeräte und Verbindungen eingezeichnet und dabei die passenden Schaltzeichen verwendet. Der Steuerstromkreis wurde so dargestellt, dass er leicht nachvollziehbar und funktionssicher ist.
- **SPS-Ein- und Ausgänge zuweisen:** Ein wesentlicher Teil des Schemas war das Einzeichnen der Ein- und Ausgänge der SPS (Speicherprogrammierbare Steuerung). Ich habe die Ein- und Ausgangsmodule ins Schema integriert und ihnen direkt die entsprechenden Adressen zugewiesen. Dies ermöglicht eine klare Signalzuordnung und erleichtert die spätere Programmierung und Verdrahtung.
- **Querschnitte gemäss Normen und internen Vorgaben:** Bei der Auswahl der Leitungsquerschnitte habe ich mich an die geltenden Normen gehalten. Zusätzlich habe ich die interne Firmenvorgabe berücksichtigt, dass im Leistungsteil keine Leitungen mit einem Querschnitt unter 1,5 mm² verlegt werden, unabhängig von der tatsächlichen Strombelastung. Diese Vorgabe dient der Erhöhung der Betriebssicherheit. Auch im Steuerstromkreis wurden die Querschnitte den Anforderungen entsprechend dimensioniert.
- **Kontrolle, Validierung und Abstimmung:** Nachdem das Schema fertiggestellt war, habe ich eine umfassende Kontrolle durchgeführt, um sicherzustellen, dass alle Verbindungen sowohl im Leistungs- als auch im Steuerstromkreis korrekt sind. Alle Klemmen wurden klar und eindeutig beschriftet, und die notwendigen Schutzmassnahmen, wie Sicherungen, wurden ordnungsgemäss berücksichtigt. Um das Schema final abzusichern, habe ich es anschliessend mit meinem Vorgesetzten Stefan Kiefer und unserem Leiter der Elektroplanung Thomas Schenk durchgesprochen. Diese Abstimmung hat geholfen, eventuelle Lücken zu schliessen und sicherzustellen, dass keine wichtigen Details übersehen wurden, um spätere Verzögerungen im Projekt zu vermeiden.
- **Erstellung des endgültigen Schemas und Verwendung meines Entwurfs:** Das von mir von Hand gezeichnete Schema dient nun als Grundlage für die Erstellung eines digitalen Schaltplans durch unseren Schemazeichner am Computer. Dennoch werde ich mein handgezeichnetes Schema direkt für die Verdrahtung nutzen, da ich keine Zeit verlieren will und es alle notwendigen Informationen klar und übersichtlich enthält und bereits im Team abgestimmt wurde.

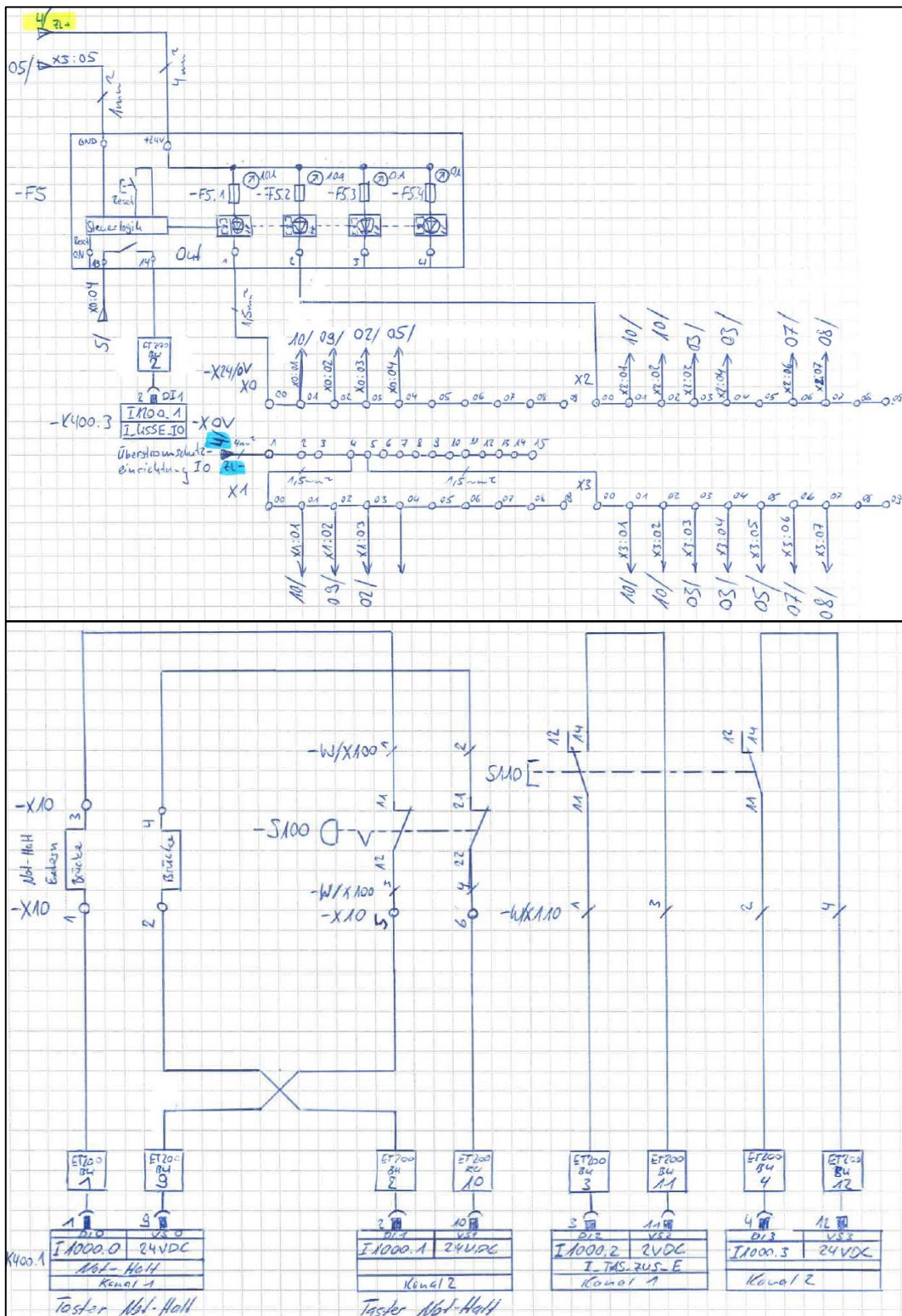


Abbildung 13: Impressionen Schema handgezeichnet

8.14.3 Lieferüberwachung

In diesem Kapitel möchte ich einen Überblick über den aktuellen Stand der Lieferungen geben. Bis zum 25. September 2024 sollten alle bestellten Bauteile bei uns eintreffen, mit Ausnahme der Control Unit, die von Siemens erst am 15. Oktober 2024 geliefert wird.

Am 25. September kommt der Schaltschrank, und sobald er da ist, kann ich mit dem Aufbau und der Verdrahtung starten. Das Timing ist also gut, und ich kann alles vorbereiten, ohne dass es zu Verzögerungen kommt.

Die Control Unit macht mir keine Sorgen, selbst wenn sie später ankommt. Sie braucht nur eine 24VDC-Versorgung und wird mit Profinet und DriveCliQ verbunden. Ich kann also schon alles vorbereiten, so dass es keinen Einfluss auf den Fortschritt des Projektes haben wird.

Da die Control Unit nicht kritisch für die Umsetzung ist, haben wir auf eine Expressbestellung verzichtet, um die Mehrkosten zu vermeiden. Ausserdem haben wir entschieden, dass eine Anfrage an unseren Schaltschrankbauer, der bei Siemens eine höhere Priorität hat, nicht notwendig ist. Das habe ich alles mit Thomas Schenk besprochen, der der Leiter der Elektroplanung ist und für meine Bestellungen verantwortlich ist. Ich bin regelmässig im Austausch mit Thomas, um über den neuesten Stand der Lieferungen informiert zu bleiben.

Insgesamt bin ich zuversichtlich, dass wir trotz der späteren Lieferung der Control Unit gut im Zeitplan bleiben können. Mit der richtigen Vorbereitung und der guten Kommunikation mit allen Beteiligten sollten wir alle Arbeiten rechtzeitig abschliessen können.

8.15 Aufbau und Verdrahtung

8.15.1 Aufbau

In diesem Kapitel beschreibe ich den Aufbau meiner Hardware. Zuvor habe ich das Layout für die Profilschienen der Elektrobauteile und die Kabelkanäle erstellt sowie eine Skizze zur Anordnung der Bauteile angefertigt.

Vorgehen:

- **Montage der Schienen und Kanäle:** Ich habe mit dem Aufbau der Profilschienen und Kabelkanäle gemäss der zuvor erstellten Zeichnung begonnen. Die Löcher für die Montage hatte ich nicht im Vorfeld definiert, sondern diese wurden je nach Lochbild der Kanäle und Schienen gebohrt.
- **Anzeichnen der Löcher:** Zum Anzeichnen habe ich einen Winkel, einen Stift und ein Massband verwendet, um sicherzustellen, dass alles gerade und passgenau ist.
- **Anpassung der speziellen Profilschiene für die CPU:** Für die Montage der CPU benötigte ich eine spezielle Profilschiene. Da mir diese jedoch zu breit war und zu viel Platz in Anspruch nahm, habe ich sie mit einer Flex eingekürzt, um sie optimal anpassen zu können. (siehe Abbildung 14)



Abbildung 14: Profilschiene CPU im Vergleich (l. Original; r. gekürzt)

- **Montage von Umrichter und Bremsmodul:** Für den Umrichter und das Bremsmodul waren keine speziellen Schienen erforderlich. Ich habe die Lochabstände aus den Datenblättern entnommen, die entsprechenden Löcher gebohrt und die Gewinde geschnitten.
- **Bohren und Zuschneiden:** Nachdem alle Löcher gebohrt und die Gewinde geschnitten waren, habe ich die Kanäle und Schienen auf unserer Bandsäge auf die gewünschte Länge zugeschnitten und anschliessend montiert.

- **Anordnung der Bauteile:** Im nächsten Schritt habe ich die Bauteile auf den Profilschienen gemäß meiner Skizze angeordnet. Hier war es wichtig, die Abstände laut Datenblätter einzuhalten. Besonders beim Netzgerät musste ich darauf achten, dass die seitlichen Abstände von 6 mm eingehalten werden. Die oberen und unteren Abstände waren bereits in der Planung der Anordnung von Schienen und Kanälen berücksichtigt worden. (siehe *Abbildung 15*)

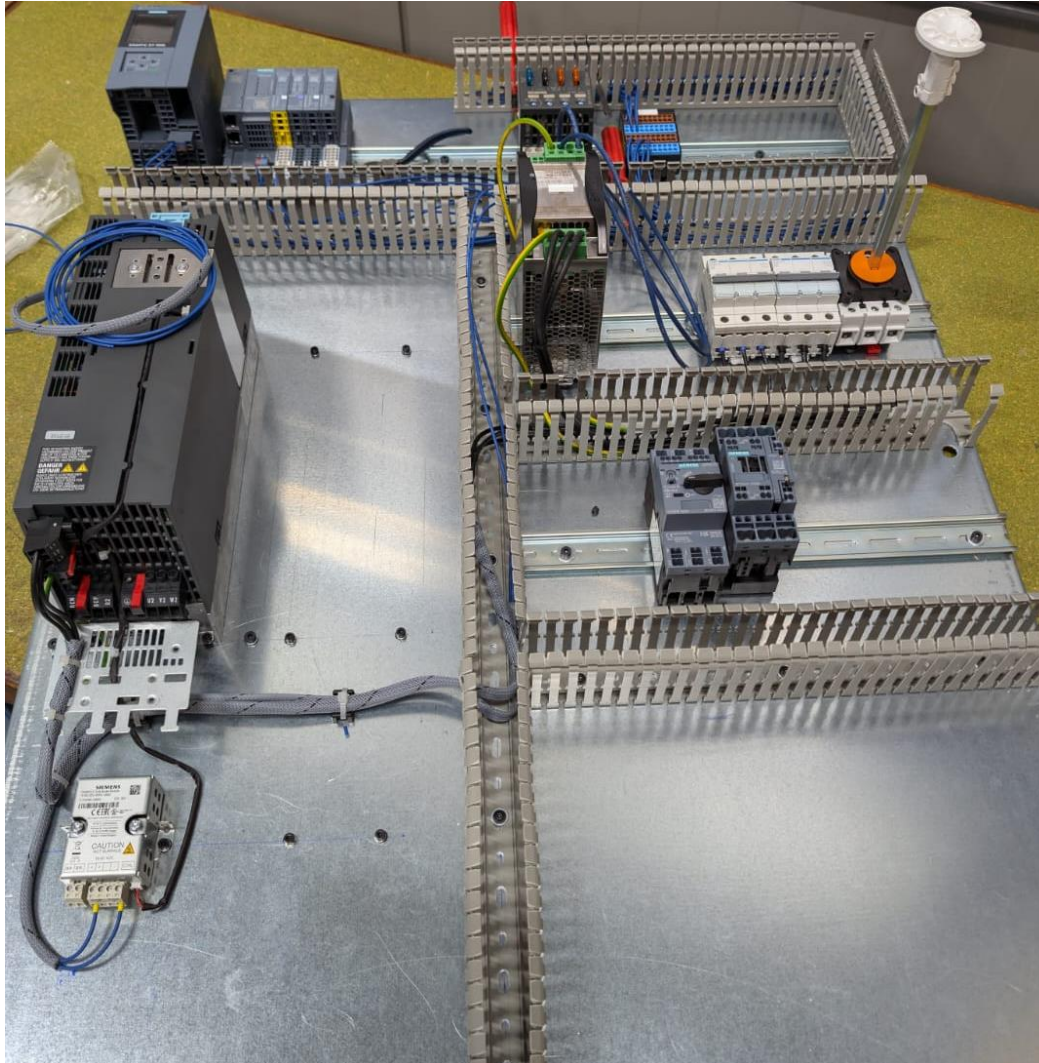


Abbildung 15: Aufbau Hardware (nach Beginn Verdrahtung)

- **Besonderheiten bei der Anordnung:** Eine weitere wichtige Überlegung war die Anordnung des Sicherungsmoduls für das 24VDC-Netz. Dieses sollte nicht zu nah am ET200 Interface-Modul mit seinen Ein- und Ausgangsmodulen platziert werden, um sicherzustellen, dass das Modul später erweiterbar bleibt. Ich habe darauf geachtet, mindestens 9 cm Abstand zu lassen, damit bis zu sechs weitere Module problemlos angeschlossen werden können. (siehe Abbildung 16)

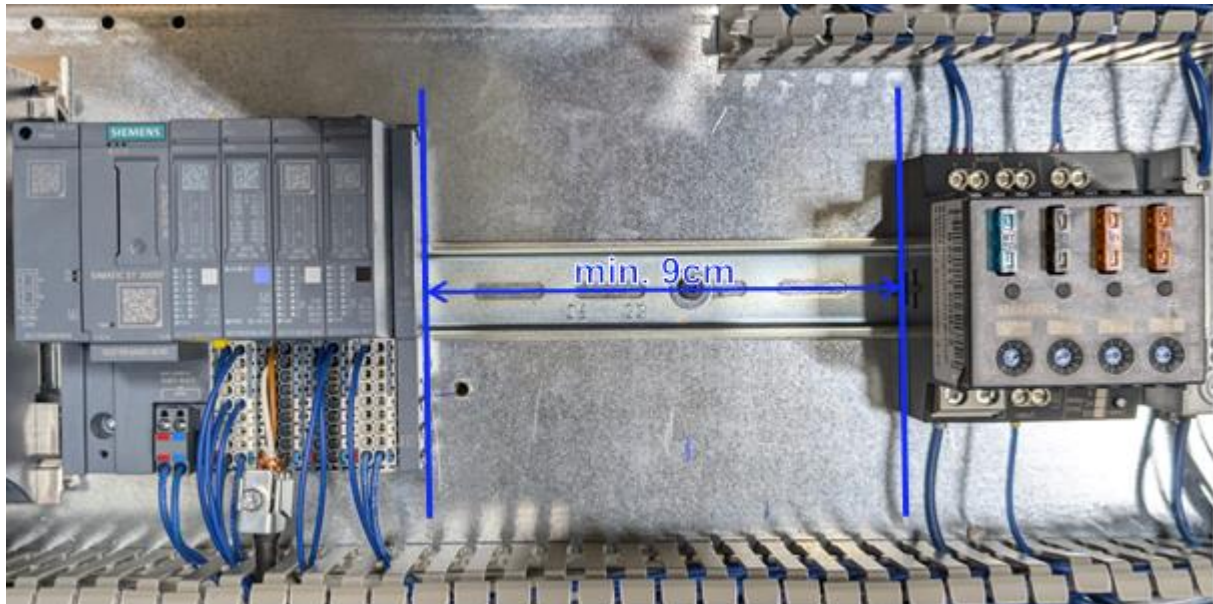


Abbildung 16: Abstand ET200 zu Sicherungsmodul

- **Bearbeitungen am Schaltschrank:** Am Schaltschrank musste ich mehrere Anpassungen vornehmen. Für den Datensteckverbinderinsert musste ein Ausschnitt an der Aussenwand gemacht werden. Mit der hydraulischen Handpresse habe ich jeweils ein Loch für die Kabelverschraubung der Einspeisung, ein weiteres für die Kabelverschraubung des Motorenkabels und eines für die Stange des Hauptschalters gestanzt. Während der Arbeiten fiel mir auf, dass die ursprünglich geplante Position des Schaltelements für den Hauptschalter nicht praktikabel war. Wenn ich den Hauptschalter an der vorgesehenen Stelle montieren würde, käme ich beim Einbau mit dem Schliessmechanismus der Tür in Konflikt. Dadurch wäre eine ordnungsgemässe Montage des Hauptschalters nicht möglich. Aus diesem Grund musste ich die Positionierung des Schaltelements entsprechend anpassen, um sicherzustellen, dass die Tür und der Hauptschalter korrekt und ohne Probleme funktionieren. (siehe Abbildungen 17 & 18)

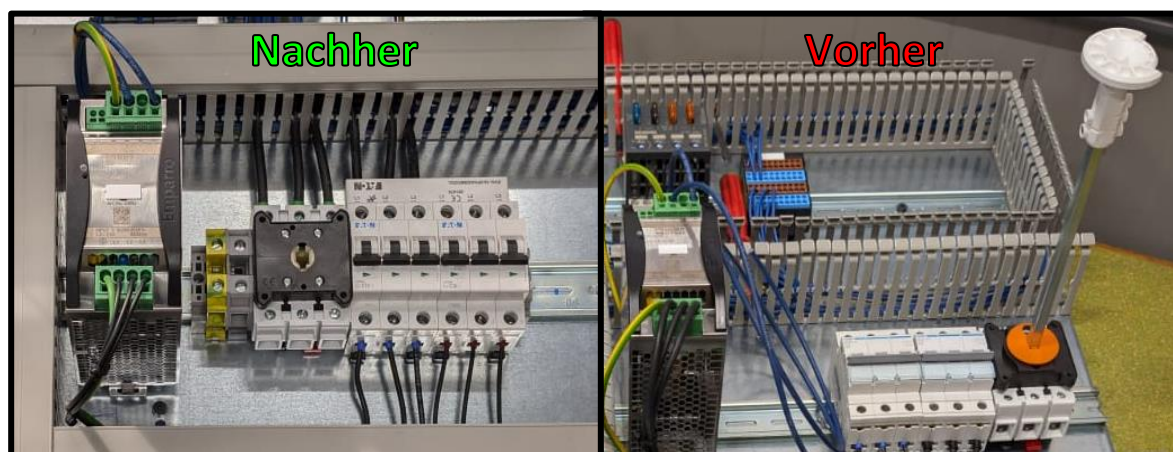


Abbildung 17: Umpositionierung Schaltelement Hauptschalter

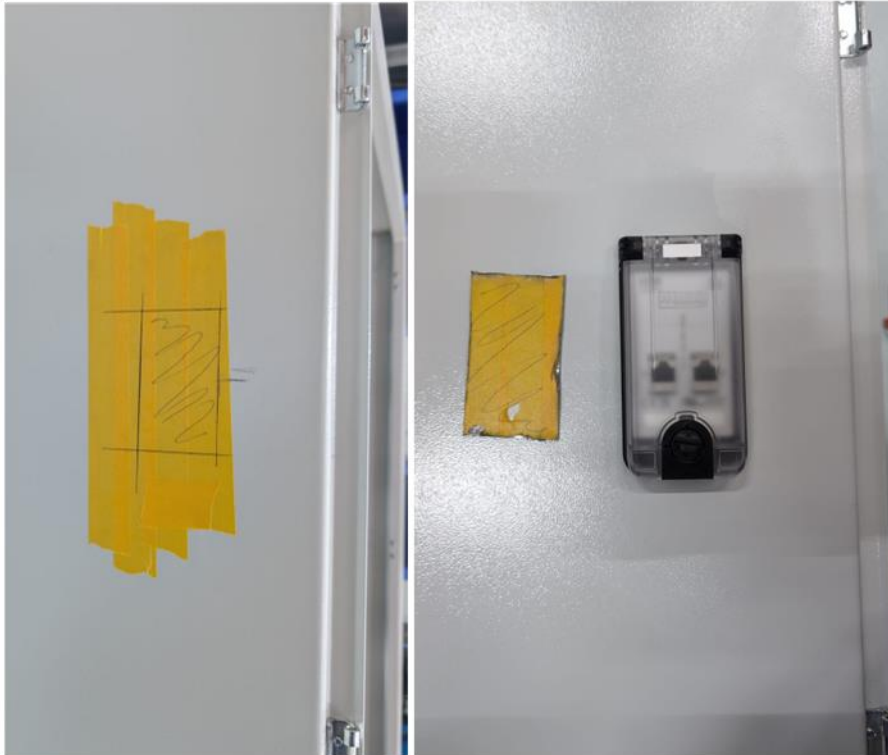


Abbildung 18: Ausschnitt externer Anschluss Drive-CliQ

- **Provisorien:** Da die Konstruktion des endgültigen Wagens, auf dem der Schaltschrank und die Bedienelemente ergonomisch für den Bediener angeordnet werden sollen, erst nach Abschluss meines Projekts erfolgt, habe ich einige Bedienelemente provisorisch montiert. Das HMI, der Not-Aus-Knopf sowie die Zustimmungstaste wurden auf einem Blech befestigt, um während der aktuellen Projektphase die Funktionalität sicherzustellen. Diese provisorische Lösung dient als Übergang, bis der Wagen fertiggestellt ist und die Elemente so angeordnet werden können, dass der Bediener sie möglichst bequem und ergonomisch bedienen kann.

- **Sonstiges:** Beim Aufbau musste ich am Umrichter ein Schirmblech montieren. Dieses Blech ist wichtig für die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), da es hilft, Störungen von anderen Geräten zu reduzieren und die Kabel richtig zu erden. Das Schirmblech sollte jetzt montiert werden, da es später schwieriger wäre.

Ich habe das Schirmblech mit einem Drehmoment von 2,5 Nm angezogen und die Schrauben mit Siegellack markiert. Das richtige Drehmoment ist entscheidend, um sicherzustellen, dass das Blech stabil sitzt. Ist es zu locker, kann es nicht richtig abschirmen; ist es zu fest, könnte das Blech oder die Schrauben beschädigt werden. Durch diese Massnahmen habe ich die Sicherheit und Zuverlässigkeit der Installation gewährleistet. (siehe Abbildung 19)



Abbildung 19: Montage und Siegelung Schirmblech

8.15.2 Verdrahtung

Nach der Erstellung des Elektroschemas begann ich mit der Verdrahtung der Anlage. Dabei ging ich strukturiert vor, um eine fehlerfreie und effiziente Installation sicherzustellen.

- **Vorbereitung und Materialprüfung:** Bevor ich mit der Verdrahtung startete, stellte ich sicher, dass alle benötigten Materialien und Werkzeuge bereitlagen. Da die Querschnitte und Kabellängen bereits im Schema genau definiert waren, musste ich bei der Auswahl der Leitungen keine zusätzlichen Überlegungen anstellen. Alle Kabel und Litzen, die für den Leistungs- und Steuerstromkreis notwendig waren, wurden nach den Vorgaben des Schaltplans bereitgestellt. Auch die Werkzeuge, wie Abisolierzangen, Crimpzangen und Schraubendreher, lagen griffbereit, sodass die Arbeit ohne Verzögerungen durchgeführt werden konnte.
- **Orientierung am handgezeichneten Schema:** Während des gesamten Verdrahtungsprozesses diente mir mein handgezeichnetes Schema als zentrale Anleitung. Da ich dieses Schema sorgfältig erstellt hatte, konnte ich mich auf die darin festgelegten Verbindungen verlassen. Jede im Schema vermerkte Leitung und jeder Anschluss war klar definiert, was den Verdrahtungsprozess sehr effizient und übersichtlich machte. Das Schema war der Grundpfeiler für alle Schritte der Verdrahtung, sodass ich präzise und ohne Fehler arbeiten konnte.
- **Schrittweise Verdrahtung des Leistungsteils:** Die Verdrahtung des Leistungsteils begann mit der Hauptstromversorgung und den zentralen Schaltelementen wie dem Leistungsschalter und dem Motorschutzschalter. Ursprünglich plante ich, sowohl das Netzgerät als auch den Motorschutzschalter über denselben 32A-Leitungsschutzschalter (LS) zu speisen. Dies schien zunächst sinnvoll, da der Hersteller des Netzgeräts eine maximale Absicherung von 32A vorgibt. Intern ist das Netzgerät jedoch mit einer 6,4A-Sicherung ausgestattet, sodass auch eine 10A-Sicherung ausreichend gewesen wäre.

Während der Verdrahtung stellte sich jedoch ein Problem heraus: Der Anschluss des Motorschutzschalters ist maximal für 4mm²-Kabel ausgelegt. Bei einer 32A-Sicherung hätte jedoch ein Querschnitt von mindestens 6mm² verwendet werden müssen, um den Anforderungen der Norm zu entsprechen. Aufgrund dieser Einschränkung war es nicht möglich, beide Geräte über denselben Leitungsschutzschalter abzusichern.

Um das Problem zu lösen, setzte ich mich mit unserem Leiter der Elektroplanung zusammen. Wir entschieden uns für folgende Lösung: Das Netzgerät wird über einen eigenen 10A-Leitungsschutzschalter abgesichert, um den internen Sicherheitsvorgaben des Netzgeräts gerecht zu werden. Direkt nach dem Hauptschalter erfolgt eine Querschnittsreduktion. Diese Querschnittsreduktion ist gemäss der Norm EN 60204-1:2006 zulässig, wenn sichergestellt ist, dass die Last hinter der Reduktion den maximal zulässigen Strom für den kleineren Querschnitt nicht überschreitet. Zudem muss die Leitung kürzer als 3 Meter und doppelt isoliert sein, was in unserem Fall durch die Kabelisolierung und den Kabelkanal erfüllt ist.

Der Motorschutzschalter benötigt keine separate Vorsicherung, da er selbst als Sicherung dient. Daher habe ich den Motorschutzschalter direkt mit 4mm²-Litzen an den Hauptschalter angeschlossen. Für das Netzgerät habe ich einen 10A-Leitungsschutzschalter eingebaut, und beide Schaltkreise (Umrichter und Netzgerät) werden nun über 10mm²-Litzen vom Hauptschalter aus gespeist. Diese Lösung stellt sicher, dass sowohl der Motorschutzschalter als auch das Netzgerät normgerecht und sicher angeschlossen sind. Anschliessend konnte ich den restlichen Leistungsteil wie geplant verdrahten, wobei die Anpassung keine weiteren Probleme verursachte.

- **Verdrahtung des Steuerstromkreises:** Nachdem der Leistungsteil verdrahtet war, folgte der Steuerstromkreis, der mit 24VDC betrieben wird. Auch hier folgte ich strikt dem handgezeichneten Schema und verdrahtete die Verbindungen zwischen dem Netzgerät, den Steuergeräten und der SPS nach den dort festgelegten Anschlüssen. Die SPS-Ein- und Ausgänge wurden genau nach den festgelegten Adressen im Schema angeschlossen, sodass die Signale später problemlos zugeordnet werden können.
- **Vorläufige Beschriftung zurückgestellt:** In dieser Phase der Verdrahtung habe ich auf die Beschriftung der Kabel und Litzen vorerst verzichtet. Der Grund dafür ist, dass das endgültige Schema noch durch unseren Schemazeichner am Computer erstellt wird, und die Beschriftungen im finalen Plan nicht exakt mit meinem handgezeichneten Schema übereinstimmen werden. In unserer Firma werden Schaltpläne in Gruppen (z.B. A, B, C) und Seiten in Pfade oder Spalten (1 bis 9) unterteilt. Die Beschriftung eines Bauteils erfolgt anhand dieser Struktur. Beispielsweise würde ein Leitungsschutzschalter in Gruppe A, auf Seite 3, im Pfad 6 die Beschriftung „=A-F36“ erhalten, wobei „A“ für die Gruppe, „F“ für eine Sicherung, „3“ für die Seite und „6“ für den Pfad steht. Da diese finale Beschriftung erst mit dem computergenerierten Schema festgelegt wird, habe ich auf eine vorläufige Beschriftung verzichtet, um später konsistent arbeiten zu können.
- **Abschluss und Dokumentation:** Nach der Verdrahtung habe ich die Arbeit vorläufig abgeschlossen. Das handgezeichnete Schema bleibt weiterhin als zentrale Grundlage für die Verdrahtung bestehen, bis unser Schemazeichner das endgültige, digitale Schaltbild erstellt. Dieses digitale Schema wird alle Beschriftungen und Normen gemäss den Standards unserer Firma enthalten, und darauf aufbauend werde ich die abschliessende Beschriftung der Kabel vornehmen.

Durch die strikte Orientierung an meinem Schaltplan und das ordentliche Verlegen der Kabel und Litzen konnte ich eine fehlerfreie und übersichtliche Verdrahtung gewährleisten. Die abschliessende Beschriftung wird nach der Fertigstellung des computergenerierten Schemas erfolgen.

8.16 Elektrische Überprüfung und Tests

8.16.1 Isolationsmessung

Die erste Prüfung, die ich nach Abschluss der Verdrahtung vorgenommen habe, war die Isolationsmessung. Diese dient dazu, sicherzustellen, dass keine unerwünschten Verbindungen zwischen spannungsführenden Leitern und dem Schutzleiter (PE) oder anderen Leitern bestehen. Dadurch kann man sicherstellen, dass keine Isolationsfehler vorhanden sind, die im Betrieb zu Kurzschlüssen oder gefährlichen Fehlerströmen führen könnten.

Zuerst habe ich den Isolationswiderstand zwischen PE und den stromführenden Leitern (N, L1, L2, L3) gemessen. Dafür habe ich das Isolationsmessgerät an PE angeschlossen und nacheinander gegen N, L1, L2 und L3 gemessen. So konnte ich sicherstellen, dass die Isolation zum Schutzleiter in Ordnung ist und keine leitende Verbindung besteht.

Anschliessend habe ich N gegen die Phasen (L1, L2, L3) gemessen, um sicherzustellen, dass auch zwischen dem Neutralleiter und den stromführenden Leitern keine ungewollten Verbindungen oder Isolationsfehler bestehen.

Zum Abschluss habe ich noch die Phasen (L1, L2, L3) untereinander gemessen, um sicherzugehen, dass auch hier keine unzulässigen Verbindungen oder Schwächen in der Isolation vorliegen.

Der Nutzen dieser Messungen liegt darin, dass man frühzeitig eventuelle Isolationsfehler entdeckt, bevor das System unter Spannung gesetzt wird. Dies erhöht die Sicherheit für die späteren Tests und den späteren Betrieb erheblich, da Fehlerströme durch mangelhafte Isolation vermieden werden. Letztlich trägt es dazu bei, Personen und Anlagen vor elektrischen Schäden zu schützen und die Funktionsfähigkeit der Steuerung sicherzustellen. (*Messprotokoll im Anhang*)

8.16.2 Schutzleitermessung

Nach der Isolationsmessung habe ich die Schutzleitermessung durchgeführt. Diese Prüfung ist notwendig, um sicherzustellen, dass alle metallischen Teile, die im Fehlerfall unter Spannung stehen könnten, ordnungsgemäss mit dem Schutzleiter (PE) verbunden sind. Eine fehlerhafte oder unzureichende Verbindung könnte zu gefährlichen Berührspannungen führen, was ein erhebliches Sicherheitsrisiko darstellt.

Für die Schutzleitermessung habe ich vom Erdungspunkt des Netzkabels, also der zentralen Erdung im Schaltschrank, den Widerstand zu allen Geräten gemessen, die mit dem PE verbunden sind. Gemäss den geltenden Normen darf der Widerstand bei Leitungen unter 5 Meter Länge maximal 0,3 Ohm betragen. Da bei mir alle Verbindungen unter dieser Länge liegen, musste ich sicherstellen, dass dieser Grenzwert nicht überschritten wird.

Die folgenden Geräte habe ich auf ihren Schutzleiterwiderstand überprüft:

- Schaltschrank selbst (also das Gehäuse)
- Schaltschranktür
- Umrichter
- Control Unit
- Netzgerät
- Datensteckverbindereinsatz
- Panelhalterung

Der Nutzen dieser Messung: Es wird gewährleistet, dass im Falle eines Fehlers alle leitfähigen Teile zuverlässig mit dem Schutzleiter verbunden sind und somit keine gefährliche Spannung an berührbaren Gehäuseteilen anliegt. Sollte nämlich irgendwo ein Isolationsfehler auftreten, würde der Fehlerstrom über den Schutzleiter abgeleitet und nicht durch den Körper einer Person, die das Gehäuse berührt. Somit wird die Sicherheit sowohl während des Betriebs als auch bei Wartungsarbeiten sichergestellt. *(Messprotokoll im Anhang)*

8.16.3 Drehfeldmessung

Nachdem die Schutzleitermessung abgeschlossen war, habe ich das Netzkabel eingesteckt und die Drehfeldmessung durchgeführt. Diese Messung ist wichtig, um sicherzustellen, dass das Drehfeld, also die Reihenfolge der Phasen (L1, L2, L3), korrekt ist. Bei falscher Phasenfolge kann es bei drehenden Maschinen wie Motoren dazu kommen, dass sie in die falsche Richtung laufen – das will man natürlich vermeiden.

Bevor ich den Hauptschalter eingeschaltet habe, habe ich sicherheitshalber erst einmal am Eingang des Schaltschranks geprüft, ob überhaupt schon ein Fehler vorliegt, zum Beispiel ob die Phasen korrekt am Netzeingang anliegen. Nachdem das in Ordnung war, habe ich den Hauptschalter betätigt und die Drehfeldmessung am Eingang der beiden Leitungsschutzschalter (LS) und am Motorschutzschalter vorgenommen, um sicherzustellen, dass das Drehfeld auch dort korrekt ist.

Als nächstes habe ich die Leitungsschutzschalter und den Motorschutzschalter eingeschaltet und dann das Drehfeld an den angeschlossenen Verbrauchern, also den Geräten, gemessen. Damit konnte ich bestätigen, dass die Phasenfolge bis zu den Verbrauchern durchgehend korrekt war.

Der Nutzen dieser Messung: Sie sorgt dafür, dass angeschlossene Geräte, insbesondere Motoren, korrekt arbeiten und nicht in die falsche Richtung laufen. Eine falsche Drehrichtung kann zu mechanischen Problemen führen und im schlimmsten Fall Schäden verursachen. Ausserdem kann es die Funktionalität der gesamten Anlage beeinträchtigen. Durch die Drehfeldmessung stellt man sicher, dass die Phasenfolge stimmt und alles ordnungsgemäss funktioniert, bevor man den Betrieb weiter aufnimmt oder zusätzliche Tests durchführt. *(Zu dieser Messung habe ich kein Protokoll erstellt)*

8.16.4 Prüfung der elektrischen Verbindungen/Verdrahtung

Zum Abschluss habe ich alle elektrischen Verbindungen systematisch überprüft und dabei im Schaltplan die bereits geprüften Verbindungen abgestrichen, um die Übersicht zu behalten. Dazu bin ich Schritt für Schritt nach einer Checkliste vorgegangen.

Zunächst habe ich die Ausgangsspannung des Netzgeräts gemessen, um sicherzustellen, dass die 24VDC korrekt anliegen. Als nächstes habe ich die Polarität an den Einspeisungen der Geräte geprüft, um sicherzustellen, dass keine Verpolungen vorhanden sind und die Anschlüsse richtig gemacht wurden.

Dann habe ich kontrolliert, ob alle Initiatoren und Aktoren an den korrekten Ein- und Ausgängen angeschlossen sind. Bei den Eingängen habe ich entweder die Initiatoren manuell betätigt oder mithilfe einer Durchgangsprüfung überprüft, ob die Signale richtig ankommen. Für die Ausgänge habe ich 24V direkt auf die entsprechenden Ausgänge geschaltet und beobachtet, ob die Aktoren wie erwartet eine Reaktion zeigen.

Durch das Abstreichen der bereits geprüften Verbindungen im Schema konnte ich sicherstellen, dass keine Verbindung übersehen wurde. Der Nutzen dieser umfassenden Kontrolle liegt darin, potenzielle Verkabelungsfehler, vertauschte Anschlüsse oder falsche Verdrahtungen frühzeitig zu erkennen und zu korrigieren. Das reduziert das Risiko von Fehlfunktionen im Betrieb und stellt sicher, dass die Steuerung ordnungsgemäss und sicher funktioniert. (*Checkliste mit abgestrichenem Schema im Anhang*)

8.16.5 Optimierungen/Verbesserungen

Bereits während des Aufbaus und der Verdrahtung habe ich verschiedene Optimierungen und Verbesserungen erkannt und direkt umgesetzt. Diese Anpassungen habe ich nicht erst bei den Tests entdeckt, sondern schon frühzeitig in den Prozess integriert. Alle Änderungen habe ich fortlaufend nach Datum dokumentiert, um den Verlauf der Optimierungen nachvollziehbar festzuhalten.

Tabelle 25: Optimierungen/Verbesserungen

12.09.2024	Was? Feststellung falscher Umrichter vorgeschlagen durch Elektroplanung. Massnahme: Richtigen Umrichter evaluiert und in Bestellung gegeben.
28.-29.09.24	Was? Ablaufplanung zu wenig detailliert Massnahme: Detaillierteren Ablaufplan erstellt.
14.10.2024	Was? Querschnitt für Anschluss Motorschutzschalter zu gross Massnahme: Querschnittsreduktion gemäss EN 60204-1:2006
16.10.2024	Was? Festgestellt, dass Position von Hauptschalter nicht mit Schliessvorrichtung vom Schaltschrank korrespondiert. Massnahme: Positionierung des Hauptschalters im Schaltschrank angepasst
21.10.24	Was? Abgeknickte Kupferdrähte am Anschluss des Safety-Eingangsmodul. Massnahme: Litze neu abisoliert und angeschlossen.
21.10.24	Was? Endwinkel von Klemmenblock war nicht angezogen Massnahme: Schraube angezogen
21.10.24	Was? Einige Details im Handgezeichneten Schema waren falsch (nicht richtig gezeichnet, kein Einfluss auf die Funktion) Massnahme: Details mit roter Farbe eingezeichnet und an Schemazeichner gemeldet.
21.10.24	Was? Theoretischer Range des Potentiometer 0V-10V ist 0,01V-9,5V Massnahme: Im Schema erwähnt und im Ticket der Software erwähnt.
21.-22.10.24	Was? Selbst angefertigtes Blech für Panel, Taster und Potentiometer setzte Flugrost an. Massnahme: Blech ausgebaut, geschliffen und danach lackiert. (siehe Abbildung 20 & 21)
21.10.24	Was? Unterste Schiene und Kanal im Weg für Zuleitung Massnahme: Schiene und Kanal gekürzt (siehe Anhang: Layout angepasst)



Abbildung 20: Flugrostbildung an Panelhalterung

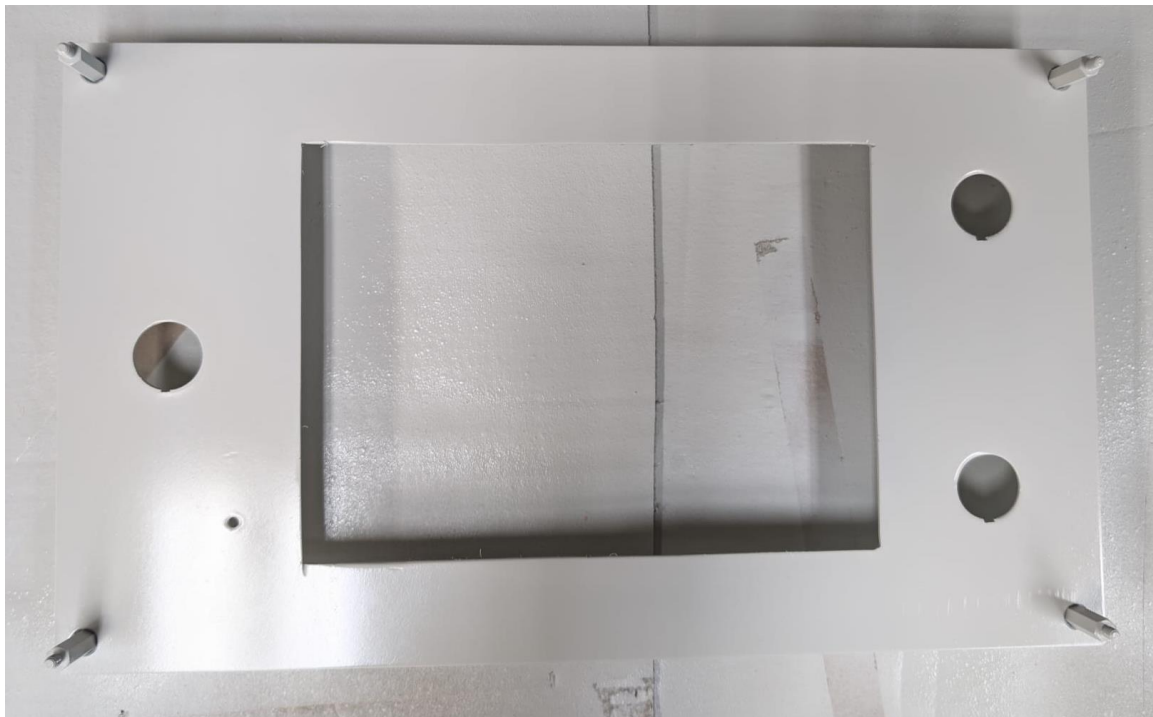


Abbildung 21: Panelhalterung lackiert

8.17 Abschluss der Realisierungsphase

Der Abschluss der Realisierungsphase umfasst alle wesentlichen Schritte von der ersten Analyse bis zur erfolgreichen Prüfung der Steuerung. Dies beinhaltete die Erstellung einer umfassenden Mindmap, die Bildung und Evaluation verschiedener Varianten sowie die Ausarbeitung der optimalen Lösung. Unterstützt durch einen detaillierten Phasenplan, SWOT- und Risikoanalysen sowie eine Kosten-Nutzen-Betrachtung, wurde das Projekt systematisch vorangetrieben. Nach der Planung folgten der Aufbau, die Verdrahtung und das Erstellen des Schaltplans. Abschliessend wurde die Steuerung getestet und die gesamte Realisierungsphase in der Dokumentation festgehalten.

9 Projektabschluss

9.1 Projektüberwachung

In meiner Diplomarbeit zur Planung und Realisierung der Hardware für eine Teststeuerung habe ich die verschiedenen Phasen sorgfältig dokumentiert. Im Folgenden reflektiere ich die Projektüberwachung und beantworte die zentralen Fragen zur Einhaltung der Termine, den Ursachen von Abweichungen und den Erkenntnissen für zukünftige Projekte.

9.1.1 Initialisierungsphase

In der Initialisierungsphase konnte ich fast alle Termine einhalten. Die einzige Abweichung betraf die Zielscheibe, deren Sollzeit geringfügig überschritten wurde. Diese Abweichung hatte jedoch keine negativen Auswirkungen, da die Zielscheibe erst mit der abschliessenden Dokumentation am 04.11.24 eingereicht werden muss und vor dem offiziellen Start der Diplomarbeit erstellt wurde.

9.1.2 Planungsphase

In der Planungsphase gab es nur leichte Abweichungen in der Ablaufplanung und der Realisierung von der Ist-Zeit. Diese sind jedoch nicht nennenswert und durch die detaillierte Planung gut nachvollziehbar. Bei der Risikoanalyse gab es ebenfalls nur minimale Abweichungen, die keine weiteren Konsequenzen nach sich zogen.

9.1.3 Realisierungsphase

In der Realisierungsphase konnte ich in vielen Bereichen Zeit sparen. Die Analysen, Variantenbildung, der Phasenplan und die SWOT-Analyse wurden sogar etwas früher als geplant abgeschlossen. Besonders hervorzuheben ist die Kosten-Nutzen-Analyse, die ich zwei Wochen vor dem ursprünglich vorgesehenen Termin abgeschlossen habe. Diese frühzeitige Fertigstellung war entscheidend, um die Rentabilität der Steuerung vor der Bestellung der Bauteile sicherzustellen. Dieses Erkenntnis ist besonders wichtig für die Planung zukünftiger Projekte: Künftig sollte die Kosten-Nutzen-Analyse immer vor der Bestellung der Bauteile durchgeführt werden, um mögliche finanzielle Fehlentscheidungen zu vermeiden.

Beim Aufbau der Hardware gab es eine geringe Verzögerung. Diese konnte ich jedoch durch zusätzliche Wochenendarbeit ausgleichen. Für zukünftige Projekte werde ich in der Zeitplanung berücksichtigen, einen realistischeren Puffer einzuplanen, um ähnliche Verzögerungen besser abfangen zu können.

Der Rest der Realisierungsphase, einschliesslich Dokumentation, Verdrahtung und dem Prüfen der Steuerung, verlief nach Plan, und ich konnte diese Aufgaben sogar etwas früher abschliessen. Hier habe ich aus vorherigen Projekten gelernt, dass es sinnvoll ist, einen zusätzlichen Zeitpuffer einzuplanen, um unvorhergesehene Schwierigkeiten zu berücksichtigen.

9.1.4 Abschlussphase

Die Abschlussphase wurde planmässig und ohne Verzögerungen abgeschlossen.

9.1.5 Sonstige Termine

Während des Projekts fanden zwei Vorzeigetermine mit dem Diplomlehrer statt, die ich pünktlich wahrgenommen habe. Zudem mussten wöchentlich Statusberichte bis spätestens Sonntag um 22:00 Uhr eingereicht werden. Beim zweiten Bericht kam es jedoch zu einem Missgeschick: Ich hatte Outlook geschlossen, bevor der Statusbericht den Postausgang verlassen konnte. Dies führte zu einer verspäteten Einreichung, was mir als wichtige Lektion in der Handhabung technischer Abläufe dient.

9.1.6 Fazit

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass ich in den meisten Phasen des Projekts die Termine einhalten konnte, wobei nur geringfügige Abweichungen auftraten. Die gewonnenen Erkenntnisse zur frühzeitigen Durchführung der Kosten-Nutzen-Analyse sowie zur realistischen Zeitplanung werden mir helfen, zukünftige Projekte noch effektiver zu gestalten.

9.2 Evaluation der Zielerreichung

Tabelle 26: Evaluation der Zielerreichung (Teil 1)

	Endergebnis	Erfolgskriterium	Erreicht?
	1. Komplette Hardwareplanung der Teststeuerung <ul style="list-style-type: none"> a. Ansteuerung von Siemens Motor 1FK7063-2AF74-1EH0 möglich b. Ansteuerung von Siemens Motor 1FK7060-2AF74-1EH0 möglich c. Geschwindigkeit kann Manuel geregelt werden d. Hardware ist erweiterbar <ul style="list-style-type: none"> i. Platz für 6 weiter Ein- oder Ausgangsmodule (9cm = 5TE) ii. Hardware für Ansteuerung eines Hydraulikaggregats (9 cm = 5TE) 	1. Die Hardwareplanung wurde vorgenommen. <ul style="list-style-type: none"> a. Richtige Sicherungen und Querschnitte verbaut b. Komponenten entsprechen den Anforderungen der Motoren (Leistung) c. Komponenten eignen sich zur Steuerung der beiden erwähnten Motoren d. Geschwindigkeit kann Manuel geregelt werden e. Es gibt Möglichkeiten die Hardware zu erweitern <ul style="list-style-type: none"> i. Genügend Platz für 6 weitere Ein- oder Ausgangsmodule vorhanden (9cm = 5TE) ii. Genügend Platz für Hardware zur Ansteuerung eines Hydraulikaggregats vorhanden (9 cm = 5TE) 	Ja
Begründung	Durch die richtige Auslegung des Umformers ist der Punkt der Ansteuerung der Motoren gegeben. Die Sicherungen wurden anhand der Datenblätter evaluiert und entsprechen den Anforderungen der Geräte. Die CPU und der ganze Geräteverbund ist darauf ausgelegt Motoren anzusteuern und zu regeln. Die Geschwindigkeit kann über ein Potentiometer von Hand geregelt werden. Die Erweiterungen wurden beachtet und die Abstände eingehalten.		
	2. Genug Platz für Erweiterung mit I/O-Link-Hub mit mindestens 8 Anschlüssen frei lassen.	2. Platz für I/O-Link Hub mit 8 Anschlüssen vorhanden	JA
Begründung	An der Aussenseite des Schaltschranks ist noch mehr als genügend Platz für einen I/O-Link-Hub mit 8 Steckplätzen.		
	3. Elektroschema ist gezeichnet.	3. Das Elektroschema ist gezeichnet und liegt als PDF vor.	JA
Begründung	Das Elektroschema wurde durch mich von Hand gezeichnet und durch das Einscannen schon in ein PDF umgewandelt. Des weitem habe ich es von unserem Schemazeichner am Computer zeichnen lassen. Damit ist dieser Punkt auch erfüllt.		

Tabelle 27: : Evaluation der Zielerreichung (Teil 2)

	4. Verdrahtung alle Komponenten im Schaltschrank wird vorgenommen. a. Nur so weit wie Komponenten vorhanden (Lieferfristen).	4. Die Verdrahtung ist vollständig und ist geprüft	JA
Begründung	Ich habe die ganze Verdrahtung erledigt und diese wurde durch mich geprüft. (siehe Prüfprotokoll und Checkliste im Anhang)		
	5. Die Abteilungen Montage, Elektroplanung, Automation und Konstruktion werden über den Status des Projekts informiert und werden in Entscheidungen miteinbezogen.	5. Die Statusberichte und der Austausch zwischen den Abteilungen werden in einem Ticketsystem gesammelt und so protokolliert	TEILS
Begründung	Ich habe meinen internen Fachexperten regelmässig über den Projektstand informiert und mit ihm die weiteren Schritte besprochen. Dies geschah bilateral und Mündlich. Wir haben uns für diesen Weg entschieden, da die Softwareentwicklung und die Konstruktion keine Kapazität hatten jetzt schon erste Planungen und Schritte einzuleiten. Daher war es für sie nicht relevant, wie der Status des Projekts war. Da diese Entscheidung zusammen mit meinem internen Fachexperten getroffen wurde, welcher auch das Pflichtenheft unterschrieben hat, war es kein Killerkriterium und hatte auf den Ausgang des Projekts keinen Einfluss.		
	6. Die Steuerung wird auf richtige Verdrahtung und Funktion geprüft.	6. Steuerung und ihre Funktionen wurden mit Hilfe einer Checkliste geprüft.	JA
Begründung	Die Steuerung wurde durch mich geprüft. Mit verschiedenen Messungen, Durchgangsprüfungen und eine Checkliste habe ich die Steuerung auf ihre Richtigkeit geprüft. (Messprotokolle und Checkliste im Anhang)		

Tabelle 28: : Evaluation der Zielerreichung (Teil 3)

	7. Es gibt zwei Vorzeigetermine beim Diplomlehrer	7. Die Vorzeigetermine wurden pünktlich wahrgenommen	JA
Begründung	Die Vorzeige Termine wurden jeweils Pünktlich wahrgenommen. Was man noch in diesen Punkt mit einbeziehen hätte könne, wären die Statusberichte gewesen. Dort hat es wie oben beschrieben eine Abweichung gegeben		
	8. Es wird eine Dokumentation gemäss der Regeln und Vorgaben der TEKO erstellt und bis spätestens 04. November 2024 um 18:00 Uhr per Mail ans Sekretariat der TEKO Olten, sowie den Diplomlehrer verschickt.	8. Die Dokumentation wurde nach den Regeln und Vorgaben der TEKO erstellt und Pünktlich bis Montag, 04. November 2024, 18:00 Uhr abgegeben. <ul style="list-style-type: none"> a. 1 Exemplar per E-Mail als pdf-Dokument (1 Datei) an TEKO-Sekretariat b. 1 Exemplar per E-Mail als pdf-Dokument (1 Datei) an Diplomlehrer 	Noch nicht überprüfbar
Begründung	Da ich zum Zeitpunkt der Ermittlung des Erfüllungsgrad noch nicht abgegeben habe ist dieser Punkt noch nicht beurteilbar. Falls ich jedoch zu spät abgebe, erübrigt sich die ganze Dokumentation von alleine.		

9.3 Reflexion Weg zum Ziel

Während meiner Diplomarbeit gab es viele förderliche Faktoren, die den Weg zum Ziel erleichterten, trotz einiger Herausforderungen.

Ein zentraler Vorteil war das umfassende Know-how meiner Firma. Bei Fragen und Problemen konnte ich jederzeit auf erfahrene Kollegen zurückgreifen, besonders auf Thomas Schenk, dessen Fachwissen in Elektroplanung und Praxiserfahrung im Kundendienst mir wertvolle Unterstützung boten. Die Kommunikation verlief reibungslos, da ich sowohl als Projektleiter als auch als Ausführender agierte und nur wenige Personen in den Prozess einbinden musste. Ein detaillierter Kommunikationsplan, den ich zwar erstellt hatte, war aufgrund der übersichtlichen Struktur in diesem Projekt nicht so tragend, ist aber für komplexere Projekte ein wichtiges und hilfreiches Werkzeug.

Die Durchführung des Projekts im Rahmen meines Arbeitgebers war ein weiterer grosser Vorteil. Ich hatte direkten Zugang zu allen notwendigen Werkzeugen und Programmen, was eine effiziente und zügige Arbeitsweise ermöglichte. Das realistische Arbeitsumfeld bereitete mich zudem ideal auf zukünftige Projekte in der Elektroplanung vor.

Herausforderungen wie die Kurzarbeit, die die Verfügbarkeit von Ansprechpartnern einschränkte, und die spontanen Ferien meines Vorgesetzten, die meine Arbeitszeit während der Arbeitsstunden reduzierten, führten zwar zu kleineren Verzögerungen. Um sicherzustellen, dass ich dennoch ausreichend Zeit für mein Projekt hatte, plante ich vorgängig schon zwei Wochen Urlaub ein. Trotz einiger Unterbrechungen durch betriebliche Aufgaben konnte ich den Grossteil meiner Diplomarbeit in dieser Zeit erfolgreich abschliessen.

Ein weiterer Punkt waren die häufigen Besuche neugieriger Kollegen. Während einige wertvolle Anregungen gaben, führten andere zu Ablenkungen, die meinen Arbeitsfluss störten.

Dank der umfassenden Unterstützung, des klaren Kommunikationswegs und der optimalen Arbeitsbedingungen konnte ich das Projekt erfolgreich abschliessen, trotz vereinzelter Hürden im Arbeitsalltag.

9.4 Lessons learned

Im Rahmen dieses Projekts konnte ich viele wertvolle Erfahrungen sammeln, sowohl positive als auch solche, die Optimierungspotenzial aufzeigen.

9.4.1 Was ist gut gelaufen?

Das Projekt ist insgesamt erfolgreich verlaufen. Durch meine Erfahrungen aus vorherigen Projekten im Studium, insbesondere an der TEKO, wusste ich, worauf es bei der Projektplanung ankommt. Obwohl nicht alle Instrumente wie die Risikoanalyse oder die SWOT-Analyse auf Anhieb perfekt sassen, half mir die Anwendung in diesem Projekt, mein Wissen aufzufrischen. Auch die Möglichkeit, auf das Know-how meiner Firma zurückzugreifen, war eine grosse Unterstützung. Zudem zeigte sich, wie wertvoll eine gut strukturierte Ablaufplanung ist, auch wenn diese in meinem Fall noch Verbesserungen benötigt.

9.4.2 Was lief schlecht?

Ein wesentlicher Punkt, der verbesserungswürdig ist, war die anfängliche Grobheit meiner Ablaufplanung. Diese war zunächst nur wochenweise eingeteilt, was dazu führte, dass viele Aufgaben in derselben Woche erledigt werden mussten, ohne klare Struktur, wann sie genau fällig waren. Diese fehlende Detaillierung hätte bei einem grösseren Projekt leicht zu einem Chaos führen können, da der Überblick verloren geht und man Gefahr läuft, Aufgaben am Ende alle auf einmal erledigen zu müssen.

9.4.3 Was kann noch besser werden?

Für zukünftige Projekte nehme ich mit, dass eine detaillierte Ablaufplanung unerlässlich ist. Es wird wichtig sein, nicht nur Wochen, sondern auch klare Tagesziele festzulegen, um den Fortschritt besser im Blick zu behalten. Auch habe ich aus diesem Projekt gelernt, dass eine Risikoanalyse nicht nur für sicherheitskritische Projekte relevant ist. Sie hat mir gezeigt, welche Risiken während der Umsetzung entstehen können, sodass ich frühzeitig reagieren konnte.

Ein weiterer Punkt für die Zukunft ist, bei der Planung die Verfügbarkeit der wichtigsten Beteiligten, wie Ferien oder Abwesenheiten, im Vorfeld zu berücksichtigen. Es wäre sinnvoll, schon frühzeitig Stellvertreter einzubinden, um Ausfälle abzufangen. Zudem werde ich künftig sicherstellen, dass relevante Informationen, auch wenn sie nicht sofort gebraucht werden, zeitnah an alle Beteiligten weitergegeben werden. Dadurch kann verhindert werden, dass Informationen verloren gehen oder eventuell doch früher als geplant mit der Arbeit begonnen werden kann.

9.5 Ausblicke

Im Verlauf des Projekts sind einige interessante Ideen zur Erweiterung der Teststeuerung entstanden. Die Steuerung, die ursprünglich für das Testen der Palettierung der grösseren Maschinen (Modelle RX14 und RX18) konzipiert wurde, bietet dank des verbauten Umrichters auch Potenzial für andere Einsatzbereiche. Eine Idee ist, die Steuerung zukünftig auch für das Testen der Palettierung kleinerer Maschinen (Modelle RX10 und RX12) zu nutzen, im genaueren geht es um das sogenannte Drehmodul. Dafür wäre jedoch eine externe Luftversorgung und eine sogenannte Pneumatik-Insel mit Ventilen notwendig, um die Pneumatik-Systeme dieser Palettierung anzusteuern. Der tatsächliche Nutzen dieser Erweiterung muss noch genauer bewertet werden.

Ein bereits geplanter nächster Schritt ist die Anbindung eines Hydraulikaggregats an die Steuerung. Dieses Aggregat wird verwendet, um das Hub-Modul der Palettierung bei den kleineren Maschinen zu testen. Diese Erweiterung wird es ermöglichen, die Steuerung in einem erweiterten Umfang zu nutzen und auch die spezifischen Anforderungen kleinerer Maschinenmodelle zu berücksichtigen.

Ein weiterer Punkt, der zukünftig verbessert werden könnte, betrifft den Anschluss des Umrichters. Da dieser bei jedem Test neu verschraubt werden muss, besteht das Risiko, dass die Schrauben langfristig abgenutzt werden. Eine mögliche Lösung wäre die Installation von Federzugklemmen, die den Schraubanschluss entlasten. Dies würde die Lebensdauer der Anschlüsse verlängern und die Tests effizienter gestalten.

Diese Überlegungen und Anpassungen bieten Potenzial für zukünftige Projekte und könnten von anderen aufgegriffen werden, um die Steuerung noch weiter zu optimieren und vielseitiger nutzbar zu machen.

10 Eigenständigkeitserklärung

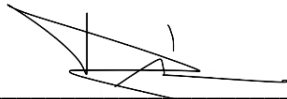
Hiermit erkläre ich, Remo Nützi, dass ich die vorliegende Diplomarbeit mit dem Titel „Teststeuerung Palettierung“ selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erstellt habe. Alle verwendeten Quellen, Materialien und Informationen, die nicht meiner eigenen Arbeit entstammen, sind klar angegeben und entsprechend gekennzeichnet.

Die Arbeit wurde im Rahmen meines Lehrgangs in Elektrotechnik HF an der TEKO verfasst. Der Auftraggeber für diese technische Arbeit war die Reiden Technik AG.

Ich versichere, dass diese Arbeit weder ganz noch teilweise bereits für eine andere Prüfung oder Zertifizierung verwendet wurde.

Ort, Datum: Wolfwil, der 03. November 2024

Unterschrift: Remo Nützi



11 Verzeichnisse

11.1 Abkürzungsverzeichnis

LS	Leitungsschutzschalter
TE	Teilungseinheit (Eine Teilungseinheit sind 18mm)
HMI	Human Machine Interface (Schnittstelle zwischen Bediener und Maschine)
CPU	Central Processing Unit (Zentrale Rechen- und Steuereinheit)
CU	Control Unit (Steuert und überwacht den Umrichter und den angeschlossenen)

11.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektstrukturplanung	24
Abbildung 2: Kreativitätsmethode Mindmap	35
Abbildung 3: CPU 1512SP F-1PN	38
Abbildung 4: Taster.....	39
Abbildung 5: SINAMICS S120 Umrichter PM240-2 mit SINAMICS Control Unit CU310-2 PN	41
Abbildung 6: CPU 1515-2 PN	42
Abbildung 7: HMI-Symbolbild.....	43
Abbildung 8: Notizen Bauteile	51
Abbildung 9: Notizen maximale Strom im 24V Netz.....	53
Abbildung 10: Phasenplan zur Umsetzung der Variante.....	58
Abbildung 11: Grobe Skizze Layout	76
Abbildung 12: Layout vermasst	77
Abbildung 13: Impressionen Schema handgezeichnet	79
Abbildung 14: Profilschiene CPU im Vergleich (l. Original; r. gekürzt)	81
Abbildung 15: Aufbau Hardware (nach Beginn Verdrahtung)	82
Abbildung 16: Abstand ET200 zu Sicherungsmodul	83
Abbildung 17: Umpositionierung Schaltelement Hauptschalter.....	83
Abbildung 18: Ausschnitt externer Anschluss Drive-CliQ.....	84
Abbildung 19: Montage und Siegelung Schirmblech	85
Abbildung 20: Flugrostbildung an Panelhalterung	91
Abbildung 21: Panelhalterung lackiert	92

11.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zielscheibe	17
Tabelle 2: Ablaufplanung (Teil 1).....	25
Tabelle 3: Ablaufplanung (Teil 2).....	26
Tabelle 4: Ablaufplanung (Teil 3).....	27
Tabelle 5: Kommunikationsplanung	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Tabelle 6: Wahrscheinlichkeit des Eintreffens (Durchführung)	30
Tabelle 7: Ausmass der Auswirkungen (Durchführung)	30
Tabelle 8: Risikomatrix (Umsetzung).....	31
Tabelle 9: Risikoanalysetabelle (Umsetzung)	32
Tabelle 10: Präferenzmatrix	45
Tabelle 11: Komponenten im Vergleich	47
Tabelle 12: Preisvergleich der Varianten.....	48
Tabelle 13: Nutzwertanalyse	49
Tabelle 14: SWOT-Analyse.....	59
Tabelle 15: Wahrscheinlichkeit des Eintreffens (Sicherheit).....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Tabelle 16: Ausmass der Auswirkungen (Sicherheit)	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Tabelle 17 Risikomatrix (Sicherheit).....	63
Tabelle 18: Risikoanalysetabelle (Sicherheit) Teil 1	64
Tabelle 19: Risikoanalysetabelle (Sicherheit) Teil 2	65
Tabelle 20: Stückliste (Teil1).....	67
Tabelle 21: Stückliste (Teil 2).....	68
Tabelle 22: Abrechnung (Teil 1).....	70
Tabelle 23: Abrechnung (Teil 2).....	71
Tabelle 24: Kosten-Nutzen-Analyse.....	73
Tabelle 25: Optimierungen/Verbesserungen.....	91
Tabelle 26: Evaluation der Zielerreichung (Teil 1).....	95
Tabelle 27: : Evaluation der Zielerreichung (Teil 2).....	96
Tabelle 28: : Evaluation der Zielerreichung (Teil 3).....	97

11.4 Quellenverzeichnis

1. Alle Informationen zu den Bauteilen wurden auf den Internetseiten bezogen, welche bei den Datenblätter hinterlegt sind.
2. TEKO Olten (2024). „Vorlage Themeneingabe.“
Verfügbar unter: [Vorlage Themeneingabe.doc](#) [Letzter Zugriff: 23.10.2024].
3. TEKO Olten (2024). „Vorlage Projektstatusbericht.“
Verfügbar unter: [vorlage-projektstatusbericht.ppt](#) [Letzter Zugriff: 23.10.2024].
4. TEKO Olten (2024). „Vorlage Dokumentation DA.“
Verfügbar unter [Vorlage Dokumentation DA.docx](#) [Letzter Zugriff: 23.10.2024].
5. Reiden Technik AG (2024). „Logo der Reiden Technik AG.“
Verfügbar unter: reiden.com/build/images/logo.633248fa.svg [Letzter Zugriff: 23.10.2024].
6. Vorlage-Muster.ch (2023). „Protokollvorlage.“
Verfügbar unter: [Protokollvorlage \(Word & Excel\) für Sitzungen & Meetings](#) [Letzter Zugriff: 23.10.2024].
7. Swidoc.ch (2023). „Die Grundlagen der SWOT-Analyse: Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken.“
Verfügbar unter: [Kostenlose Vorlage für SWOT-Analyse zum Download - swiDOC](#) [Letzter Zugriff: 23.10.2024].
8. Stoiber, Regina (2019). „Risikoanalyse durchführen – mit Muster, Vorlage und Beispiel.“
Verfügbar unter: [Risikoanalyse durchführen - mit Muster / Vorlage und Beispiel | Datenbeschützerin®](#) [Letzter Zugriff: 23.10.2024].
9. Wikipedia. „Teilungseinheit.“ Verfügbar unter: Wikipedia. „Teilungseinheit.“ Verfügbar unter: <https://de.wikipedia.org/wiki/Teilungseinheit> [Letzter Zugriff am 24.10.2024].
10. ChatGPT (2024). „Allgemeine Informationssammlung.“ Verfügbar unter: [ChatGPT](#) [Letzter Zugriff: 23.10.2024].
11. Reiden GmbH. „EN 60204-1:2006 – Sicherheit von Maschinen: Elektrische Ausrüstung von Maschinen.“ Interne Dokumentation, zugänglich über Redmine. [Letzter Zugriff am 24.10.2024.]

12 Anhang

12.1 Projektstatusberichte

12.1.1 Statusbericht 1

Projekt: Hardwareplanung Teststeuerung Palettierung

Stautsbericht: 1

Projektleiter Remo Nützi	Projektziele Hardwareplanung Teststeuerung Palettierung • Kollisionen und Montagefehler frühzeitig erkennen. • Effizienz steigern	Verteiler • Thomas Bouchard			
Gesamt- beurteilung	Projektverlauf ■ ■ ■	Projektklima ■ ■ ■	Termine ■ ■ ■	Risiken ■ ■ ■	Ressourcen ■ ■ ■
Tendenz	➔	➔	↗	➔	➔
Aktueller Projektstand <ul style="list-style-type: none"> • Im Moment stehe ich gut im Projekt. • Dokumentation ist eher weiter fortgeschritten als geplant. • Beim Material gibt es Lieferverzögerungen. Diese sollten aber für einen erfolgreichen Abschluss kein Problem darstellen. Trotzdem habe ich den Pfeil bei Ressourcen gerade gelassen, da ich denke, dass das Material bis Ende nächster Woche nicht bei uns ankommen wird. 		Was läuft gut? <ul style="list-style-type: none"> • Kommunikation zwischen den Abteilungen • Dokumentation kommt voran Was läuft nicht gut? <ul style="list-style-type: none"> • Gewisse Bauteile haben etwas längere Lieferfristen als geplant. 			
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen <ul style="list-style-type: none"> • Schema zeichnen und die Hardware komplett fertig planen (Querschnitte, Sicherungen etc.) • An der Dokumentation weiter arbeiten. • Allfällige Fragen für Vorzeigetermin vorbereiten 					

Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber

12.1.2 Statusbericht 2

Projekt: Hardwareplanung Teststeuerung Palettierung

Statusbericht: 2

Projektleiter Remo Nützi	Projektziele Hardwareplanung Teststeuerung Palettierung • Kollisionen und Montagefehler frühzeitig erkennen. • Effizienz steigern	Verteiler • Thomas Bouchard			
Gesamt- beurteilung	Projektverlauf ■ □ □	Projektklima ■ □ □	Termine □ ■ □	Risiken ■ □ □	Ressourcen ■ □ □
Tendenz	⇒	⇒	↗	⇒	⇒
Aktueller Projektstand • Wie am Freitag besprochen, habe ich diese Woche etwas weniger Zeit für die Arbeit investiert aber ich liege immer noch in der Zeit • Ich habe weiter an der Dokumentation gearbeitet • Das Schema wurde von Hand gezeichnet		Was läuft gut? • Ich habe fast für das ganze Material die Lieferbestätigung • Das Schema war schnell gezeichnet Was läuft nicht gut? • Im Moment sehe ich keine Probleme			
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen • Ich werde die Dokumentation und das Pflichtenheft so anpassen wie am Freitag besprochen.					

Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber

12.1.3 Statusbericht 3

Projekt: Hardwareplanung Teststeuerung Palettierung

Statusbericht: 3

Projektleiter Remo Nützi	Projektziele Hardwareplanung Teststeuerung Palettierung • Kollisionen und Montagefehler frühzeitig erkennen. • Effizienz steigern	Verteiler • Thomas Bouchard			
Gesamt- beurteilung	Projektverlauf ■ □ □	Projektklima ■ □ □	Termine ■ □ □	Risiken ■ □ □	Ressourcen ■ □ □
Tendenz	⇒	⇒	⇒	⇒	⇒
Aktueller Projektstand • Das meiste Material ist gekommen und ich konnte die Hardware grob aufbauen. • Ich habe die Dokumentation etwas vernachlässigt diese Woche, da ich am Hardwareaufbau gearbeitet habe. • Ich bin im Zeitplan und mit der jetzigen Entwicklung bin ich sehr zufrieden.		Was läuft gut? • Da der Schaltschrank früher angekommen ist als geplant, konnte ich die Hardware schon aufbauen. Was läuft nicht gut? • Ich habe gesehen, dass ich einige Sachen vergessen habe und diese noch bestellen muss. Es ist aber alles Material, welches schnell verfügbar ist.			
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen • Der Plan ist es, an der Verdrahtung zu arbeiten und die Dokumentation auf den neusten Stand zu bringen.					

Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber

12.1.4 Statusbericht 4

Projekt: Hardwareplanung Teststeuerung Palettierung

Statusbericht: 4

Projektleiter Remo Nützi	Projektziele Hardwareplanung Teststeuerung Palettierung • Kollisionen und Montagefehler frühzeitig erkennen. • Effizienz steigern		Verteiler • Thomas Bouchard		
Gesamt- beurteilung	Projektverlauf 	Projektklima 	Termine 	Risiken 	Ressourcen
Tendenz					
Aktueller Projektstand <ul style="list-style-type: none"> • Ich bin in dieser Woche sehr gut vorwärts gekommen und konnte auch einiges an der Dokumentation vorantreiben. • Die Hardware ist so weit aufgebaut und der Leistungsteil wurde mehrheitlich verdrahtet 		Was läuft gut? <ul style="list-style-type: none"> • Die Dokumentation ist meines Erachtens auf einem fortgeschrittenen Stand. • Beim Aufbau der Hardware und der Verdrahtung bin ich sehr schnell voran gekommen Was läuft nicht gut? <ul style="list-style-type: none"> • Ich habe beim Verdrahten bemerkt, dass ich den Motorschutzschalter nicht wunschgemäß an einem 32A LS anschliessen kann, da der Anschluss am MS für maximal 4mm² ausgelegt ist aber 32A mindestens 6mm² verlangt. 			
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen <ul style="list-style-type: none"> • Zusätzlichen 16A Motorschutzschalter verbauen • Verdrahtung weiter machen • Dokumentation 					

Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber

12.1.5 Statusbericht 5

Projekt: Hardwareplanung Teststeuerung Palettierung

Statusbericht: 5

Projektleiter Remo Nützi	Projektziele Hardwareplanung Teststeuerung Palettierung <ul style="list-style-type: none"> • Kollisionen und Montagefehler frühzeitig erkennen. • Effizienz steigern 	Verteiler <ul style="list-style-type: none"> • Thomas Bouchard 			
Gesamt- beurteilung	Projektverlauf 	Projektklima 	Termine 	Risiken 	Ressourcen 
Tendenz					
Aktueller Projektstand <ul style="list-style-type: none"> • Diese Woche ist das Projekt etwas liegen geblieben. Dies war jedoch eingeplant, da ich einen obligatorischen Kurs der Feuerwehr besuchen durfte. • Am Wochenende habe ich extrem viel Zeit in die Dokumentation gesteckt, da ich die einzelnen Schritte der Realisierung bis jetzt nur stichwortartig zusammengefasst habe. 		Was läuft gut? <ul style="list-style-type: none"> • Ich habe bei der Verdrahtung noch einige Anpassungen vorgenommen; ich würde sogar sagen Verbesserungen • Ich habe jetzt zwei Wochen Ferien, um an der Diplomarbeit zu arbeiten und bin sehr guter Dinge in diesen zwei Wochen das Projekt mehr oder weniger abschliessen zu können, damit ich in der letzten Woche noch Zeit habe, um die Dokumentation gegenlesen zu lassen und allfällige Änderungen und Verbesserungen vorzunehmen. Was läuft nicht gut? <ul style="list-style-type: none"> • Ich sehe im Moment keine Probleme. 			
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen <ul style="list-style-type: none"> • Realisierungsphase in der Dokumentation fertig stellen • Mechanische Bearbeitung am Schaltschrank • Wenn möglich Start mit den Tests/Prüfungen 					

Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber

12.1.6 Statusbericht 6

Projekt: Hardwareplanung Teststeuerung Palettierung

Statusbericht: 6











Projektleiter Remo Nützi	Projektziele Hardwareplanung Teststeuerung Palettierung • Kollisionen und Montagefehler frühzeitig erkennen. • Effizienz steigern	Verteiler • Thomas Bouchard			
Gesamt- beurteilung	Projektverlauf ■ □ □	Projektklima ■ □ □	Termine ■ □ □	Risiken ■ □ □	Ressourcen ■ □ □
Tendenz	⇒	⇒	⇒	⇒	⇒
Aktueller Projektstand • Diese Woche hatte ich Ferien und konnte daher extrem viel Zeit für die Arbeit aufwenden. - Mechanische Bearbeitung am Schaltschrank - Alle Erdungen - Kabelverbindungen - Doku und Ablaufplanung aktualisiert		Was läuft gut? • Durch meine Ferien konnte ich grosse Schritte vorwärts machen und gewisse Sachen jetzt schon verbessern Was läuft nicht gut? • Alles i.O.			
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen • Testen/Prüfen der Steuerung • Abschluss der Dokumentation • Gegenlesen der Dokumentation					

Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber

12.1.7 Statusbericht 7

Projekt: Hardwareplanung Teststeuerung Palettierung

Statusbericht: 7

Projektleiter Remo Nützi	Projektziele Hardwareplanung Teststeuerung Palettierung <ul style="list-style-type: none"> • Kollisionen und Montagefehler frühzeitig erkennen. • Effizienz steigern 	Verteiler <ul style="list-style-type: none"> • Thomas Bouchard 			
Gesamt- beurteilung	Projektverlauf 	Projektklima 	Termine 	Risiken 	Ressourcen 
Tendenz					
Aktueller Projektstand <ul style="list-style-type: none"> • Auch diese Woche hatte ich Ferien und konnte die Zeit nutzen um alles fertig zu stellen - Doku wurde abgeschlossen - Mechanisch und technisch wurde alles geprüft und ebenfalls abgeschlossen 		Was läuft gut? <ul style="list-style-type: none"> • Ich kam gut voran mit der Dokumentation und konnte diese abschliessen Was läuft nicht gut? <ul style="list-style-type: none"> • Alles i.O. 			
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen <ul style="list-style-type: none"> • Gegenlesen der Dokumentation • Gelegentlich und bei Bedarf Details verbessern 					

Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber

12.1.8 Statusbericht 8

Projekt: Hardwareplanung Teststeuerung Palettierung

Statusbericht: 8

Projektleiter Remo Nützi	Projektziele Hardwareplanung Teststeuerung Palettierung • Kollisionen und Montagefehler frühzeitig erkennen. • Effizienz steigern	Verteiler • Thomas Bouchard			
Gesamt- beurteilung	Projektverlauf ■ □ □	Projektklima ■ □ □	Termine ■ □ □	Risiken ■ □ □	Ressourcen ■ □ □
Tendenz	⇒	⇒	⇒	⇒	⇒
Aktueller Projektstand • Ich habe diese Woche noch die Abschlussarbeiten gemacht. Heisst: Alle Beschriftungen im Schaltschrank angebracht, das Dokument gegenlesen lassen und dementsprechend korrigiert. • Dokument abgegeben/geschickt		Was läuft gut? Was läuft nicht gut?			
Geplante nächste Schritte / getroffene Massnahmen • Präsentation • Onlinepublikation					

Projekt-Statusbericht; Stefan Thöni, Josef Räber

12.2 Meetingprotokolle

12.2.1 Vorabklärung Diplomarbeit

Protokoll

Sitzungsprotokoll „Vorabklärung Diplomarbeit“ vom 27.03.2024

Anwesende: Stefan Kiefer, Leiter Automation Reiden Technik AG
Remo Nützi, Stv. Leiter Automation (Diplomand)
Thomas Birrer, Werkstattleiter Reiden Technik AG
Oliver Studer, Stv. Werkstattleiter Reiden Technik AG

Abwesend: -

Sitzungsort: 6260 Reiden, Werkstrasse 2

Protokollführer: Remo Nützi

Traktanden:

1. Protokoll der letzten Sitzung
2. Thema/Projekt Diplomarbeit
3. Anforderungen von der RTAG
4. Zuständigkeiten
5. Weiteres Vorgehen
6. -
7. -

Start der Sitzung: 27.03.2023, 09:30 Uhr

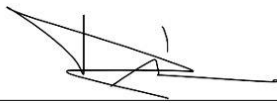
1. Protokoll der letzten Sitzung	Verantwortlich	Datum
Keine vorherige Sitzung		
2. Thema/Projekt Diplomarbeit		
Prototyp einer Hilfssteuerung für Siemensantriebe erstellen um Baugruppen zu testen		
3. Anforderungen		
<ul style="list-style-type: none"> - Siemensantriebe ansteuern, um gewisse Baugruppen zu testen - Drive CliQ (Siemens) und EnDat Anschlüsse (Heidenhain) Die Steuerung wird vor Allem für die Ansteuerung des Verschiebemoduls (Palettierung) RX14/18 und zum Test des Hubmoduls (Palettierung) RX10/12 gebraucht. <ul style="list-style-type: none"> - Remo Nützi plant die Hardware und leitet das Projekt Kommunikation zwischen involvierten Abteilungen sicherstellen		
4. Zuständigkeiten		
Remo Nützi Hardwareplanung/Projektleiter Stefan Kiefer der interne Experte		
5. Weiteres Vorgehen		
<ul style="list-style-type: none"> - Sitzung mit Thomas Schenk (Abteilung: Elektroplanung) und Pascal Wagner (Abteilung: Software) einberufen. - Mit den Anwendern besprechen, ob es noch weitere Anwendungsbereiche gibt. Gantryachsen ausgeschlossen! 	Remo Nützi	4.4.24

Ende der Sitzung, 27.03.2024, 10:30 Uhr

Reiden, 27. März 2024

Protokollführer: Remo Nützi

Unterschrift:



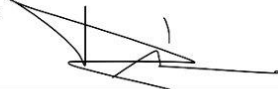
6. Weiteres Vorgehen		
- Vorabklärungen gemäss eigenem Ermessen	Remo Nützi	20.06.24
- Eingabe Diplomarbeit bei TEKO		

Ende der Sitzung, 03.06.2024, 14:20 Uhr

Reiden, 03. Juni 2024

Protokollführer: Remo Nützi **Vorsitz:** Remo Nützi

Unterschrift:



12.2.3 Besprechung Kosten-Nutzen-Analyse

Protokoll

Sitzungsprotokoll „Besprechung Kosten-Nutzen-Analyse“ vom 19.09.2024

Anwesende: Remo Nützi, Projektleiter
Stefan Kiefer, Leiter Automation
Thomas Birrer, Werkstattleiter, Mitglied der Geschäftsleitung

Abwesend:

Sitzungsort: 6260 Reiden, Werkstrasse 2

Protokollführer: Remo Nützi **Vorsitz:** Remo Nützi

Traktanden:

1. Protokoll der letzten Sitzung
2. Besprechung Kosten-Nutzen-Analyse
3. Freigabe Budget
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.

Start der Sitzung: 19.09.2024, 07:30 Uhr

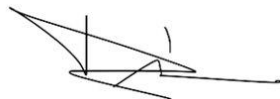
1. Protokoll der letzten Sitzung	Verantwortlich	Datum
Keine vorherige Sitzung		
2. Besprechung Kosten-Nutzen-Analyse und Budget		
- Vorstellung der berechneten Kosten für die Steuerung und die Kosten-Nutzen-Analyse Entscheid:	Remo Nützi	
3. Freigabe Budget		
- Freigeben des Budgets	Stefan Kiefer Thomas Birrer	sofort

Ende der Sitzung, 19.09.2024, 07:45 Uhr

Reiden, 19. September 2024

Protokollführer: Remo Nützi **Vorsitz:** Remo Nützi

Unterschrift:



12.2.4 Auslegung und Bestellung der Hardware

Protokoll

Sitzungsprotokoll „Auslegung und Bestellung der Hardware“ vom
19.09.2024

Anwesende: Remo Nützi, Projektleiter
Thomas Schenk, Leiter Elektroplanung

Abwesend:

Sitzungsort: 6260 Reiden, Werkstrasse 2

Protokollführer: Remo Nützi **Vorsitz:** Remo Nützi

Traktanden:

1. Protokoll der letzten Sitzung
2. Auslegung Hardware
3. Bestellung
- 4.
- 5.
- 6.
- 7.

Start der Sitzung: 19.09.2024, 08:00 Uhr

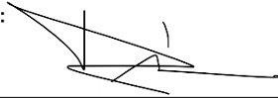
1. Protokoll der letzten Sitzung	Verantwortlich	Datum
Keine vorherige Sitzung		
2. Auslegung der Hardware		
<ul style="list-style-type: none"> - Was habe ich für Bauteile ausgelegt - Überprüfung durch Thomas Schenk - Was könnte geändert werden <p>Entscheid:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Bauteile die ich ausgelegt habe, passen grundsätzlich zu den Anforderungen der Steuerung. Jedoch muss die Einspeisung über eine 63A Steckdosen realisiert sein, da diese nicht FI geschützt ist. Andernfalls gäbe es Probleme im Zusammenhang mit dem FI. - Der Umrichter, der von Thomas vorgeschlagen wurde, ist nicht für die Anforderungen an dieses Projekt ausgelegt. Wir werden das grössere Modell bestellen mit einer Leistung von 4kW. 		
3. Bestellung		
<ul style="list-style-type: none"> - Wer macht die Bestellungen - Wie kommunizieren wir untereinander betreffend der Lieferfristen <p>Entscheid:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Da ich von der Firma keine Vollmacht besitze um Bestellungen zu tätigen, wird sich Thomas Schenk darum kümmern. - Thomas wird mich via Teams oder direkt über die Lieferfristen informieren 	Thomas Schenk	20.09.24

Ende der Sitzung, 19.09.2024, 08:50 Uhr

Reiden, 19. September 2024

Protokollführer: Remo Nützi **Vorsitz:** Remo Nützi

Unterschrift:

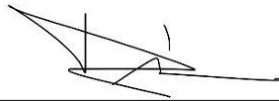


Ende der Sitzung, 14.10.2024, 10:15 Uhr

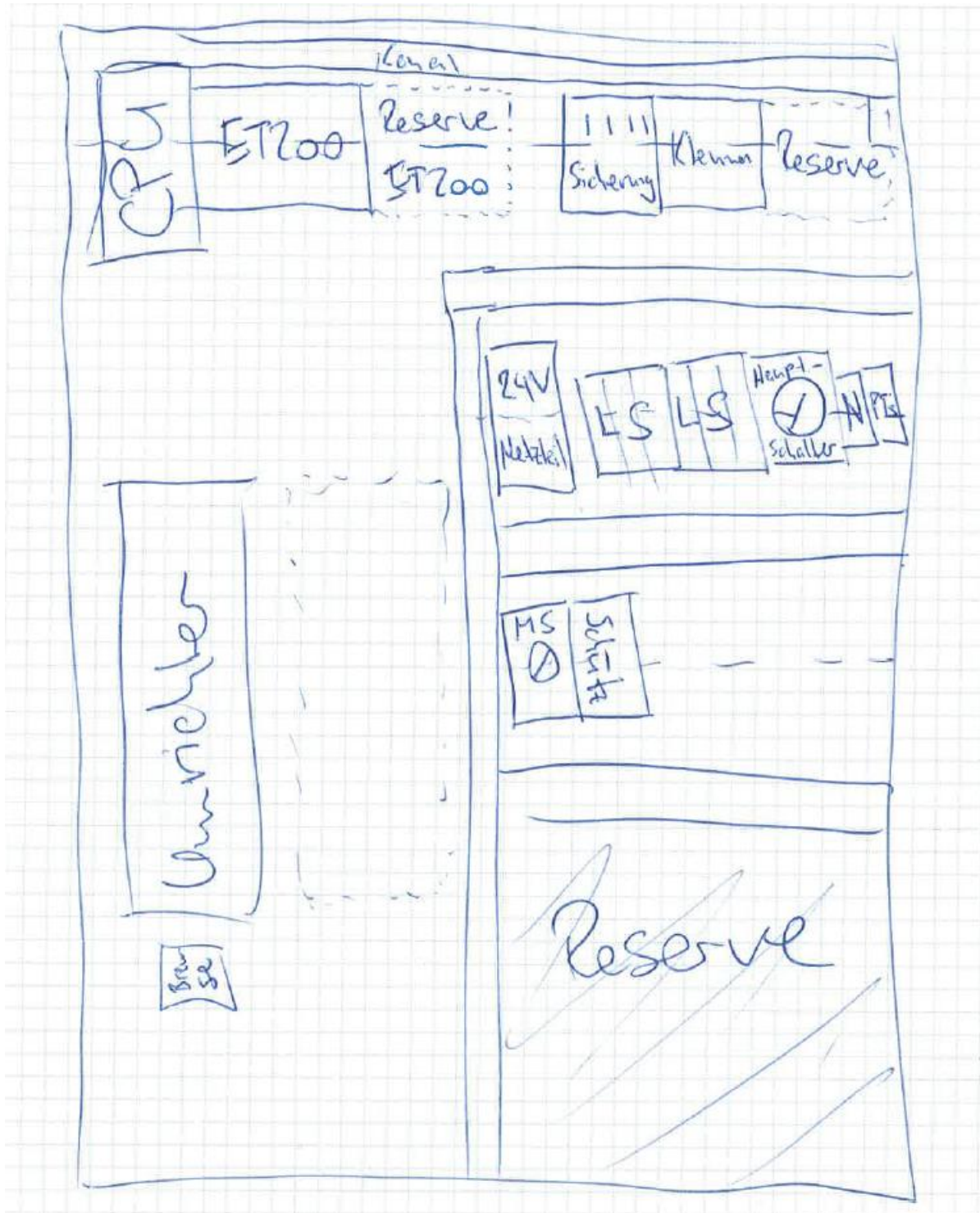
Reiden, 14. Oktober 2024

Protokollführer: Remo Nützi **Vorsitz:** Remo Nützi

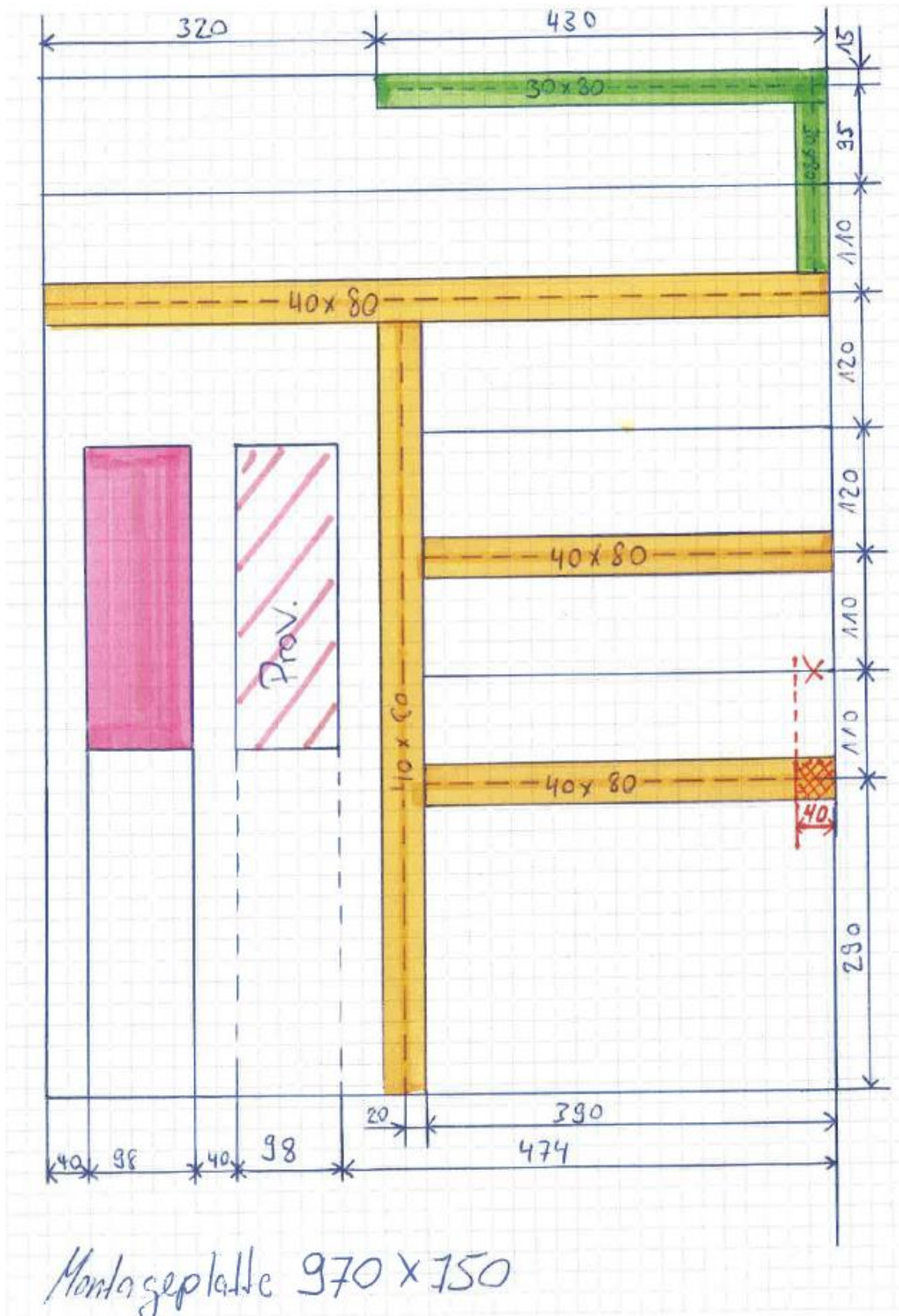
Unterschrift:



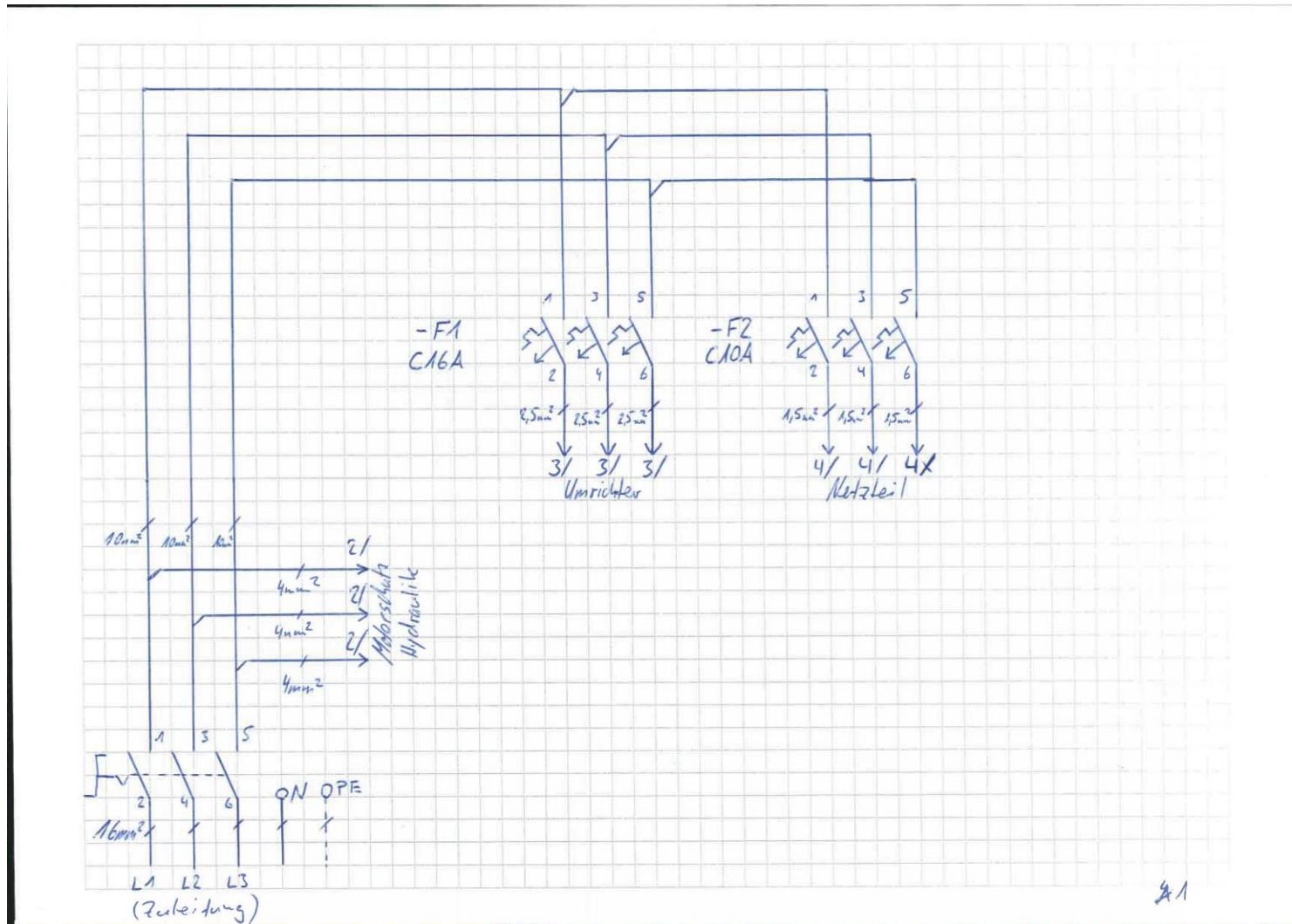
12.3 Layout grobe Skizze

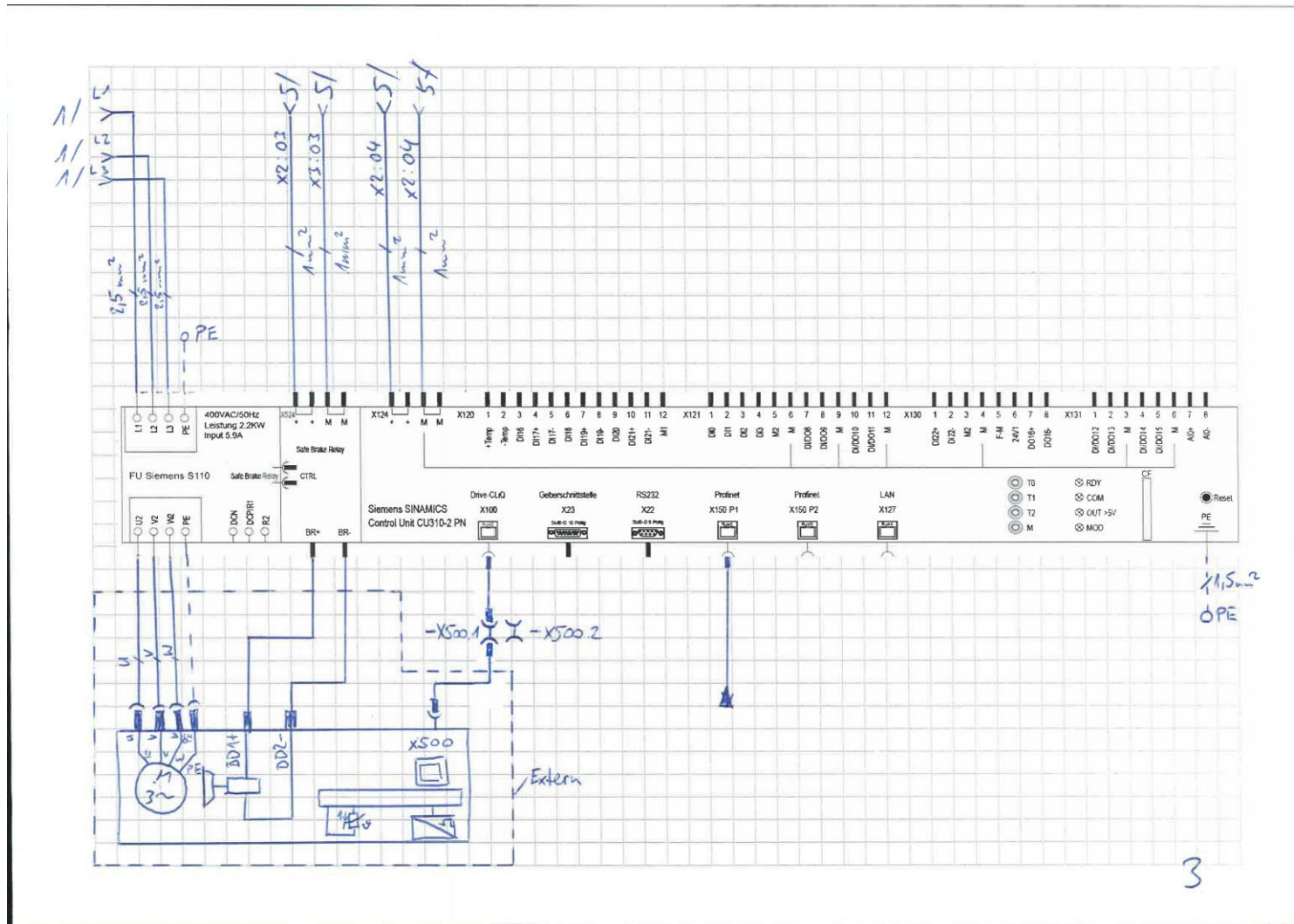


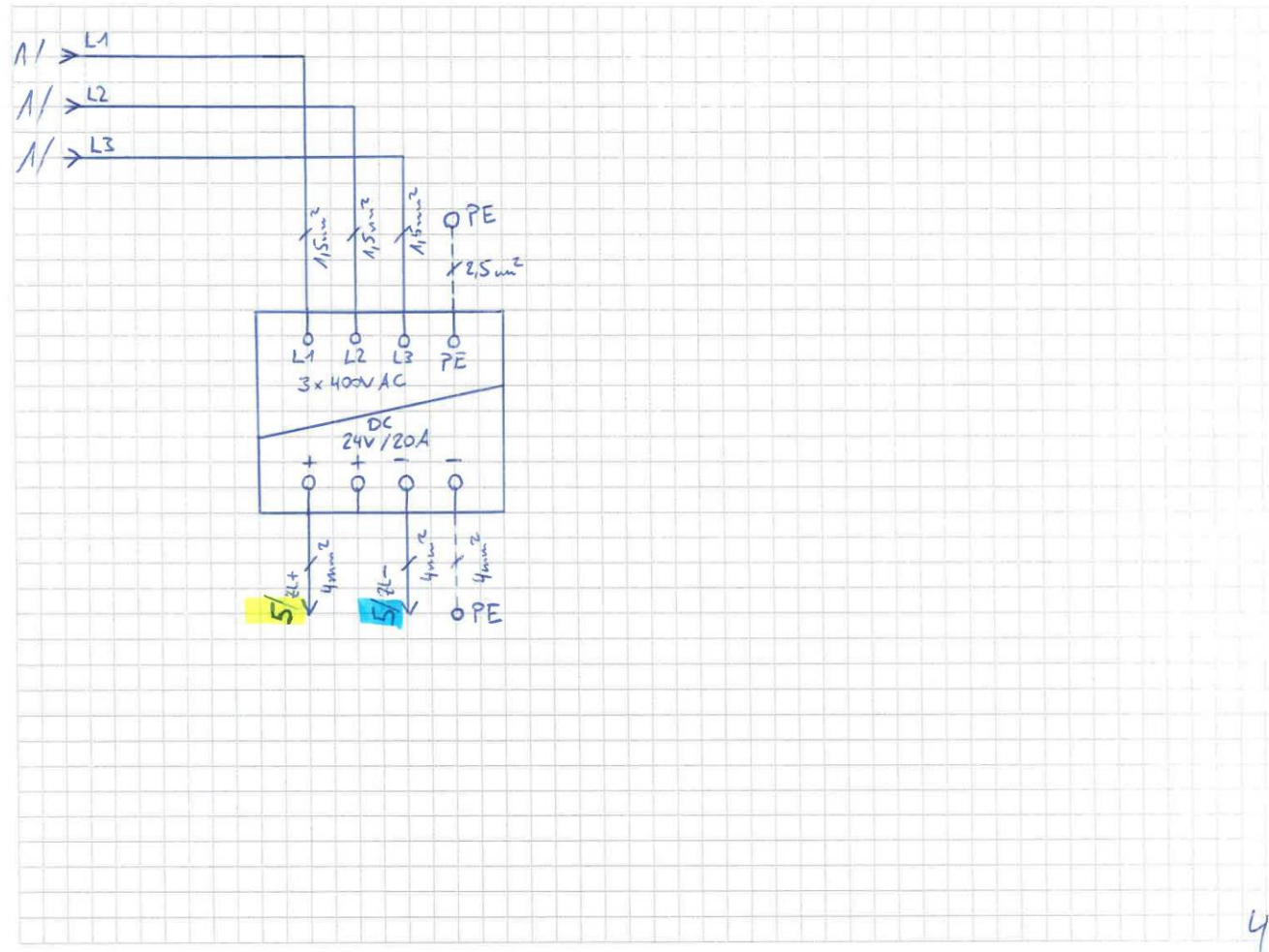
12.5 Layout angepasst

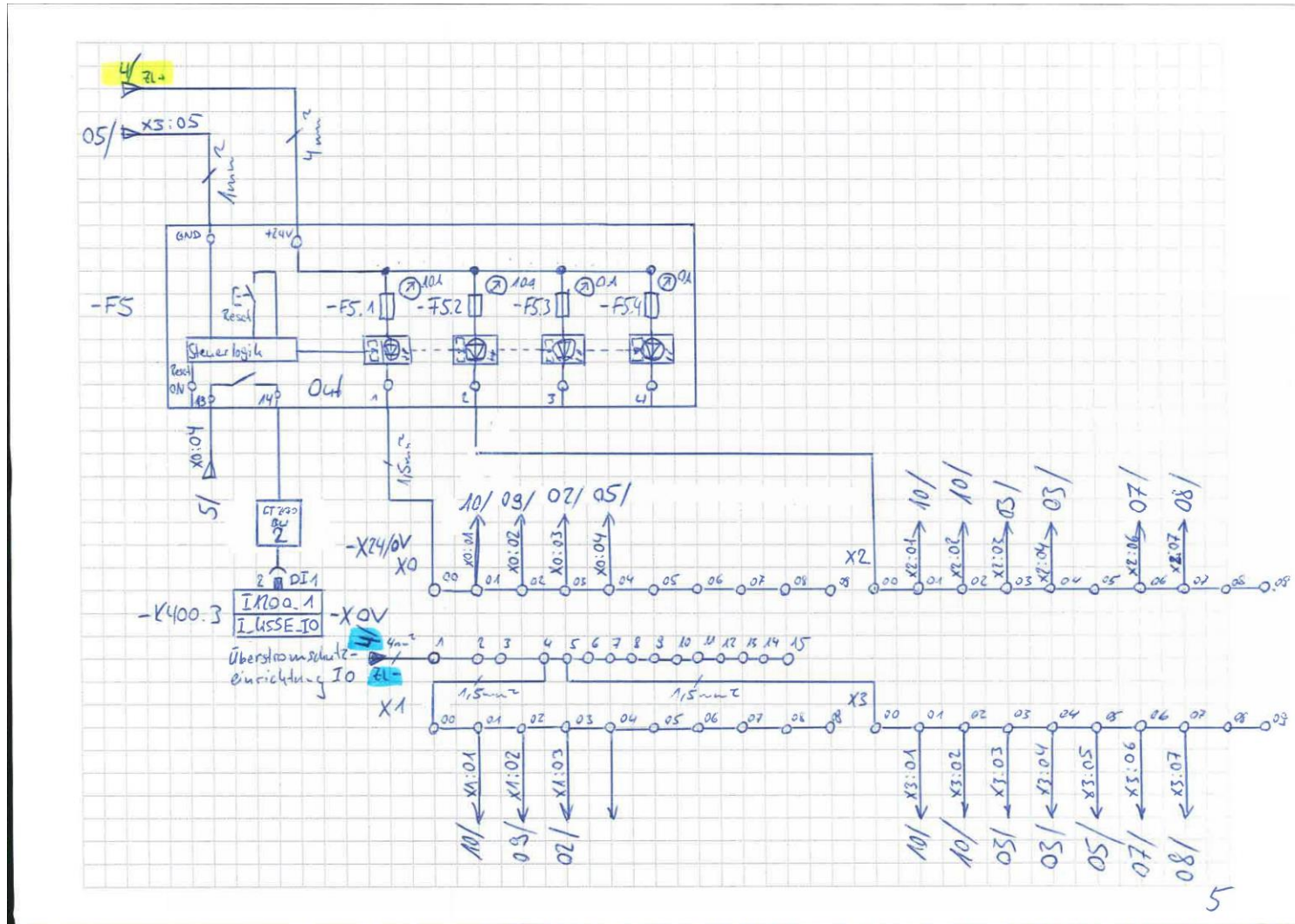


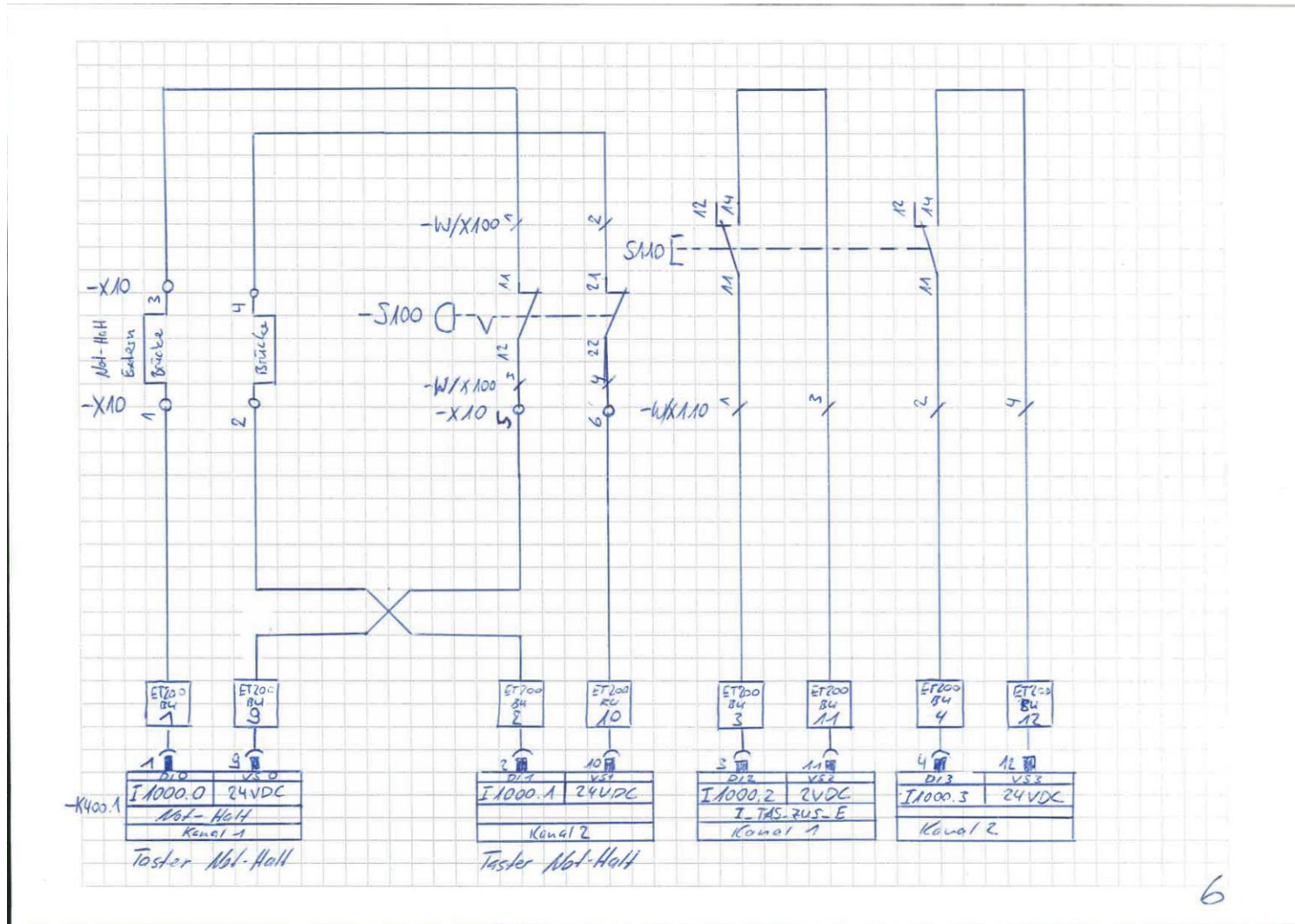
12.6 Schema handgezeichnet



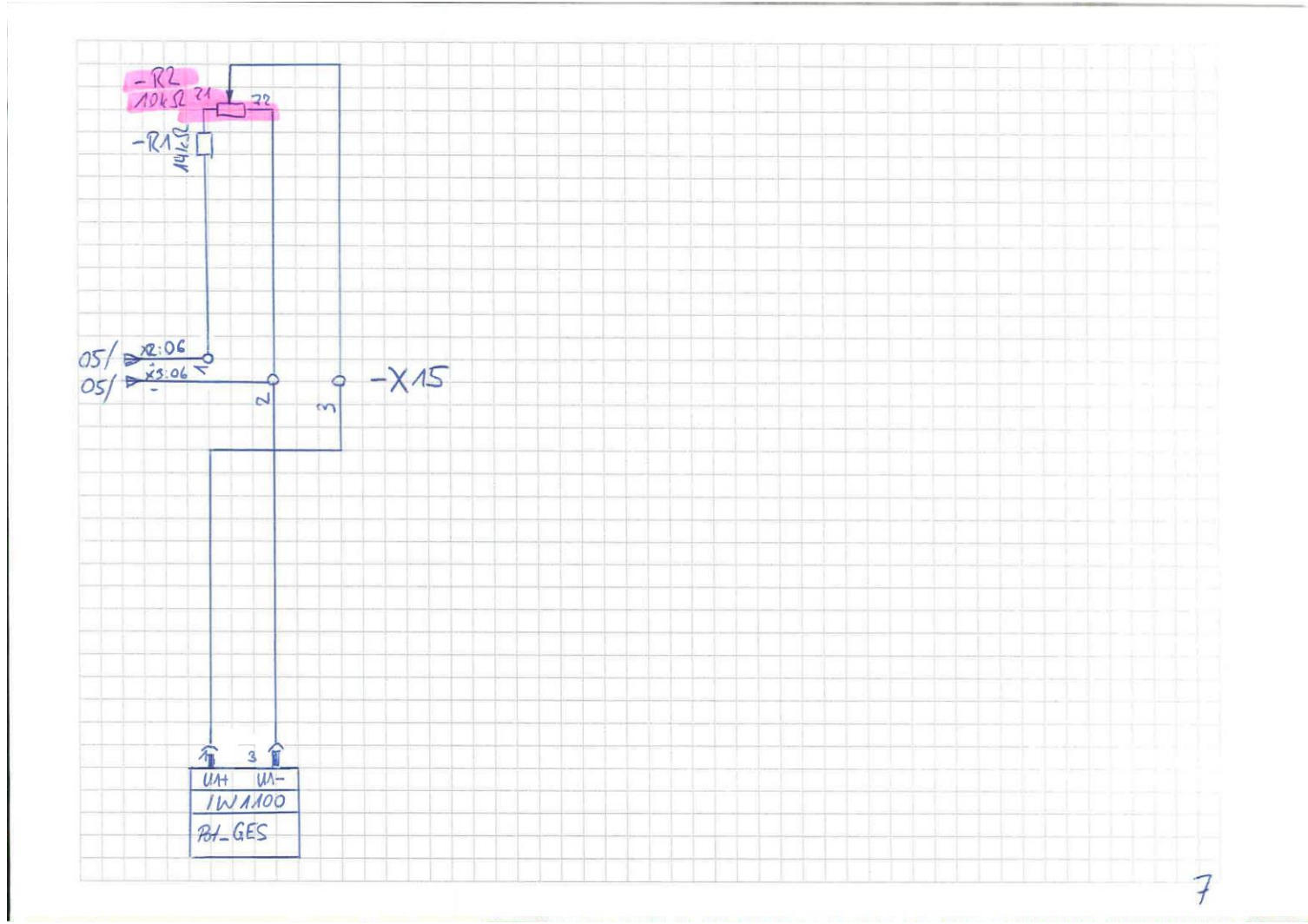




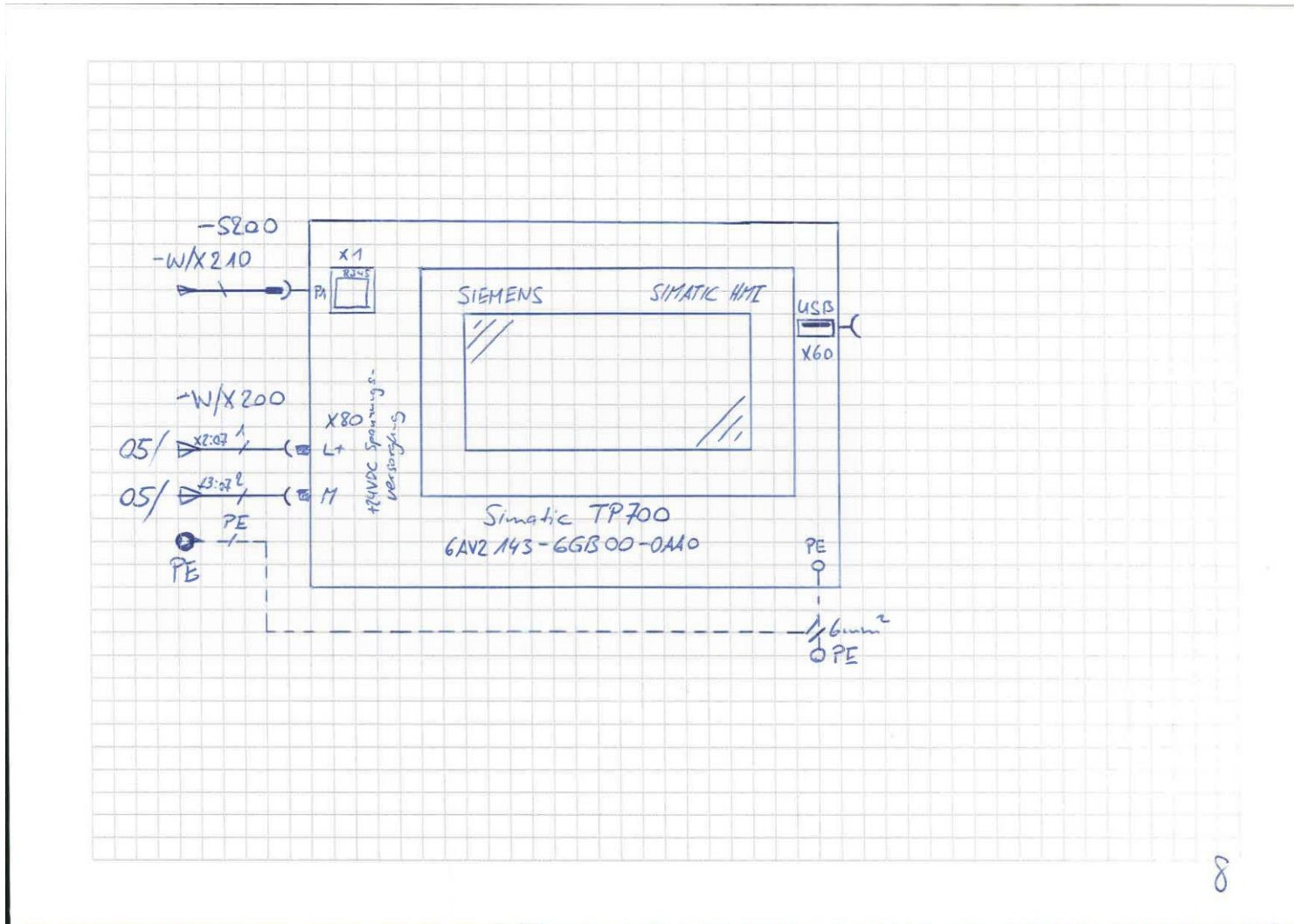


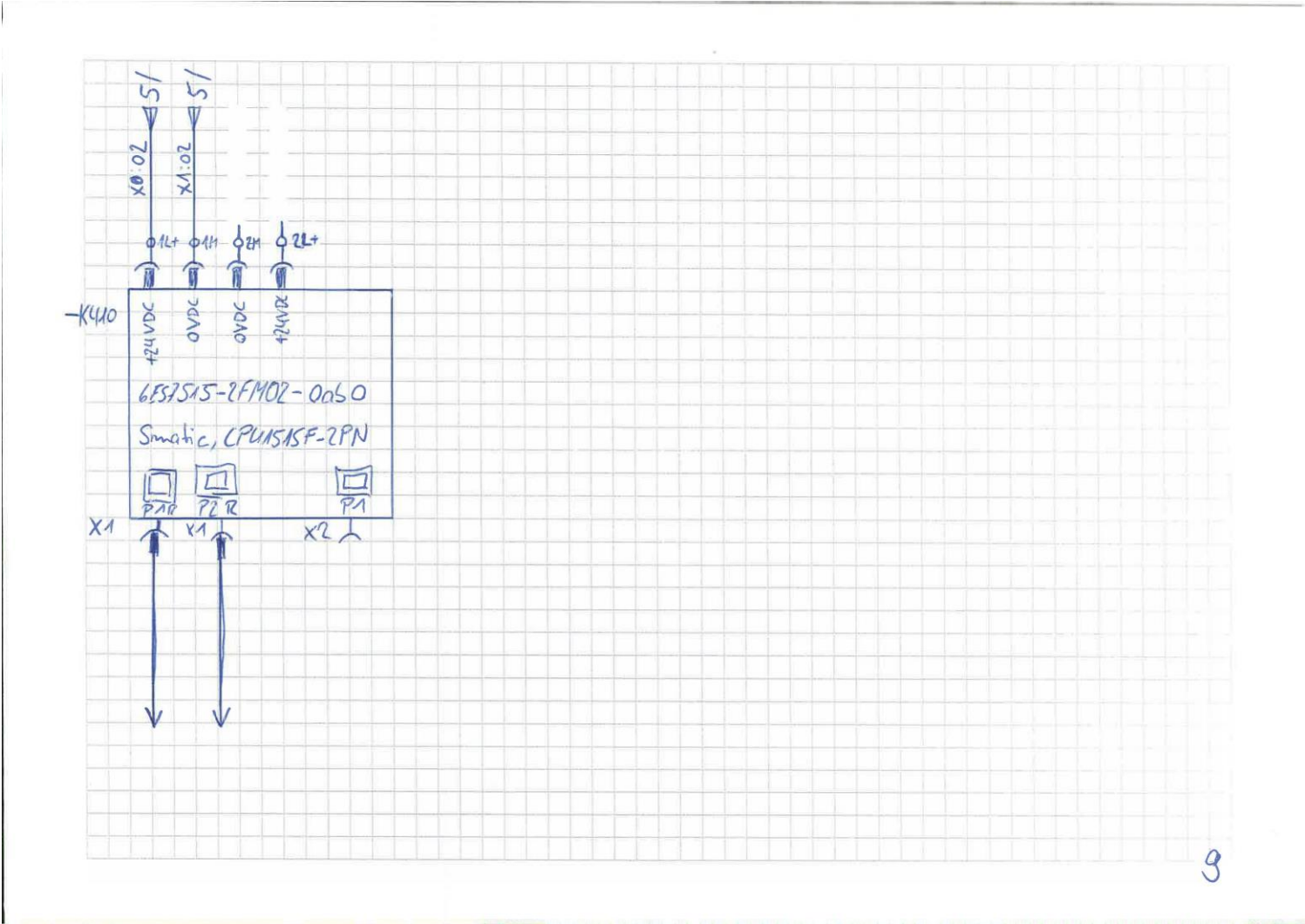


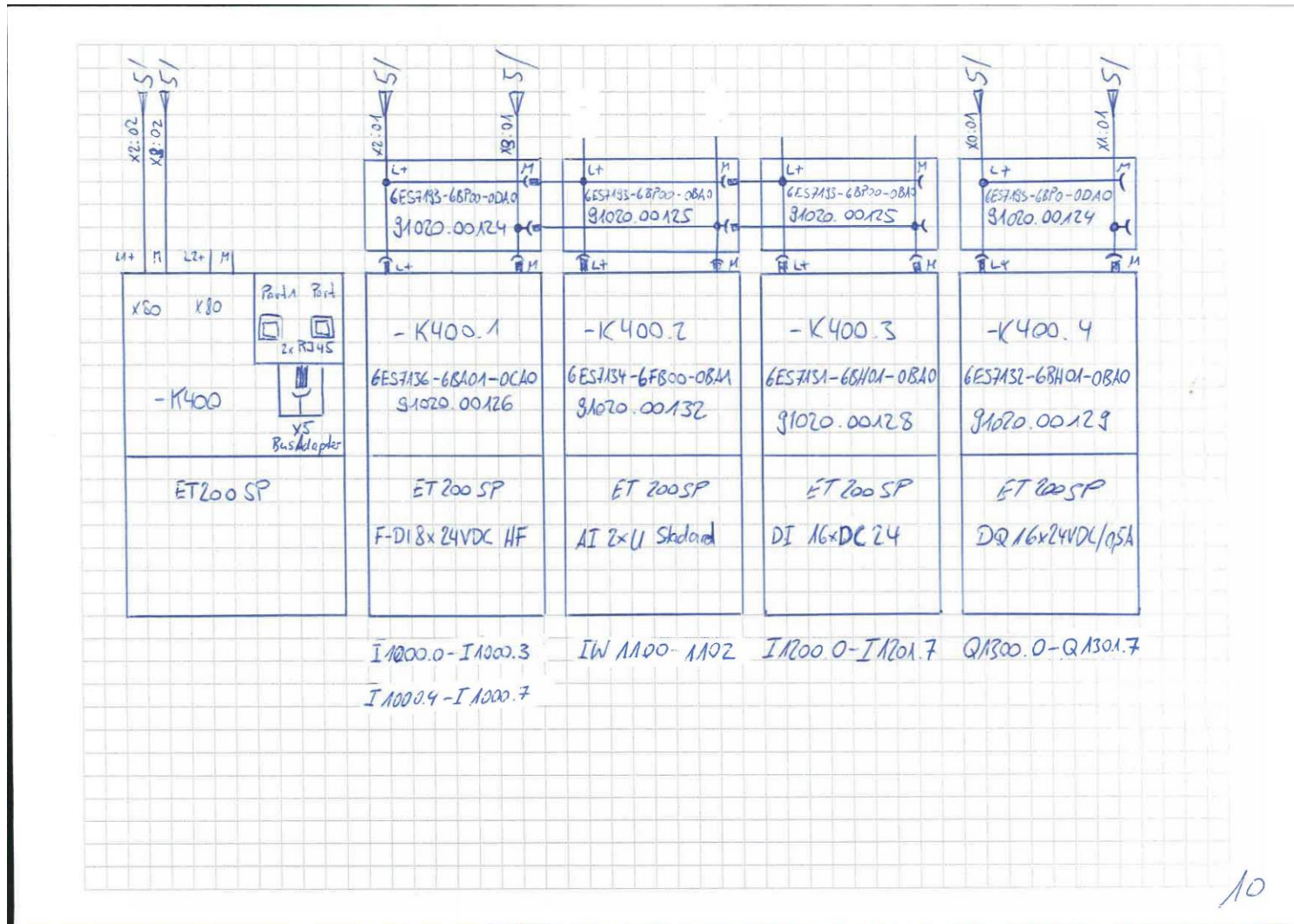
6




7



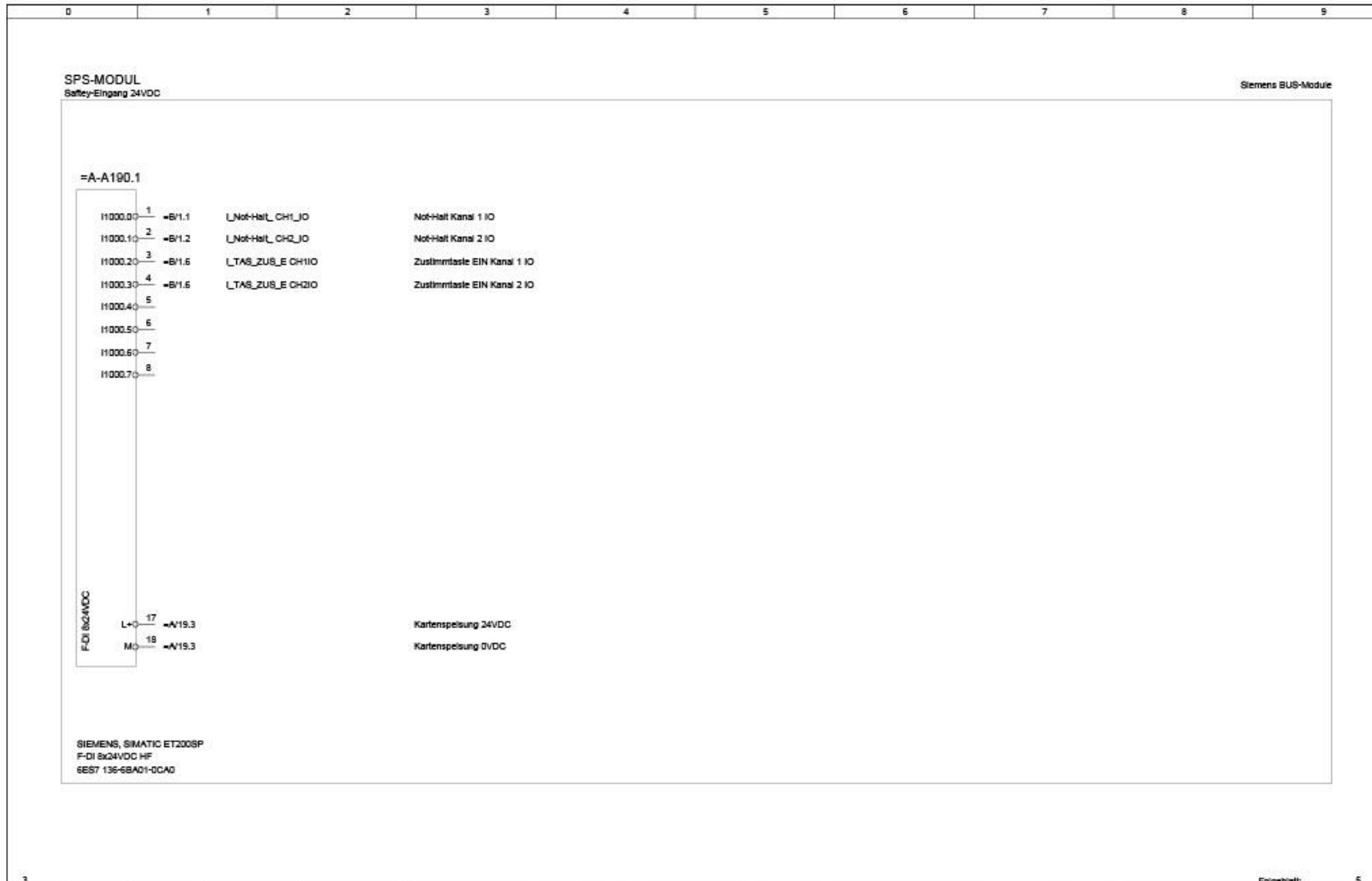




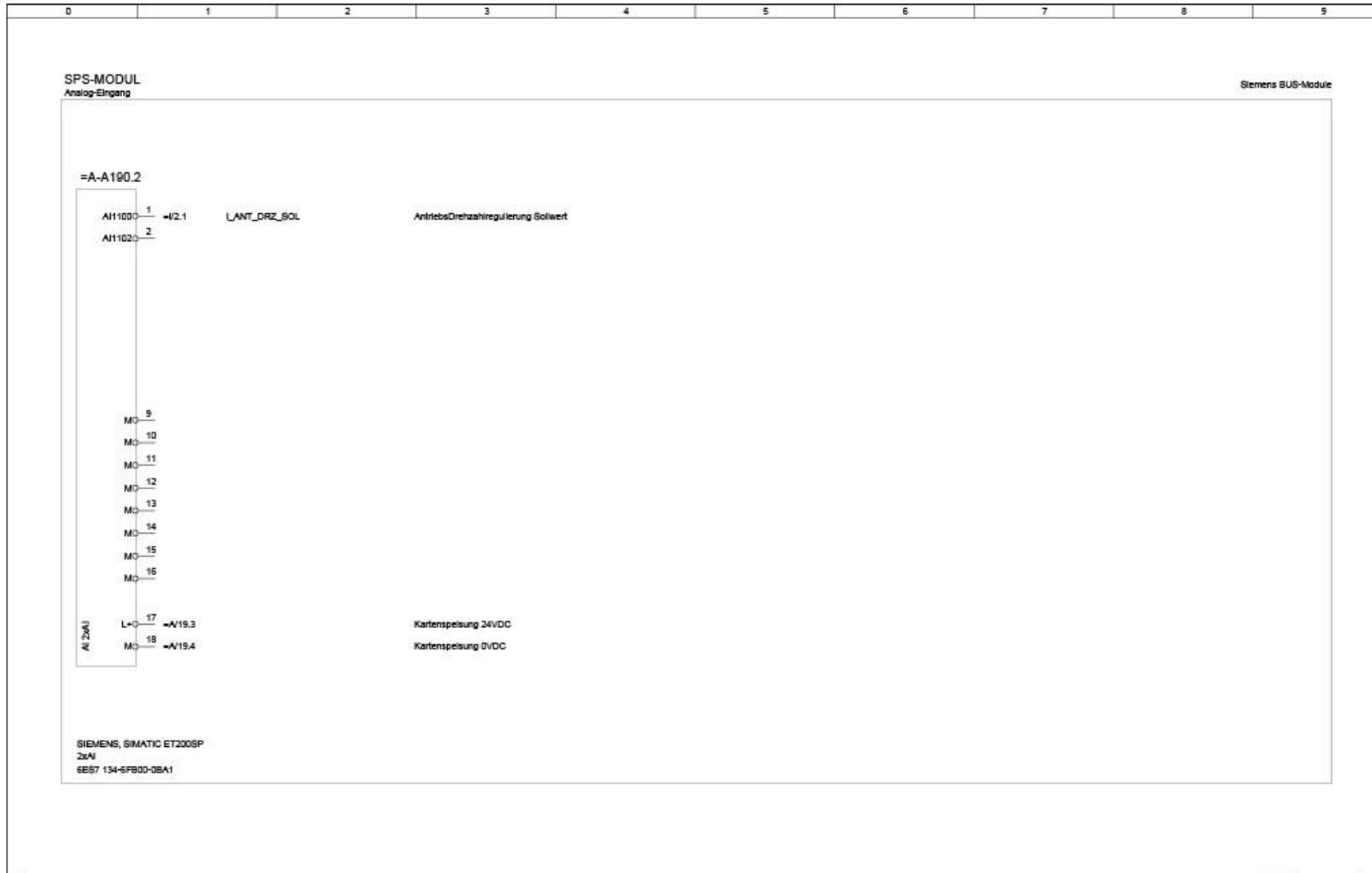
12.7 Schema EPLAN

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
<h1>ELEKTROSCHEMA</h1>													
ANLAGE:					TSPALANTR RX14/RX18 Teststeuerung Verschiebe- u. Drehmodulantrieb PAL								
OBJEKT:					Teststeuerung Verschiebe- u. Drehmodulantrieb PAL								
KUNDE:					Reiden Technik AG Werkstrasse 2 CH-6260 Reiden								
AUFTRAGSNUMMER:					PA 60708								
SCHEMANUMMER:					60708								
2													
		Datum				Reiden Technik AG Werkstrasse 2 CH-6260 Reiden		Deckblatt		TSPALANTR RX14/RX18		Gruppe: = 0	
		Bearb.											
		Plot											
		23.10.2024											
Änderung		Datum		Name		Form.		Urspr.		Ers.f.		Ers.d.	
										Z.-Nr.		60708	
												Blatt: 1 / 3	

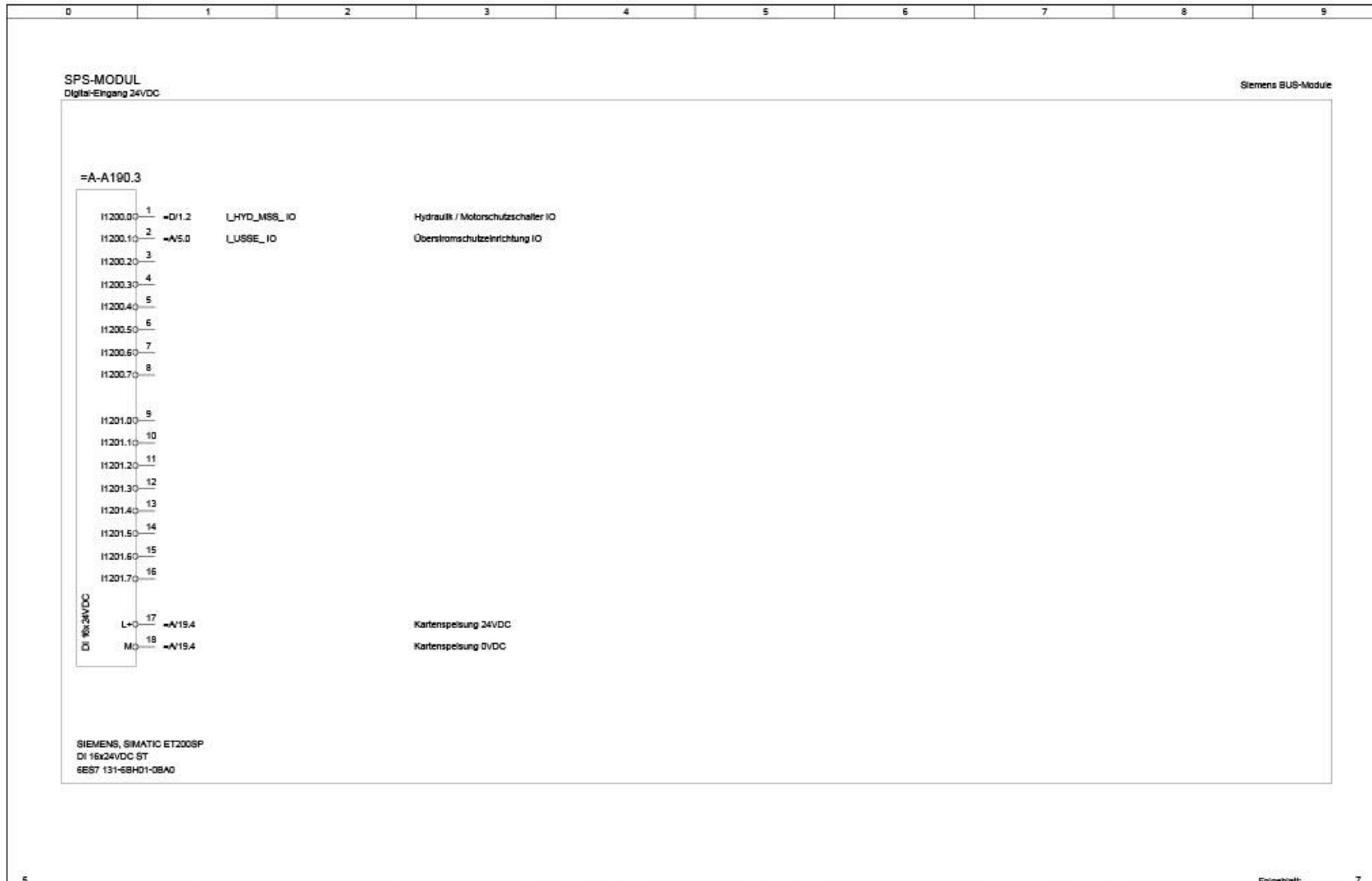
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9																																																
<h3>Betriebsmittel-Kennbuchstabe</h3> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Kennbuchstabe</th> <th>Art des Betriebsmittels</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A</td><td>Module, Baugruppen, Verstärker</td></tr> <tr><td>B</td><td>Thermoelektrische Fühler, Photoelektrische Zellen, Messumformer, Thermoelemente, Widerstandsthermometer, Photowiderstand, Geber für Druck, Menge, Dichte, Niveau, Temperatur, Feuchte, Geschwindigkeit</td></tr> <tr><td>C</td><td>Kondensator</td></tr> <tr><td>D</td><td>Binäre Elemente, Zeit Vergrößerungsglieder, Speicherelemente</td></tr> <tr><td>E</td><td>Beleuchtungseinrichtungen, Heizeinrichtungen, Einrichtungen die an andere Stelle dieser Liste nicht aufgeführt sind, z.B. Elektrofilter, Lüfter, messtechnische Geräteabsperrungen</td></tr> <tr><td>F</td><td>Sicherungen, Feinsicherungen, Schraubensicherungen, HH-Sicherungen, Überspannungsableiter, Schutzrelais, Bimetallauslöser, magnetischer Auslöser, Druckwächter, Signalsicherungen, Leitungsüberwachung, Leitungsschutzschalter, elektronische Einrichtungen zur Signalüberwachung</td></tr> <tr><td>G</td><td>Generatoren, Stromversorgungen, Ladegeräte, Netzegeräte, Frequenzwandler, Umformer, Batterien</td></tr> <tr><td>H</td><td>Optische und akustische Meldegeräte</td></tr> <tr><td>K</td><td>Leistungsschütze, Hilfsschütze, Hilfsrelais, Zeitrelais, Blinkrelais, Reed-Relais</td></tr> <tr><td>L</td><td>Induktivitäten, Drosselspulen, Wellensperren</td></tr> <tr><td>M</td><td>Motoren</td></tr> <tr><td>N</td><td>Verstärker, Regler</td></tr> <tr><td>P</td><td>Messinstrumente- und Anzeigen</td></tr> <tr><td>Q</td><td>Starkstrom-Schalgeräte, Leistungsschalter, Trennschalter, Sterndreieckschalter, Trenniaschen, Sicherungstrenner, Potiumschalter, Motorschutzschalter, Schalter in Hauptstromkreisen</td></tr> <tr><td>R</td><td>Widerstände</td></tr> <tr><td>S</td><td>Schalter, Taster, Drucktaster, Leuchltaster, Wähler, Grenzscharter, Schwenktaster, Steuerschalter, Wahlschalter, Steuerquilterschalter</td></tr> <tr><td>T</td><td>Transformatoren, Spannungswandler, Stromwandler</td></tr> <tr><td>U</td><td>Modulatoren, Frequenzumrichter, Umsetzer von elektrischen Grössen</td></tr> <tr><td>V</td><td>Transistoren, Tyristoren, Dioden, elektrische Röhren</td></tr> <tr><td>W</td><td>Übertragungswege, Sammelschienen, Leiter, Kabel</td></tr> <tr><td>X</td><td>Klemmen, Stecker, Steckdosen, Steckvorrichtungen</td></tr> <tr><td>Y</td><td>Elektrisch betätigte mechanische Einrichtungen, Bremsen, Kupplungen, Elektroventile</td></tr> <tr><td>Z</td><td>Abschluss, RC- und LC-Filter, Begrenzer</td></tr> </tbody> </table>					Kennbuchstabe	Art des Betriebsmittels	A	Module, Baugruppen, Verstärker	B	Thermoelektrische Fühler, Photoelektrische Zellen, Messumformer, Thermoelemente, Widerstandsthermometer, Photowiderstand, Geber für Druck, Menge, Dichte, Niveau, Temperatur, Feuchte, Geschwindigkeit	C	Kondensator	D	Binäre Elemente, Zeit Vergrößerungsglieder, Speicherelemente	E	Beleuchtungseinrichtungen, Heizeinrichtungen, Einrichtungen die an andere Stelle dieser Liste nicht aufgeführt sind, z.B. Elektrofilter, Lüfter, messtechnische Geräteabsperrungen	F	Sicherungen, Feinsicherungen, Schraubensicherungen, HH-Sicherungen, Überspannungsableiter, Schutzrelais, Bimetallauslöser, magnetischer Auslöser, Druckwächter, Signalsicherungen, Leitungsüberwachung, Leitungsschutzschalter, elektronische Einrichtungen zur Signalüberwachung	G	Generatoren, Stromversorgungen, Ladegeräte, Netzegeräte, Frequenzwandler, Umformer, Batterien	H	Optische und akustische Meldegeräte	K	Leistungsschütze, Hilfsschütze, Hilfsrelais, Zeitrelais, Blinkrelais, Reed-Relais	L	Induktivitäten, Drosselspulen, Wellensperren	M	Motoren	N	Verstärker, Regler	P	Messinstrumente- und Anzeigen	Q	Starkstrom-Schalgeräte, Leistungsschalter, Trennschalter, Sterndreieckschalter, Trenniaschen, Sicherungstrenner, Potiumschalter, Motorschutzschalter, Schalter in Hauptstromkreisen	R	Widerstände	S	Schalter, Taster, Drucktaster, Leuchltaster, Wähler, Grenzscharter, Schwenktaster, Steuerschalter, Wahlschalter, Steuerquilterschalter	T	Transformatoren, Spannungswandler, Stromwandler	U	Modulatoren, Frequenzumrichter, Umsetzer von elektrischen Grössen	V	Transistoren, Tyristoren, Dioden, elektrische Röhren	W	Übertragungswege, Sammelschienen, Leiter, Kabel	X	Klemmen, Stecker, Steckdosen, Steckvorrichtungen	Y	Elektrisch betätigte mechanische Einrichtungen, Bremsen, Kupplungen, Elektroventile	Z	Abschluss, RC- und LC-Filter, Begrenzer	<h3>Betriebsmittel-Kennzeichnung</h3>				
Kennbuchstabe	Art des Betriebsmittels																																																								
A	Module, Baugruppen, Verstärker																																																								
B	Thermoelektrische Fühler, Photoelektrische Zellen, Messumformer, Thermoelemente, Widerstandsthermometer, Photowiderstand, Geber für Druck, Menge, Dichte, Niveau, Temperatur, Feuchte, Geschwindigkeit																																																								
C	Kondensator																																																								
D	Binäre Elemente, Zeit Vergrößerungsglieder, Speicherelemente																																																								
E	Beleuchtungseinrichtungen, Heizeinrichtungen, Einrichtungen die an andere Stelle dieser Liste nicht aufgeführt sind, z.B. Elektrofilter, Lüfter, messtechnische Geräteabsperrungen																																																								
F	Sicherungen, Feinsicherungen, Schraubensicherungen, HH-Sicherungen, Überspannungsableiter, Schutzrelais, Bimetallauslöser, magnetischer Auslöser, Druckwächter, Signalsicherungen, Leitungsüberwachung, Leitungsschutzschalter, elektronische Einrichtungen zur Signalüberwachung																																																								
G	Generatoren, Stromversorgungen, Ladegeräte, Netzegeräte, Frequenzwandler, Umformer, Batterien																																																								
H	Optische und akustische Meldegeräte																																																								
K	Leistungsschütze, Hilfsschütze, Hilfsrelais, Zeitrelais, Blinkrelais, Reed-Relais																																																								
L	Induktivitäten, Drosselspulen, Wellensperren																																																								
M	Motoren																																																								
N	Verstärker, Regler																																																								
P	Messinstrumente- und Anzeigen																																																								
Q	Starkstrom-Schalgeräte, Leistungsschalter, Trennschalter, Sterndreieckschalter, Trenniaschen, Sicherungstrenner, Potiumschalter, Motorschutzschalter, Schalter in Hauptstromkreisen																																																								
R	Widerstände																																																								
S	Schalter, Taster, Drucktaster, Leuchltaster, Wähler, Grenzscharter, Schwenktaster, Steuerschalter, Wahlschalter, Steuerquilterschalter																																																								
T	Transformatoren, Spannungswandler, Stromwandler																																																								
U	Modulatoren, Frequenzumrichter, Umsetzer von elektrischen Grössen																																																								
V	Transistoren, Tyristoren, Dioden, elektrische Röhren																																																								
W	Übertragungswege, Sammelschienen, Leiter, Kabel																																																								
X	Klemmen, Stecker, Steckdosen, Steckvorrichtungen																																																								
Y	Elektrisch betätigte mechanische Einrichtungen, Bremsen, Kupplungen, Elektroventile																																																								
Z	Abschluss, RC- und LC-Filter, Begrenzer																																																								
					<h3>Kabel-Kennzeichnung</h3>																																																				
					<h3>Leiterfarben</h3> <p>Drehstrom-Netz 3x400V / 230V AC</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Poleiter L1</td><td>=</td><td>schwarz</td><td>braun</td><td>Nr. 2</td></tr> <tr><td>Poleiter L2</td><td>=</td><td>schwarz</td><td>schwarz</td><td>Nr. 3</td></tr> <tr><td>Poleiter L3</td><td>=</td><td>schwarz</td><td>grau</td><td>Nr. 4</td></tr> <tr><td>Neutralleiter N</td><td>=</td><td>hellblau</td><td>hellblau</td><td>Nr. 1</td></tr> <tr><td>Schutzleiter PE</td><td>=</td><td>grün/Gelb</td><td>grün/Gelb</td><td>grün/Gelb</td></tr> </table> <p>(Alle nicht gekennzeichnete Leiter haben einen Querschnitt von 1.5mm²)</p>					Poleiter L1	=	schwarz	braun	Nr. 2	Poleiter L2	=	schwarz	schwarz	Nr. 3	Poleiter L3	=	schwarz	grau	Nr. 4	Neutralleiter N	=	hellblau	hellblau	Nr. 1	Schutzleiter PE	=	grün/Gelb	grün/Gelb	grün/Gelb																							
Poleiter L1	=	schwarz	braun	Nr. 2																																																					
Poleiter L2	=	schwarz	schwarz	Nr. 3																																																					
Poleiter L3	=	schwarz	grau	Nr. 4																																																					
Neutralleiter N	=	hellblau	hellblau	Nr. 1																																																					
Schutzleiter PE	=	grün/Gelb	grün/Gelb	grün/Gelb																																																					
					<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">Steuerspannung nach Trenntrafo 230V AC</th> <th colspan="2">Steuerspannung nach Trenntrafo 24V AC</th> </tr> <tr> <td>230V AC</td><td>=</td><td>rot</td><td>34V AC</td><td>=</td><td>braun</td> </tr> <tr> <td>0V AC</td><td>=</td><td>rot</td><td>0V AC</td><td>=</td><td>braun</td> </tr> </table> <p>(Alle nicht gekennzeichnete Leiter haben einen Querschnitt von 1mm²)</p>					Steuerspannung nach Trenntrafo 230V AC		Steuerspannung nach Trenntrafo 24V AC		230V AC	=	rot	34V AC	=	braun	0V AC	=	rot	0V AC	=	braun																																
Steuerspannung nach Trenntrafo 230V AC		Steuerspannung nach Trenntrafo 24V AC																																																							
230V AC	=	rot	34V AC	=	braun																																																				
0V AC	=	rot	0V AC	=	braun																																																				
					<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2">Steuerspannung nach Netzgerät 24V DC</th> <th colspan="2">Fremdspannung</th> </tr> <tr> <td>24V DC</td><td>=</td><td>blau</td><td>24V AC</td><td>=</td><td>orange</td> </tr> <tr> <td>0V DC</td><td>=</td><td>blau</td><td>0V AC</td><td>=</td><td>orange</td> </tr> </table> <p>(Alle nicht gekennzeichnete Leiter haben einen Querschnitt von 1mm²)</p>					Steuerspannung nach Netzgerät 24V DC		Fremdspannung		24V DC	=	blau	24V AC	=	orange	0V DC	=	blau	0V AC	=	orange																																
Steuerspannung nach Netzgerät 24V DC		Fremdspannung																																																							
24V DC	=	blau	24V AC	=	orange																																																				
0V DC	=	blau	0V AC	=	orange																																																				
<p>•0/3</p>					<p>Folgeblatt: 2</p>																																																				
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Datum</td><td></td></tr> <tr><td>Bearb.</td><td>PSC</td></tr> <tr><td>Plot</td><td>23.10.2024</td></tr> </table>				Datum		Bearb.	PSC	Plot	23.10.2024			<p>Reiden Technik AG Werktstrasse 2 CH-6260 Reiden</p>		<p>Allg. Symbol-Dokumentation</p>		<p>TSPALANTR RX14/RX18</p>		<p>Gruppe: = 1</p>																																							
Datum																																																									
Bearb.	PSC																																																								
Plot	23.10.2024																																																								
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Anderung</td><td>Datum</td><td>Name</td><td>Form.</td></tr> </table>				Anderung	Datum	Name	Form.	<p>Urspr.</p>		<p>Enst.</p>		<p>Ensd.</p>		<p>Z.-Nr. 60708</p>		<p>Blatt: 1/ 7</p>																																									
Anderung	Datum	Name	Form.																																																						



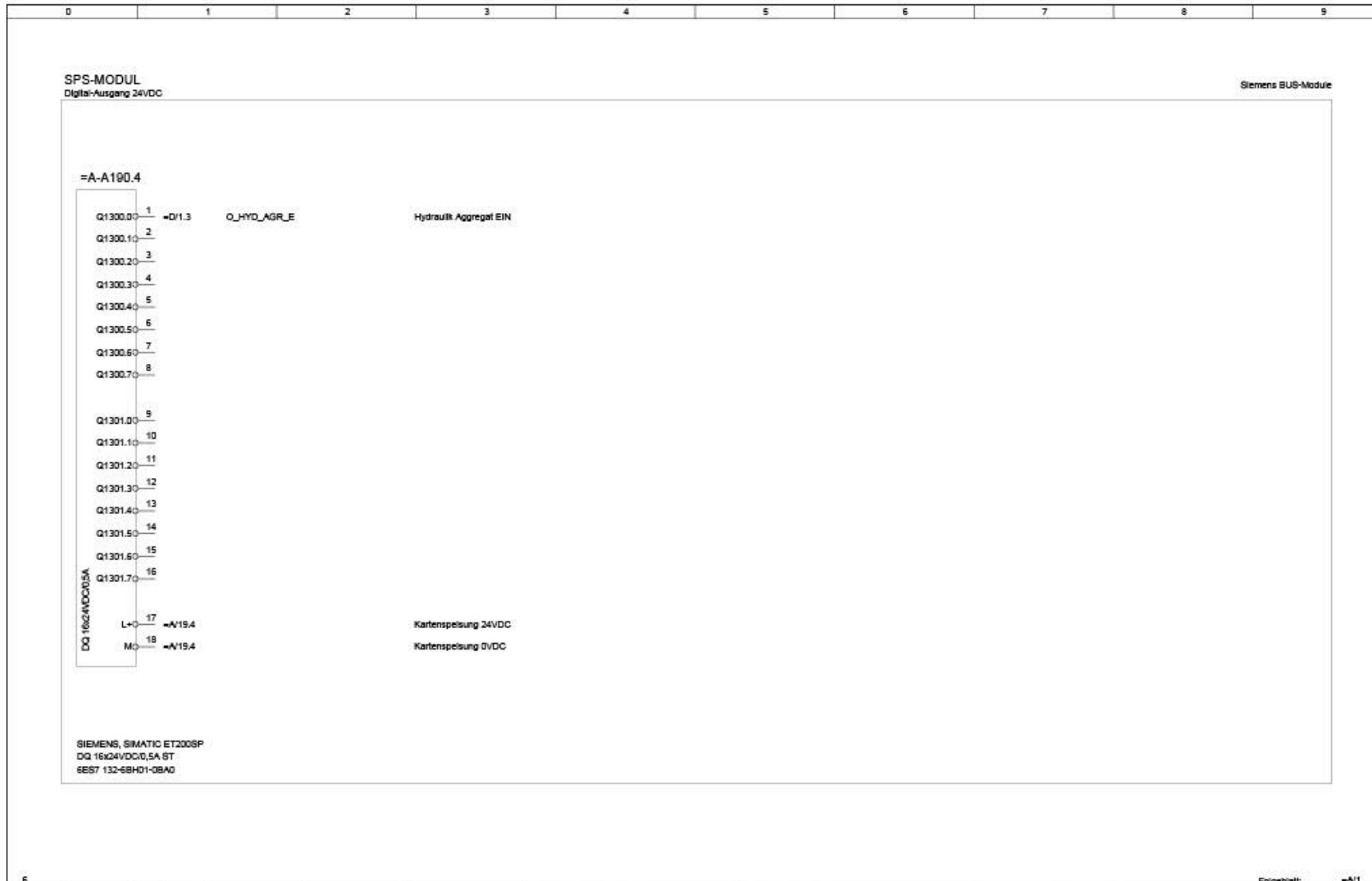
			3			Folgebblatt: 5							
Datum		Bereit.		PSC		Reiden Technik AG		PLC Safety-Eingang		TSPALANTR RX14/RX18		Gruppe: = 1	
Änderung		Datum		Name		Form.		Urspr.		Ers.f.		Ers.d.	
		23.10.2024								60708		Blatt: 4/ 7	



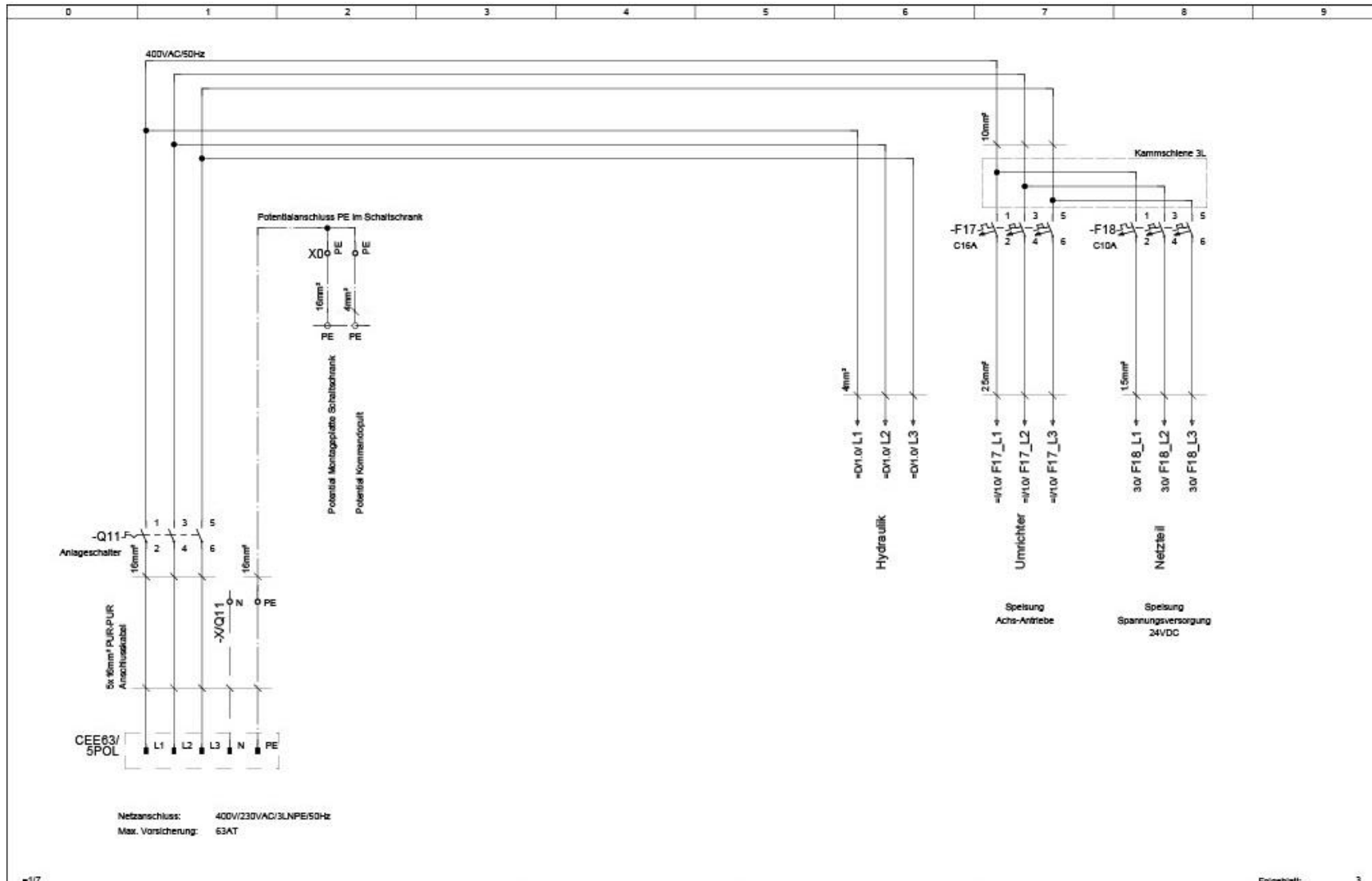
				Folgeblatt: 6				
	Datum	Bearb.	PSC		Reiden Technik AG Werksstrasse 2 CH-6260 Reiden	PLC Analog-Eingang AI1100 - AI1102 SPS-Modul =A-A190.2	TSPALANTR RX14/RX18	Gruppe: = 1
		Plot	23.10.2024				Z.-Nr. 60708	Blatt: 5/ 7
Aenderung	Datum	Name	Form.	Urspr.	Erst.f.	Erst.d.		



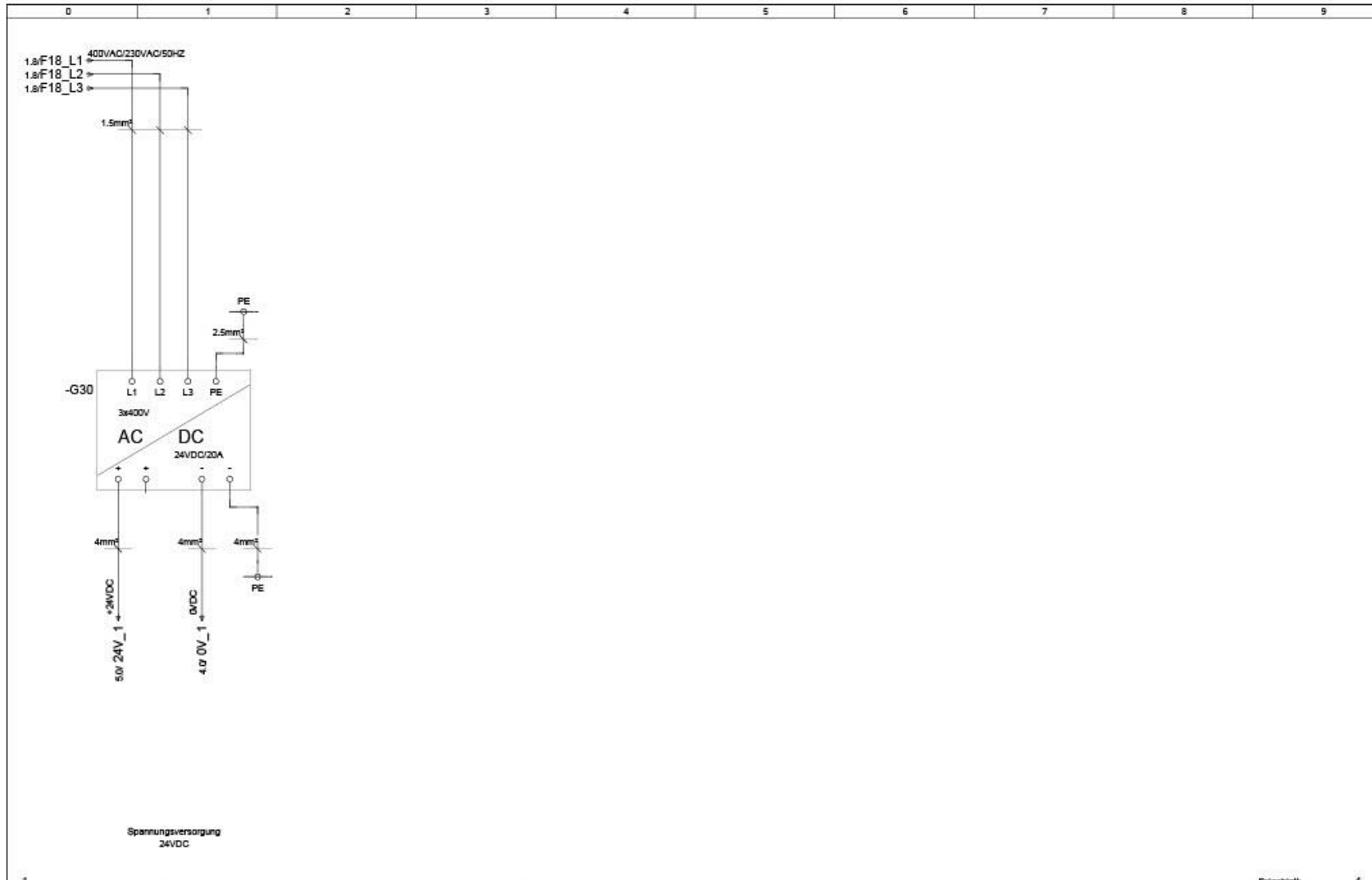
				5		Folgebblatt: 7		
	Datum	Bearb.	PSC		Reiden Technik AG Werkstrasse 2 CH-6260 Reiden	PLC Digital-Eingang I1200.0 - I1201.7 SPS-Modul =A-A190.3	TSPALANTR RX14/RX18	Gruppe: = 1
Änderung	Datum	Name	Form.				Urspr.	Ens.f.



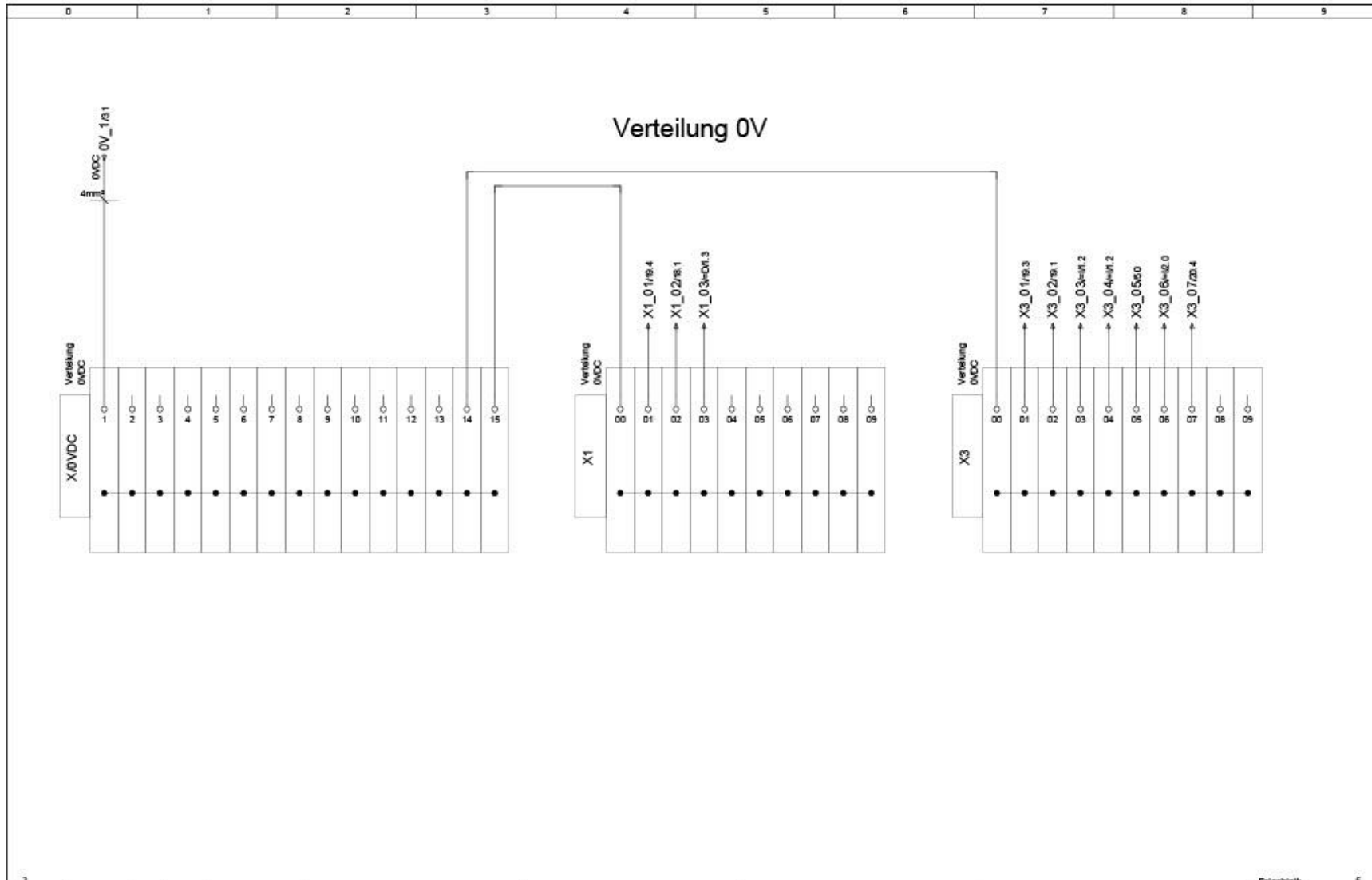
				Folgebblatt: =A'1		
	Datum			Reiden Technik AG	TSPALANTR RX14/RX18	Gruppe: = 1
	Bearb.	PSC		Wentstrasse 2		
	Plot	23.10.2024		CH-6260 Reiden	Z.-Nr. 60708	Blatt: 7 / 7
Änderung	Datum	Name	Form.	Urspr.	Ens.f.	Ens.d.



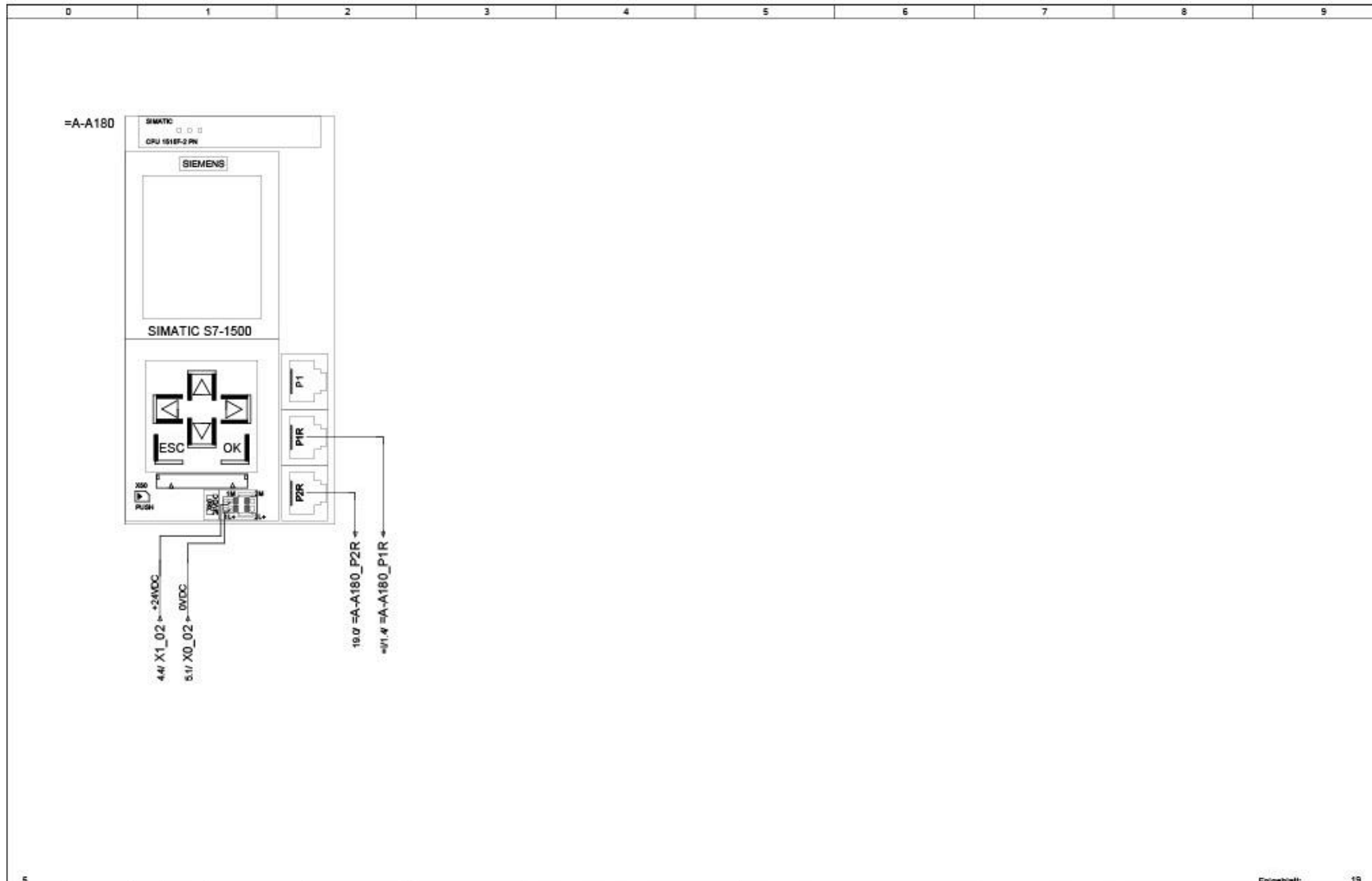
=1/7				Folgebblatt: 3				
		Datum			Reiden Technik AG		TSPALANTR RX14/RX18	
		Bearb.	PS		Werkstrasse 2		Gruppe: = A	
		Plot	23.10.2024		CH-6260 Reiden		Z.-Nr. 60708	
Änderung	Datum	Name	Form.	Urspr.	Ers.f.	Ers.d.	Blatt: 1/ 20	



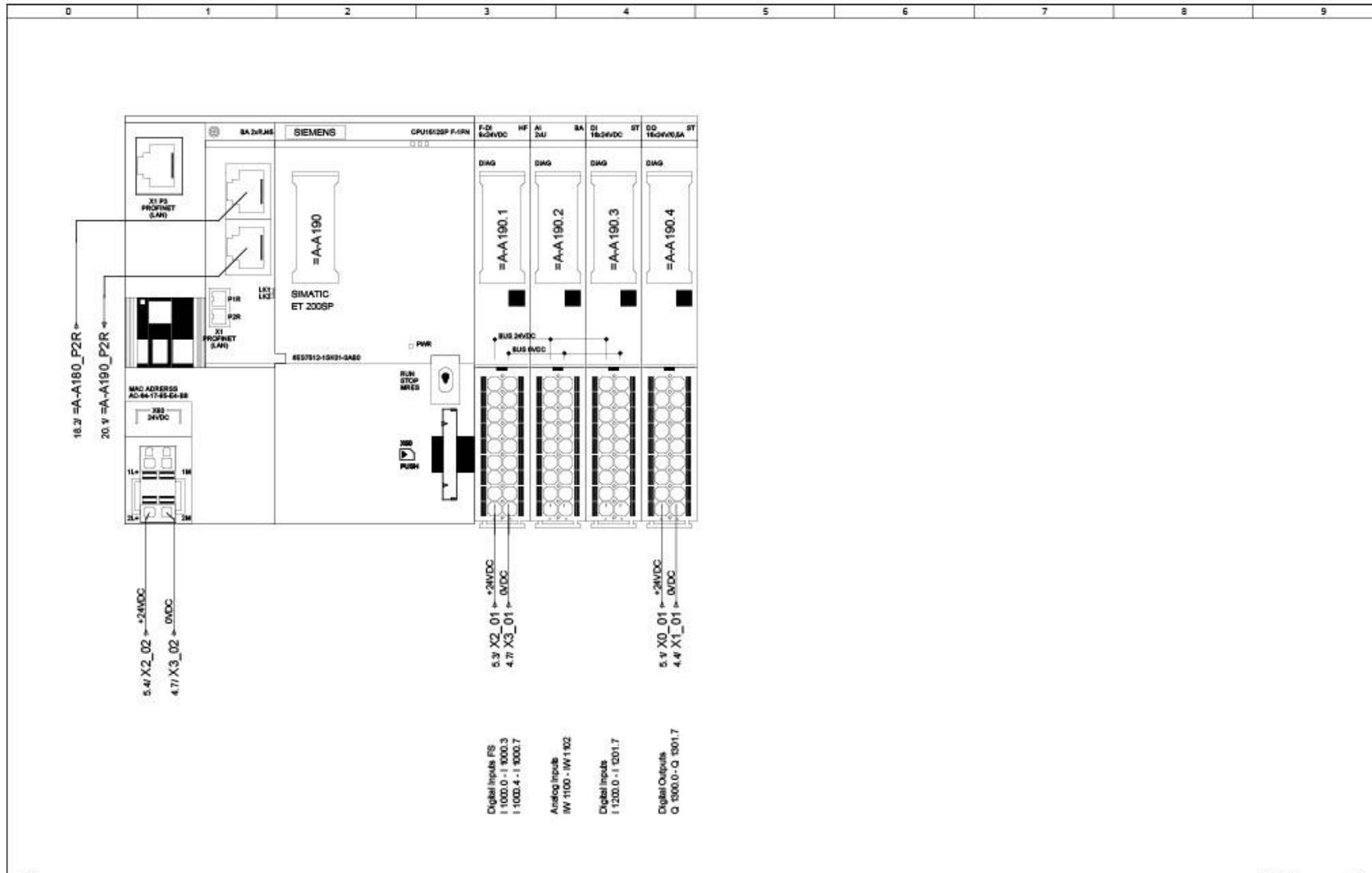
				1				Folgeblatt: 4	
		Datum				Reiden Technik AG Werkstrasse 2 CH-6260 Reiden		Verteilung Hauptstrom	
		Bearb.	PS					TSPALANTR RX14/RX18	
		Plot	23.10.2024					Z.-Nr. 60708	
Anderung	Datum	Name	Form.	Urspr.	Erst.f.	Erst.d.			Blatt: 3/ 20



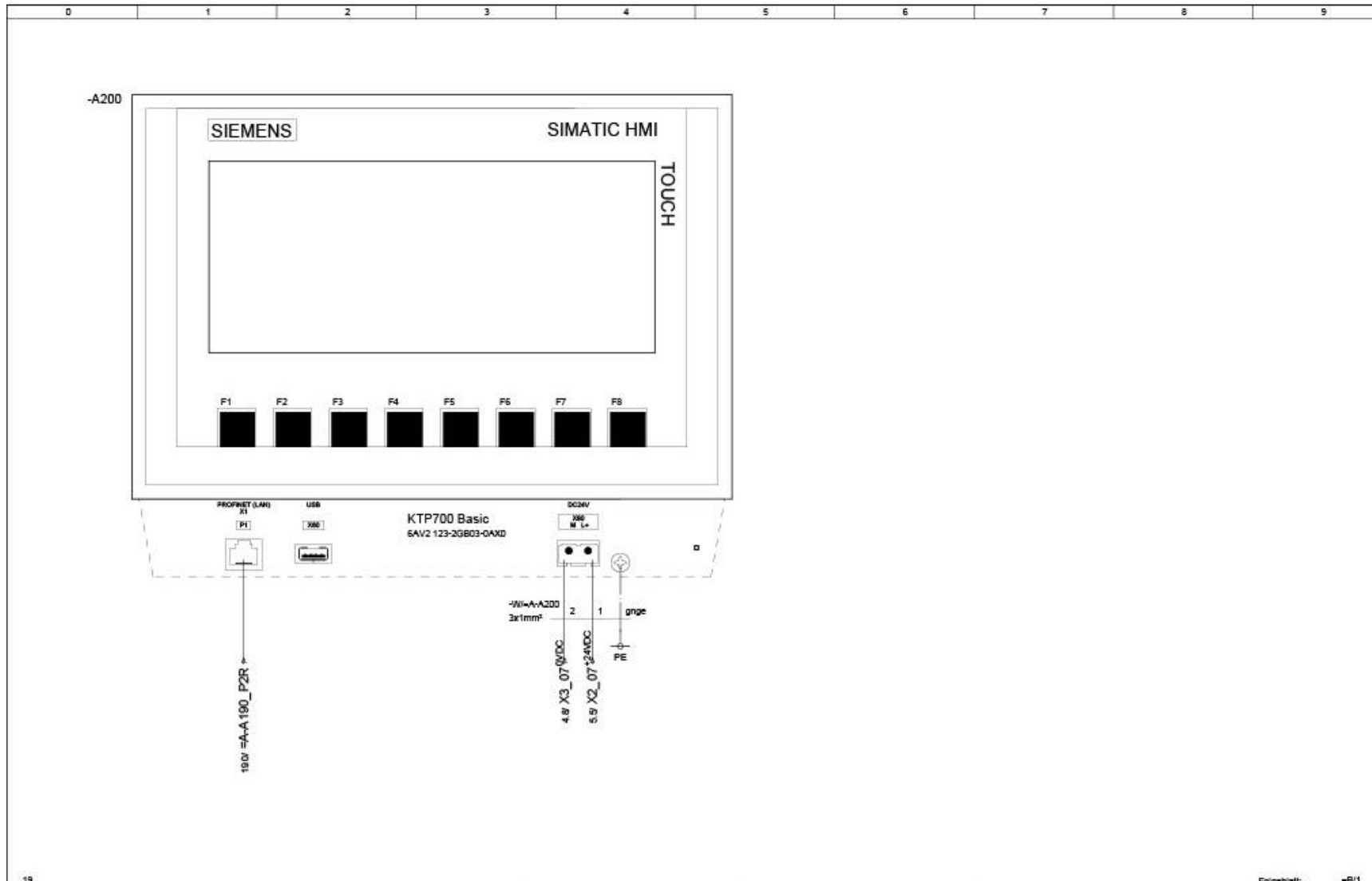
3									Folgebblatt: 5
		Datum	Datum		Reiden Technik AG Werkstrasse 2 CH-6260 Reiden	Steuerspannung Verteilung DVDC	TSPALANTR RX14/RX18	Gruppe: = A	
		Bearb.	Plot				z.-Nr. 60708	Blatt: 4/ 20	
Anderung	Datum	Name	Form.	Urspr.	Ens.f.	Ens.d.			



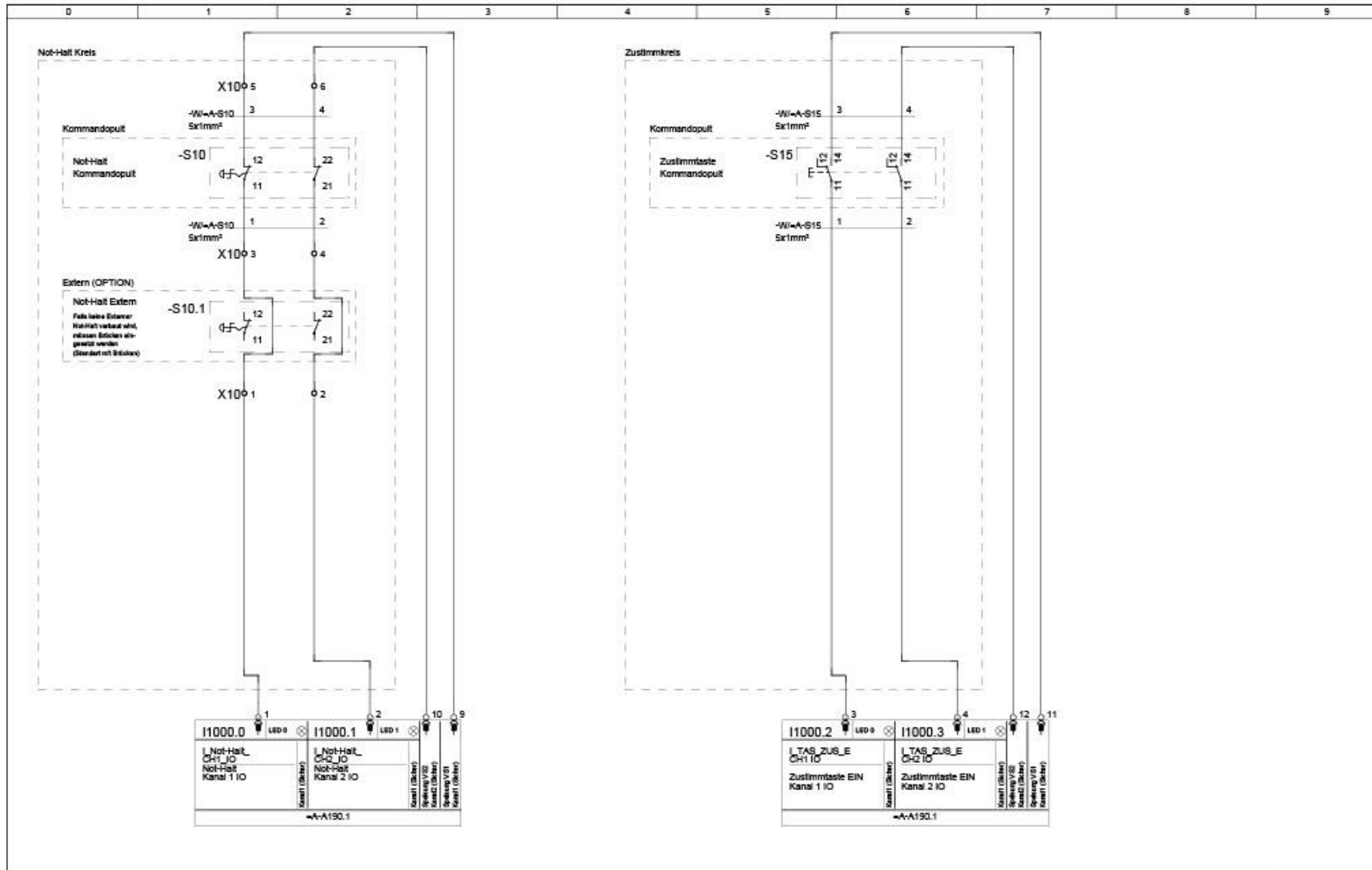
5				Folgebblatt: 19				
		Datum			Reiden Technik AG Wenstrasse 2 CH-6260 Reiden	SPS Profinet-Module Siemens CPU 1515F-2 PN	TSPALANTR RX14/RX18	Gruppe: = A
		Bearb.	PSC					
Änderung	Datum	Name	Form.	Urspr.	Enf.f.	Enf.d.		



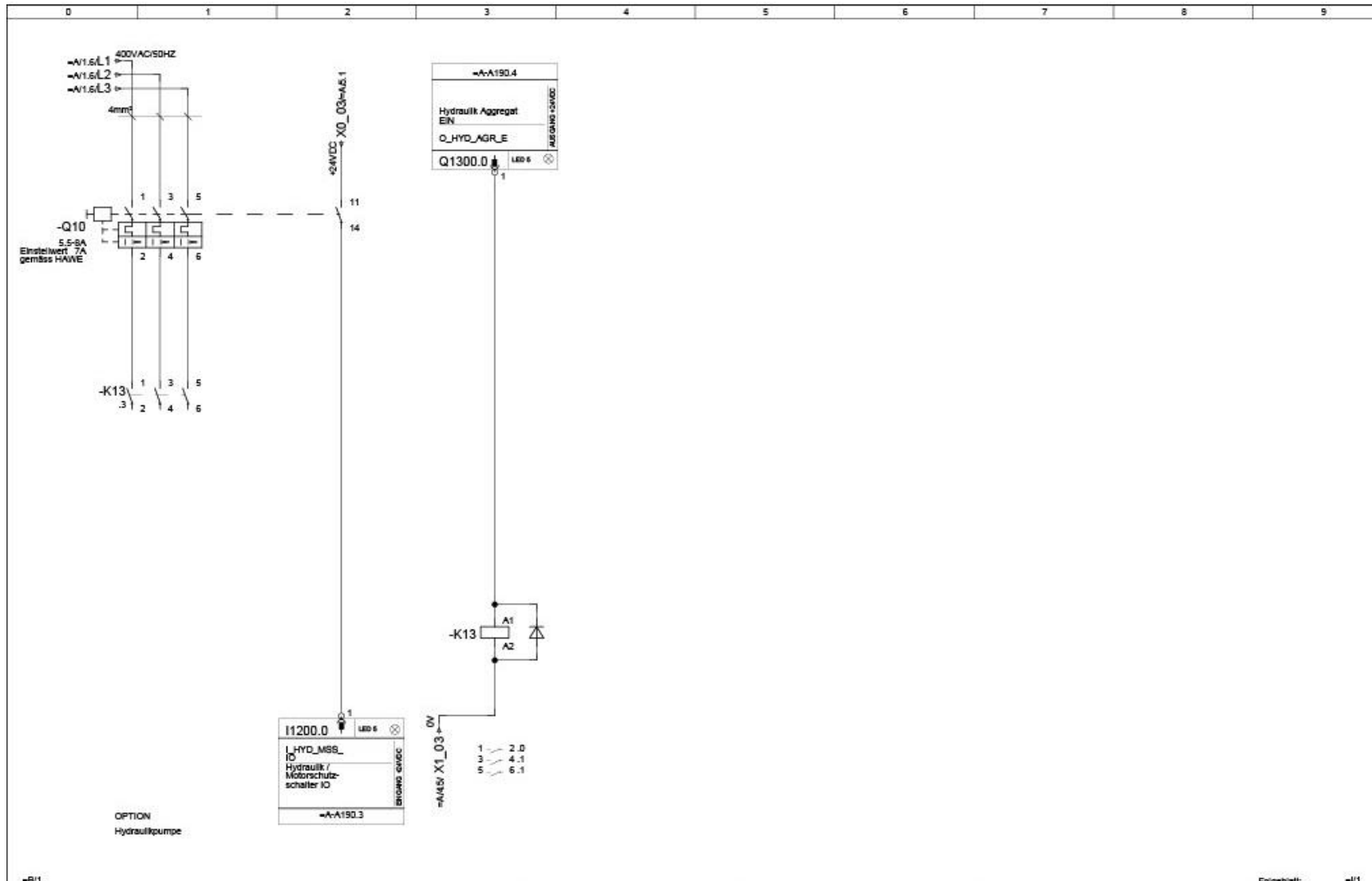
18				20			
Datum		PSC		Reiden Technik AG		TSPALANTR RX14/RX18	
Bereit.		23.10.2024		Werkstrasse 2		Gruppe: = A	
Plot				CH-6260 Reiden		Z.-Nr. 60708	
Urspr.		Ers.f.		Ers.d.		Blatt: 19/ 20	
Anderung		Name		Siemens		ET 200SP	



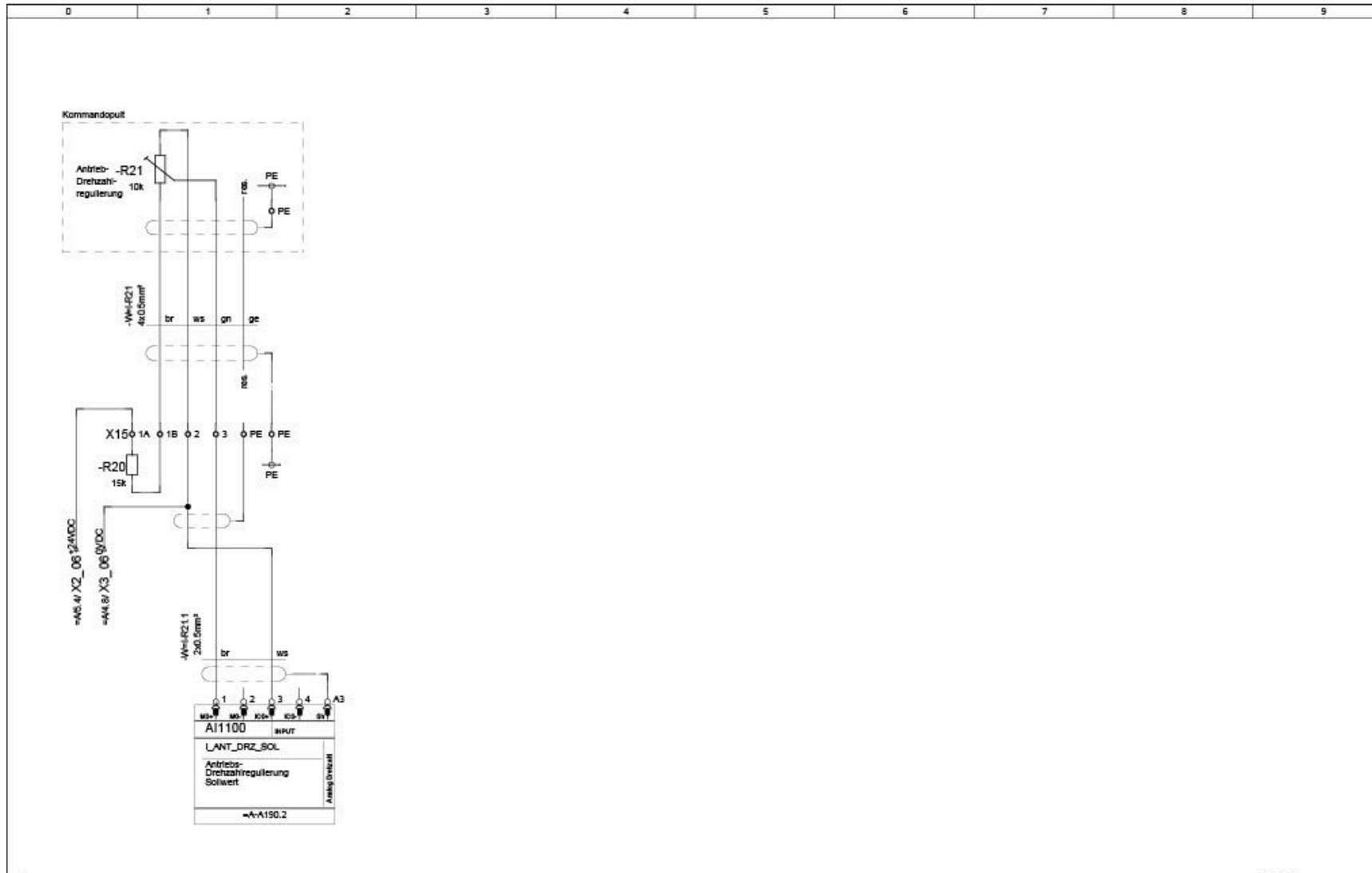
19				Folgebblatt: =B/1				
		Datum			Reiden Technik AG Wenstrasse 2 CH-6260 Reiden	Touch-Bedienpanel/ Kommandopult	TSPALANTR RX14/RX18	Gruppe: = A
		Bearb.	PSC				Z.-Nr. 60708	Blatt: 20/ 20
Änderung	Datum	Name	Form.	Urspr.	Erstf.	Erstf.		



-A/20				Reiden Technik AG Werkstrasse 2 CH-6260 Reiden				Not-Halt / Zustimm Taste		TSPALANTR RX14/RX18		Folgeblatt: -D/1		
Datum		23.10.2024		Reiden Technik AG		Not-Halt / Zustimm Taste		Z-Nr. 60708		Gruppe: = B		Blatt: 1/ 1		
Änderung	Datum	Name	Form.	Urspr.	Enst.f.	Enst.d.								




-B1				Reiden Technik AG				TSPALANTR RX14/RX18		Folgebild: -I/1	
Datum: PS				Werkstrasse 2				Gruppe: = D			
Plot: 23.10.2024				CH-6260 Reiden				Z.-Nr. 60708		Blatt: 1/ 1	
Änderung	Datum	Name	Form.	Urspr.	Ens.f.	Ens.d.					



				Folgeblatt:			
		Datum		Reiden Technik AG	TSPALANTR RX14/RX18		
		Bearb.	PS	Werkstrasse 2	Gruppe: = I		
		Plot	23.10.2024	CH-6260 Reiden	Z.-Nr. 60708		
Anderung	Datum	Name	Form.	Urspr.	Erstf.	Erstf.	Blatt: 2/ 2

12.8 Checkliste und Messprotokolle

12.8.1 Checkliste mit abgestrichenem Schema



1 Vorbereitung zum Einschalten

- Prüfen, ob 400V Netzkabel ausgesteckt ist.
- Alle Erdungsleiter auf Verkabelung und sicheren Sitz kontrollieren
 - a. Zuleitung ✓
 - b. Montageplatte ✓
 - c. Schaltschrank ✓
 - d. Schaltschranktür ✓
 - e. Netzgerät ✓
 - f. Umrichter ✓
 - g. Control Unit ✓
 - h. Datensteckverbinder ✓
 - i. Panel ✓
 - j. Panelhalterung ✓
- Hauptschalter einschalten und alle Sicherungen und Direktstarter einschalten.
- Isolationsmessung gemäss Protokoll 40-999.01 durchführen.
- Schutzleitermessung gemäss Protokoll 40-999.02 durchführen
- Hauptschalter ausschalten.
- Alle Sicherungen und Direktstarter trennen.
- Ist der Minuspol des Netzgerätes mit dem PE verbunden?
- Sichtkontrolle an und im Schaltschrank
- Mit Schema vergleichen, ob die richtigen Sicherungen verbaut sind
- Kontrollieren, ob alle Profinetkabel am richtigen Ort eingesteckt sind
- Montage und Verkabelung der Not-Aus kontrollieren.
- Alle Motoren-Anschlüsse kontrollieren. Wurde U/V/W richtig angeschlossen?
- Schraubenkontrolle Leistungsleitungen. (alle 400V/230V Leitungen)
- Kontrollieren, ob die Elektronikmodule am richtigen Steckplatz sind.
- Kontrollieren, ob die Elektronikmodule richtig eingerastet sind.
- Kontrollieren, ob der Hauptschalter richtig montiert wurde. (Zusammensetzung und Funktion)
- Kontrollieren, ob die SD-Karten an CPU und CU vorhanden und eingesteckt sind


Erledigt am: 21.10.24 durch: RNU

2 Leistungsteil

- 400V Netzkabel einstecken
- Drehfeld und Spannung am Eingang des Hauptschalters messen.
- Hauptschalter einschalten
- Drehfeld an den LS und dem Motorschutzschalter messen.
- LS für Umrichter einschalten und Drehfeld am Umrichter messen.
- LS für 24VDC Netzgerät einschalten.
- Drehfeld am Netzgerät messen.
- MS für Hydraulikaggregat einschalten.
- Drehfeld am Schütz für Hydraulikaggregat messen.

Erledigt am: 21.10.24 durch: RNU

Alle Verbindungen, die geprüft wurden, müssen im Schema abgestrichen werden. Das Schema wird im Anschluss der Checkliste beigelegt!



21.10.2024 Reiden Technik AG Seite 1 von 3
Checkliste



3 Steuerstromkreis

- Spannung am Netzgerät messen
- Mit der Einstellschraube die Spannung auf 24,5V drehen.
(Wenn alle Verbraucher eingeschaltet sind, wird es die Spannung etwas nach unten ziehen)
- Eingestellte Strombegrenzung am Sicherungsmodul mit Schema kontrollieren.
- Prüfen, ob das Sicherungsmodul mit der Masse verbunden ist.
- Sicherungen am Sicherungsmodul einschalten
 - a. Schliesst der Alarmkontakt am Sicherungsmodul? ✓
 - b. Ist der Alarmkontakt des Sicherungsmodul auf den richtigen Eingang verdrahtet? ✓
- Polarität an Verbrauchern messen
 - a. CPU ✓
 - b. Interfacemodul ✓
 - c. Base Unit-Klemmen ✓
 - d. Control Unit ✓
 - e. Bremsrelais ✓
 - f. Panel ✓
- Not-Aus-Kreis prüfen
 - a. Ist der Kreis an den richtigen Eingängen angeschlossen? ✓
 - b. Öffnen beide Kanäle? ✓
- Zustimmungstaste Prüfen
 - a. Ist die Taste an den richtigen Eingängen angeschlossen? ✓
 - b. Schliessen beide Kanäle ✓
- Potentiometer ✓
 - a. Ist das Potentiometer am richtigen Eingang angeschlossen
 - b. Ist die Masse auch auf das Eingangsmodul verdrahtet?
 - c. Ist der Schirm auf beiden Seiten des Kabels geerdet?
- Spannung am Eingang messen während Potentiometer verstellt wird
0% = ca. 9,5V/ 100% = 0V
- Schütz:
 - a. Ist der Anschluss «A1» vom Schütz auf den richtigen Ausgang verdrahtet ✓
 - b. Ist der Anschluss «A2» mit der Masse verbunden? ✓
- Motorschutzschalter
 - a. Schliesst der Hilfskontakt beim Einschalten des Motorschutzschalters? ✓
 - b. Ist der Hilfskontakt auf den richtigen Eingang verdrahtet? ✓

Erledigt am: 21.10.24 durch: RNL

4 Abschluss

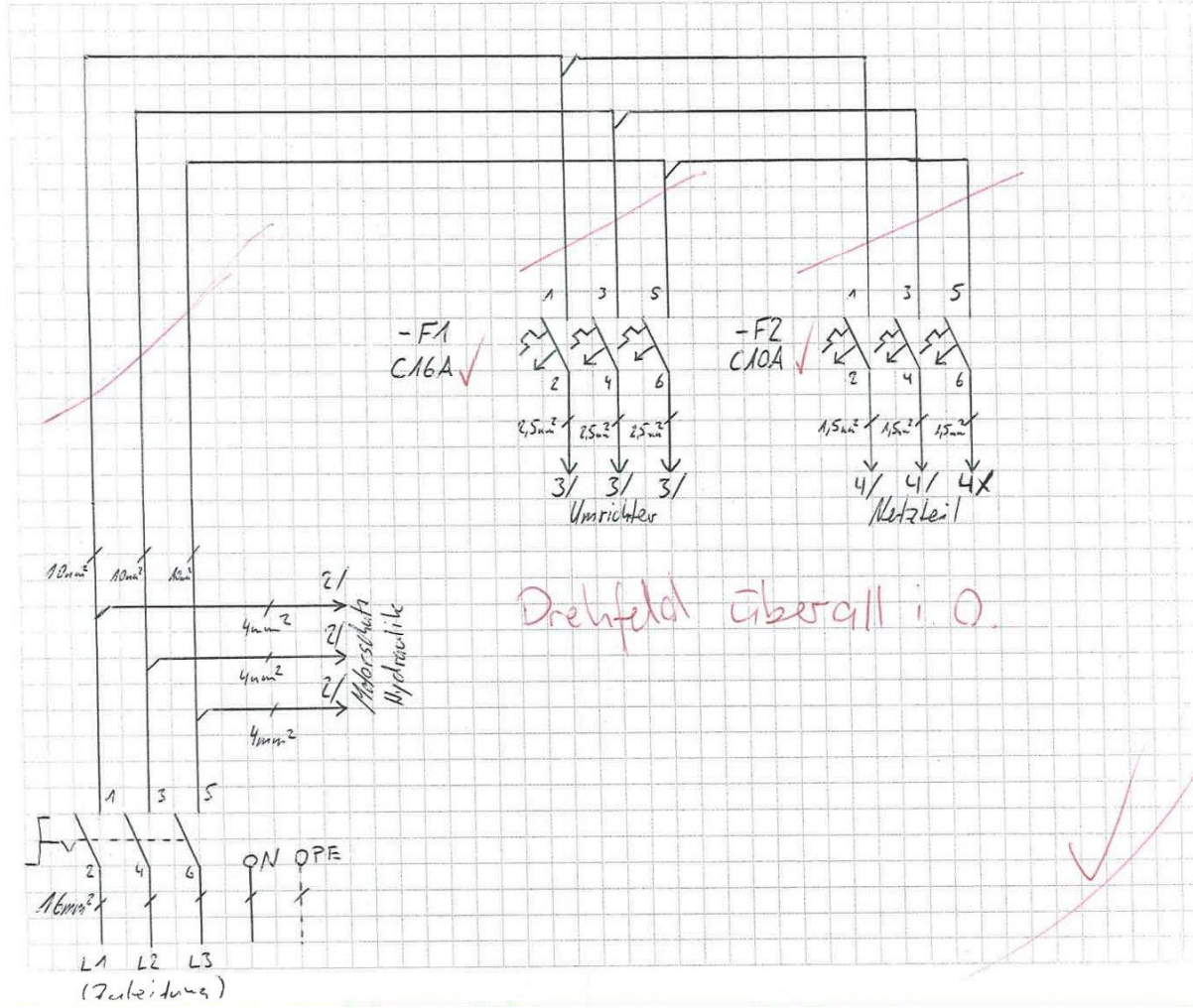
- Optimierungen/Änderungen vornehmen und gegebenenfalls kontrollieren/testen.
- BMKs kontrollieren
- Beschriftungen der Kabel Kontrollieren
- Alle Kabelkanaldeckel montieren
- Schaltschrank reinigen
 - a. Saugen ✓
 - b. Aussenreinigung (Reinigungsbenzin oder ähnliches) ✓
- Protokolle einscannen und ablegen
- Checkliste und abgestrichenes Schema einscannen und ablegen.

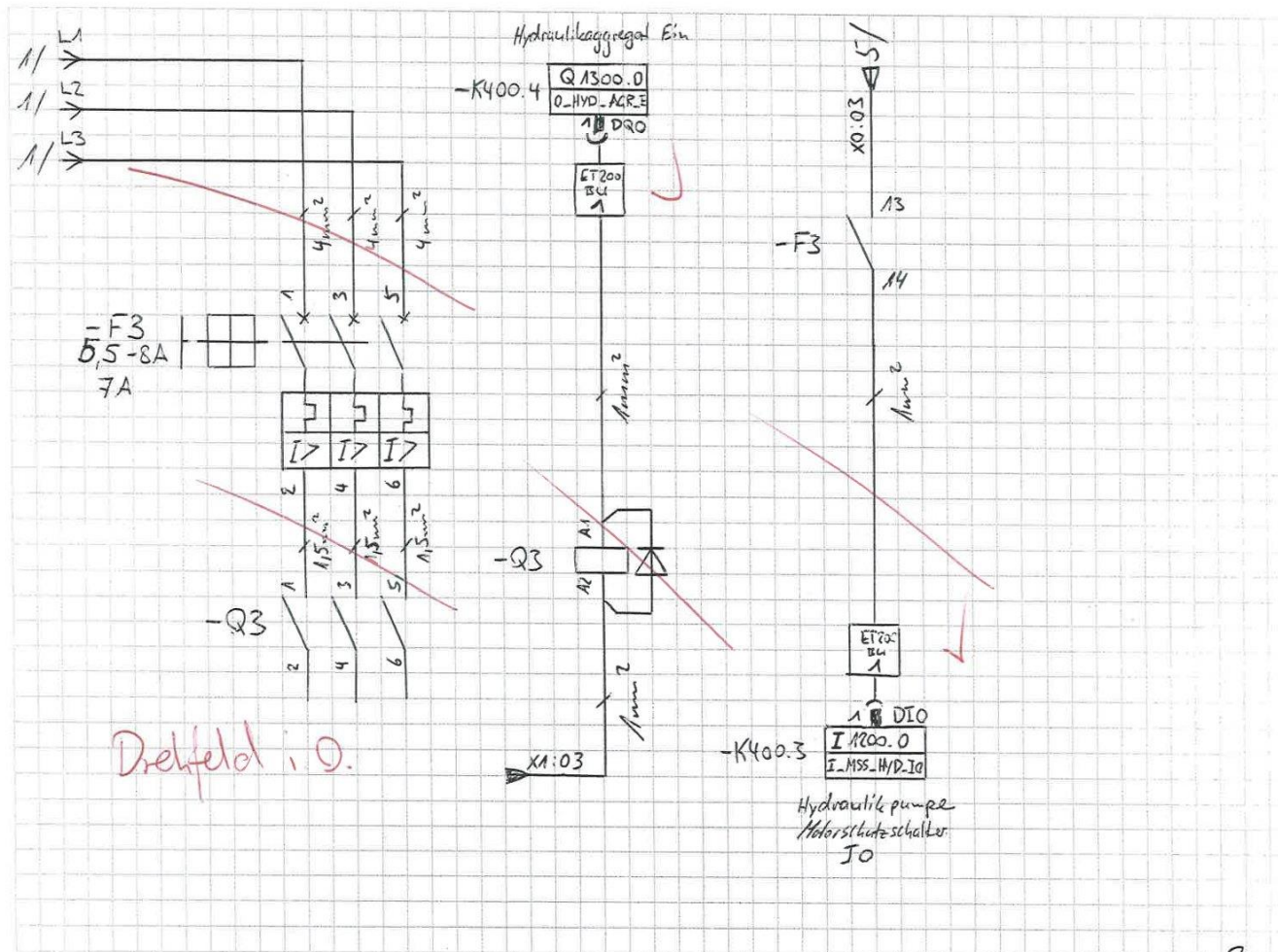
Erledigt am: 21.10.24 durch: RNL

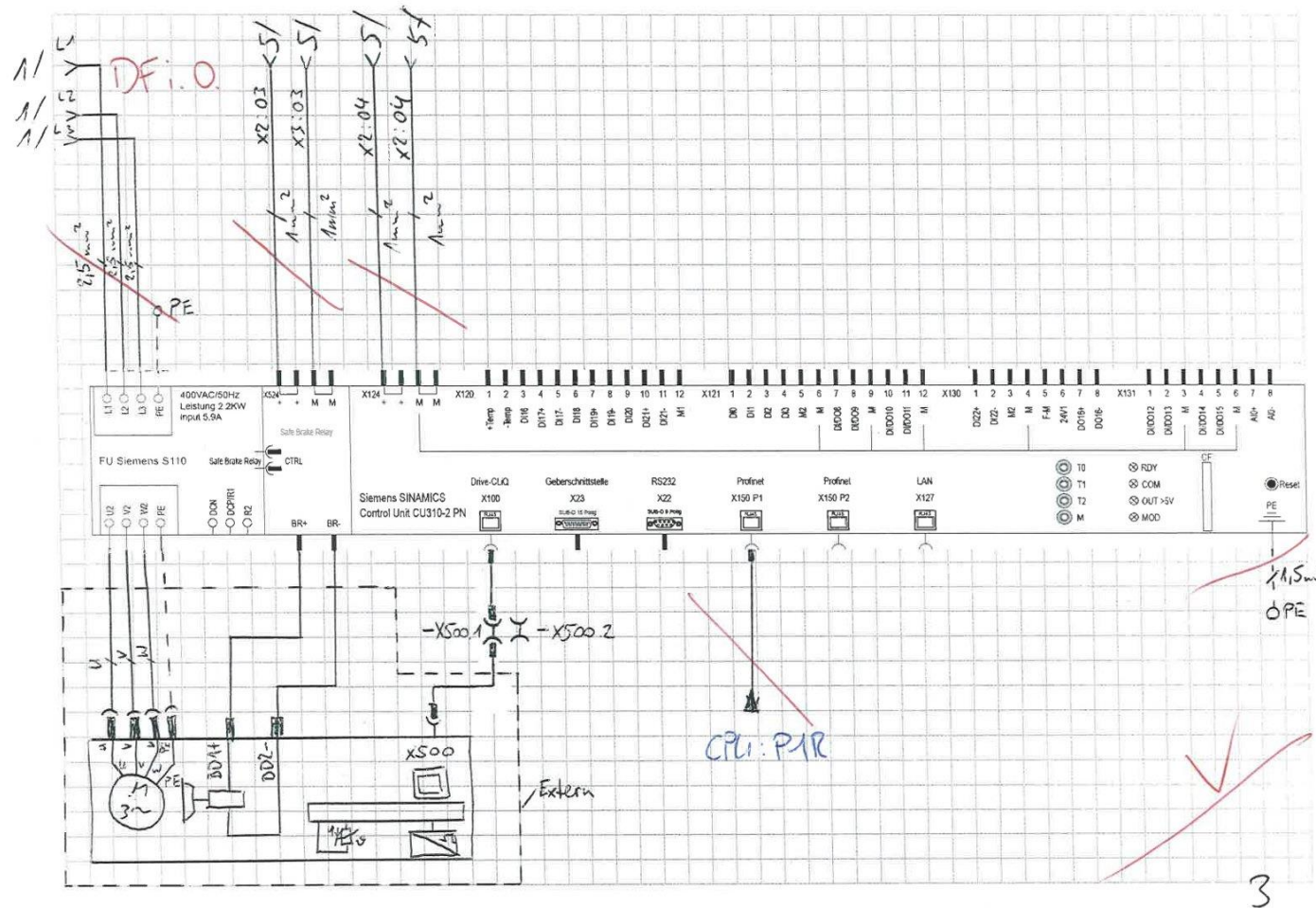


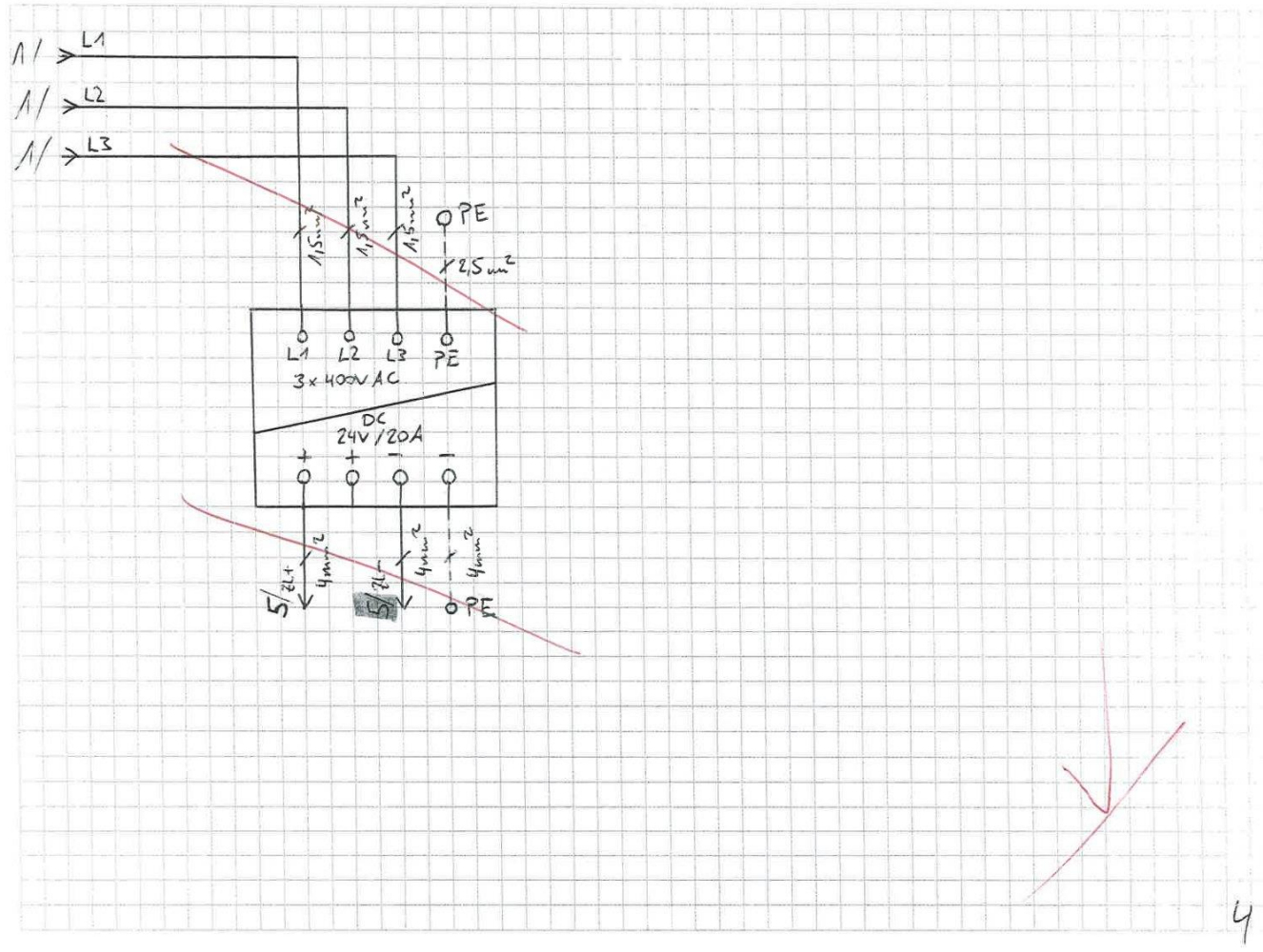
Notizen/Bemerkungen:

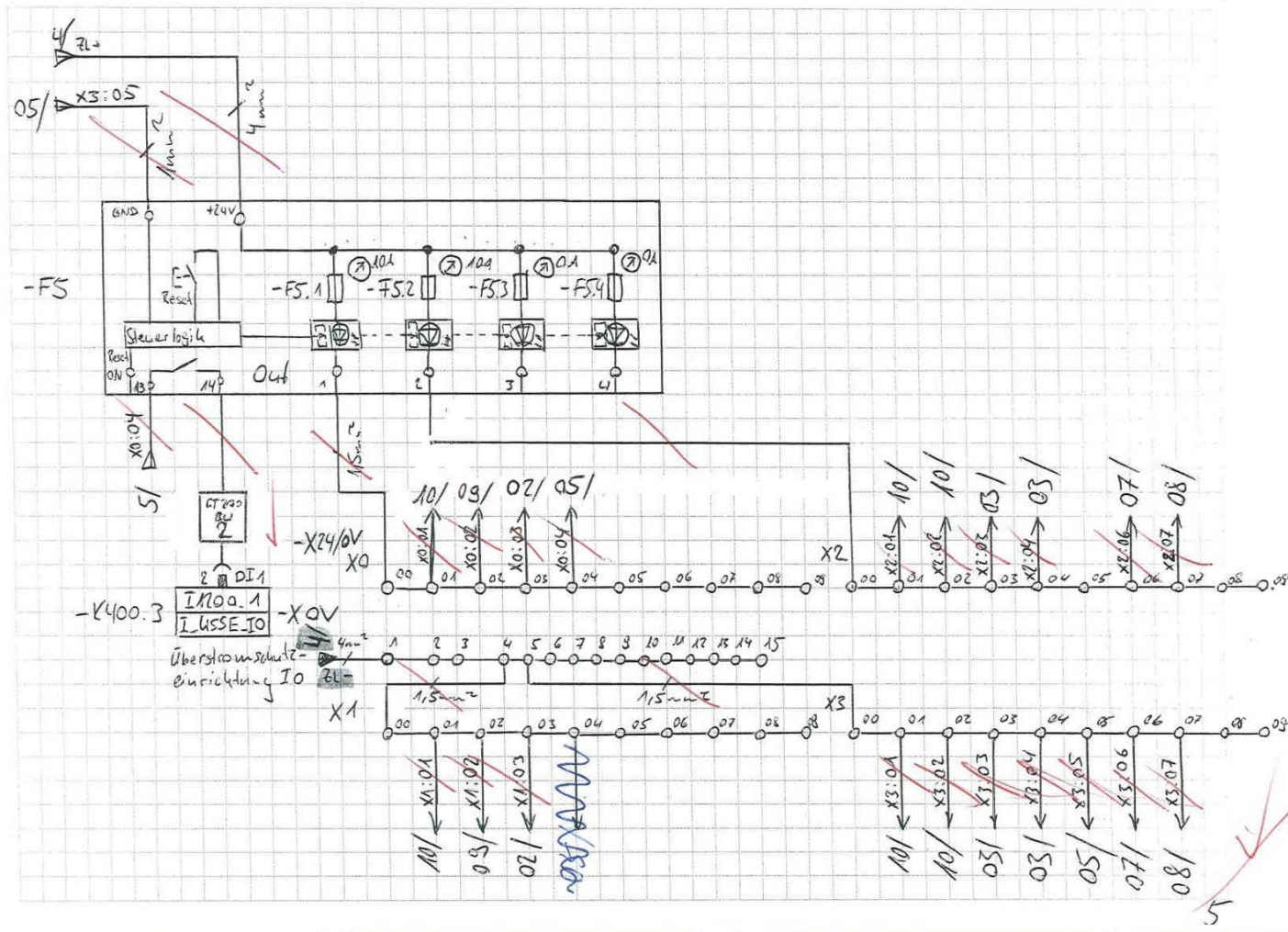
- Safety-Eingangsmodul: Drahle abgeknickt/
umgelegt. Wurde behoben
- Endwinkel von Klemmenblocke war
nicht angezogen
- Wegen der Temperatur wurde provisorisch
ein Temperatursensor montiert
↳ Zur Klarung, ob es einen Ventilator braucht.
- Einige Details im Schema (Handgezeichnet)
stimmen nicht. Wurde rot eingezeichnet
und an Schemazeichner gemeldet.
- Spannung von Poti hat einen Range von
0,01V-9,5V
↳ Relevant fur Software ~~ab~~

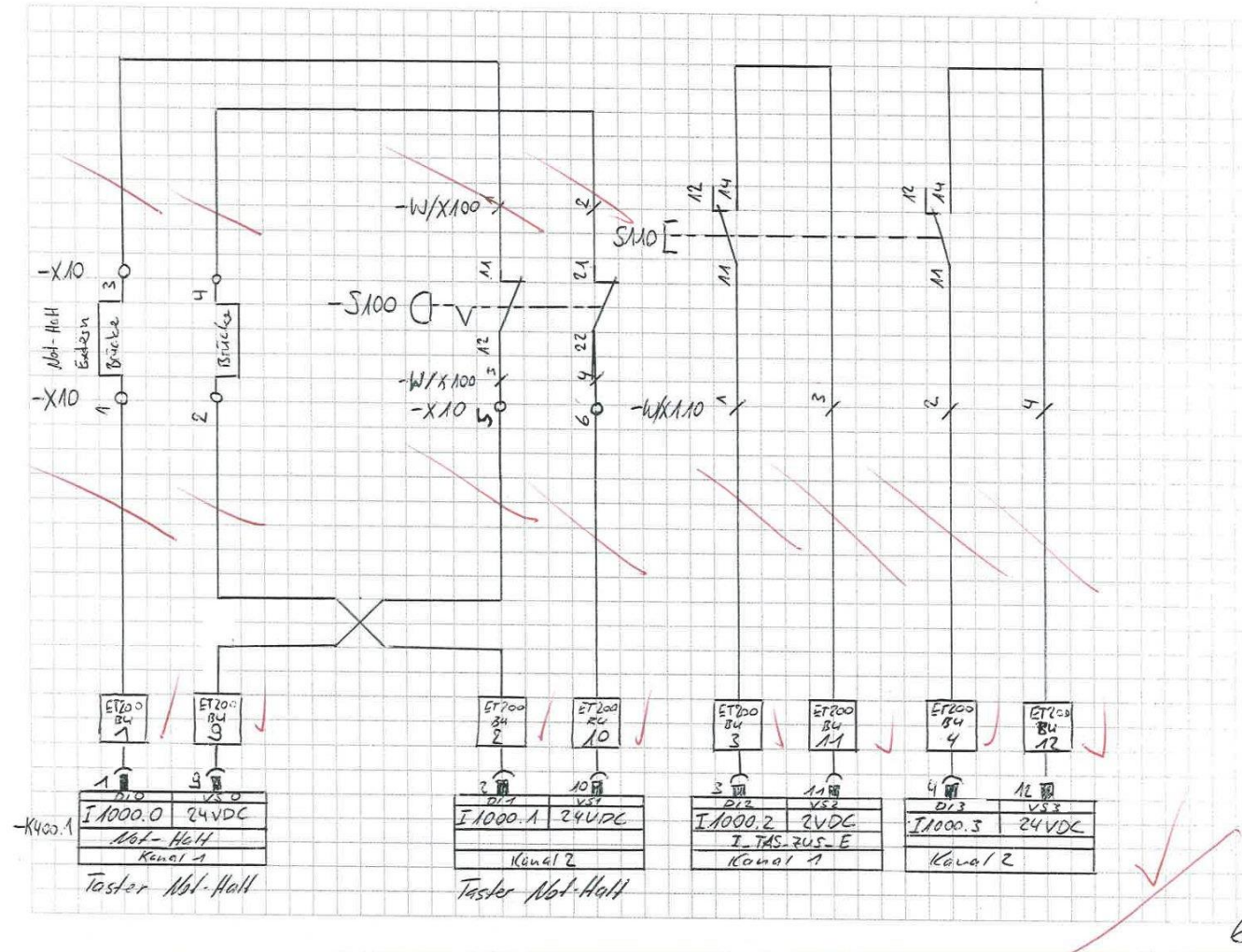


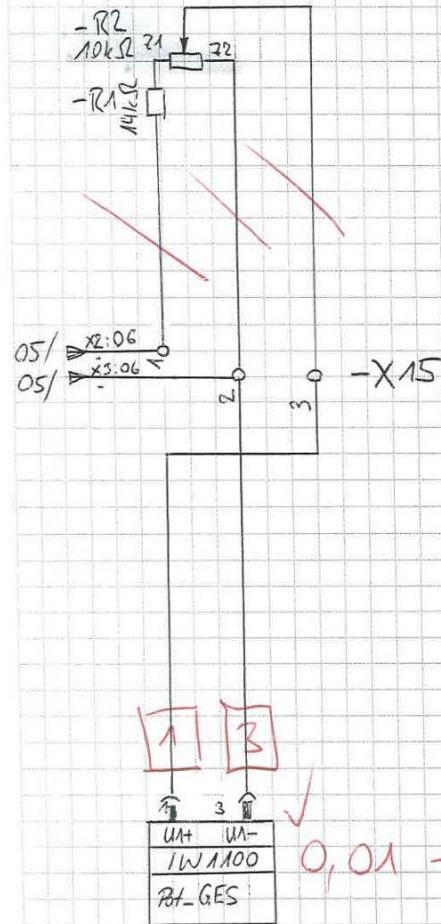


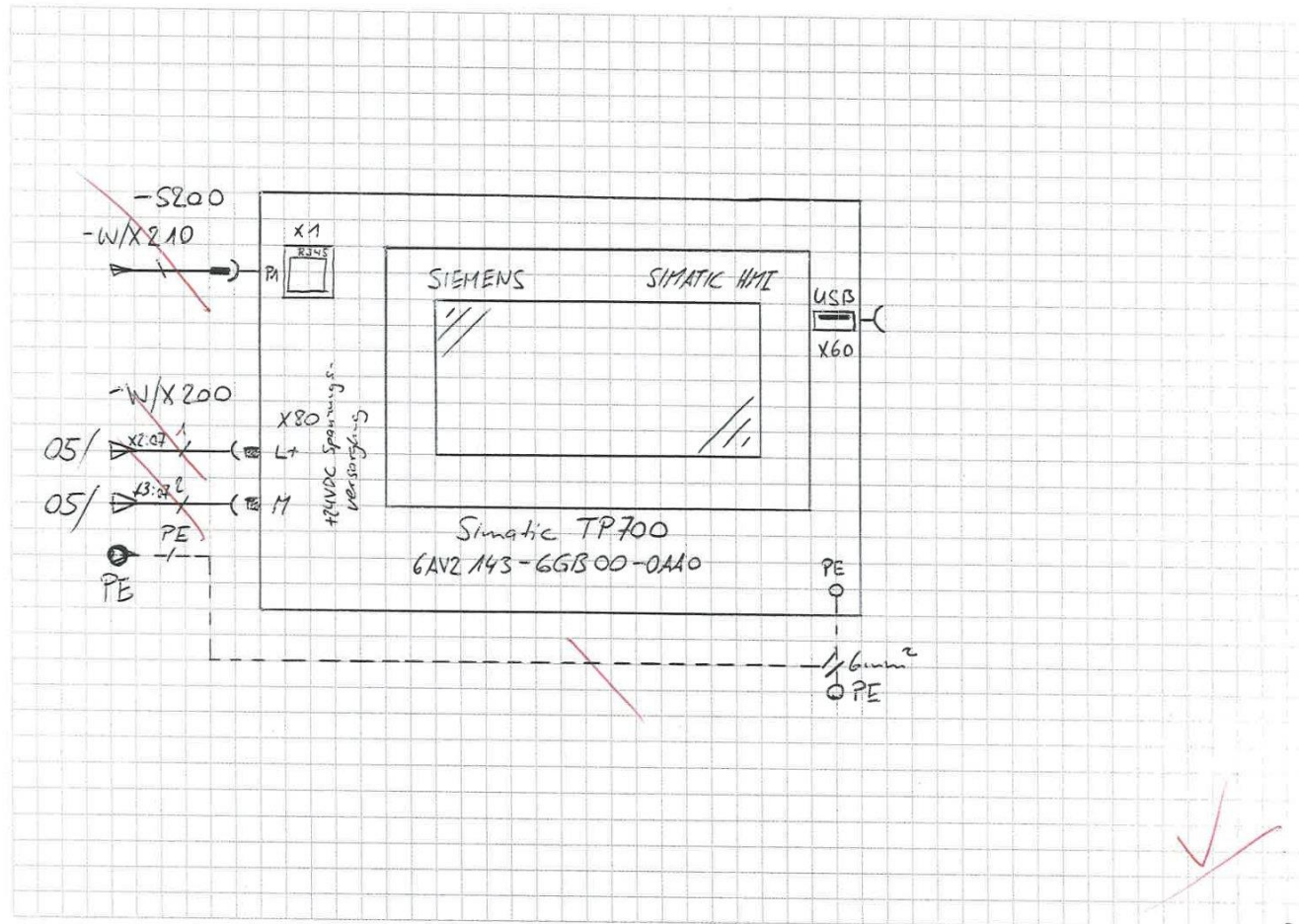




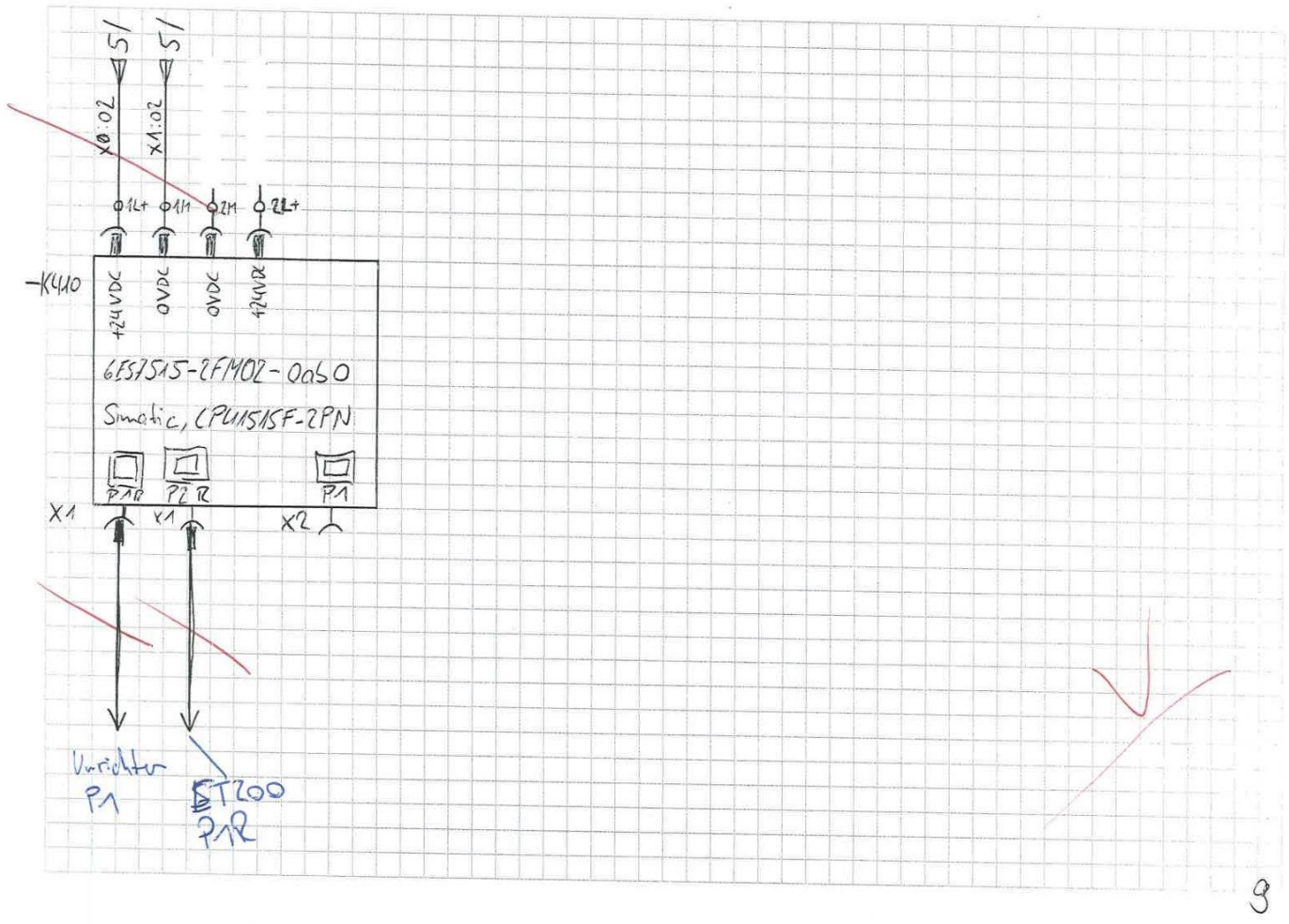


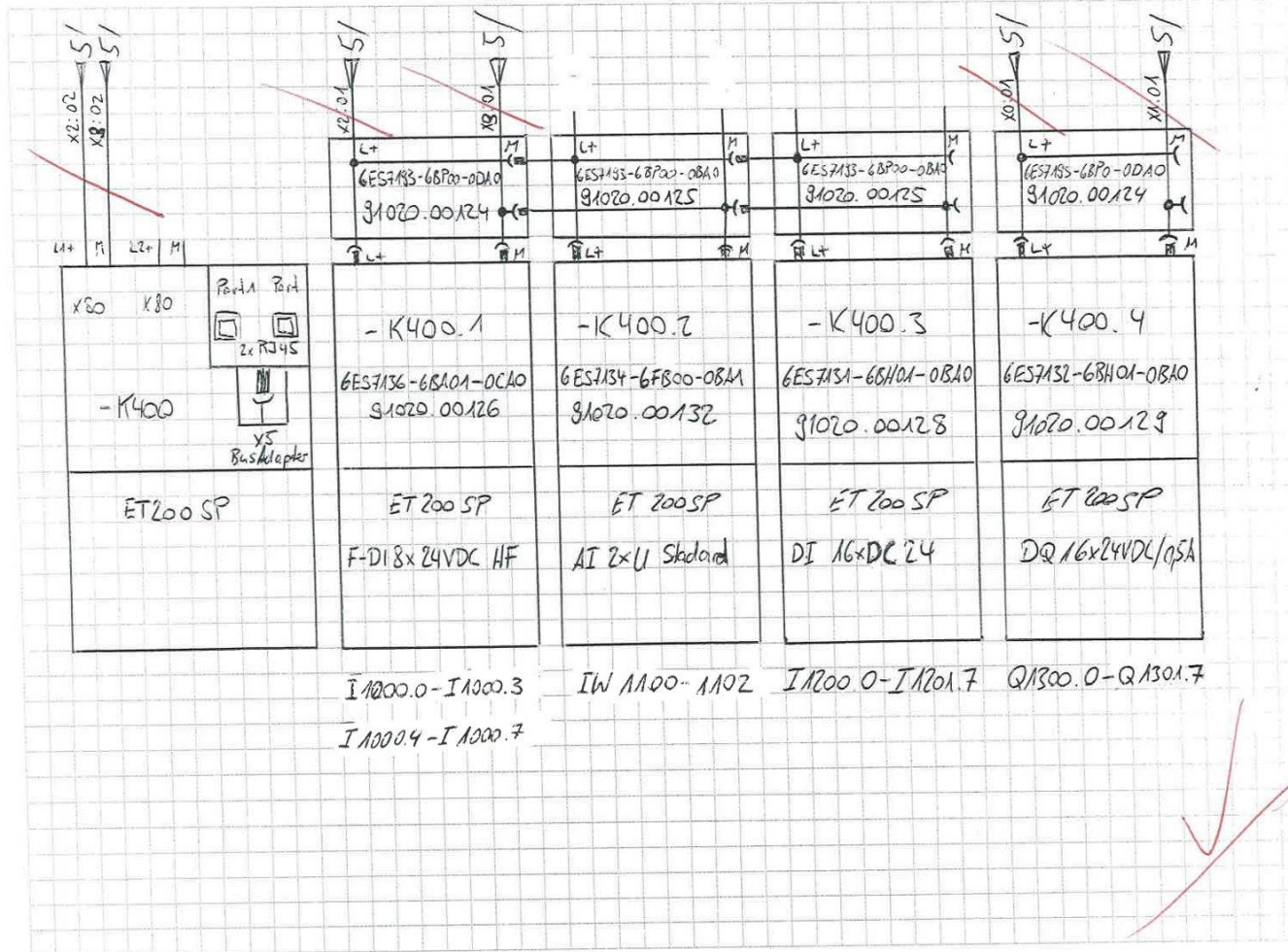






8



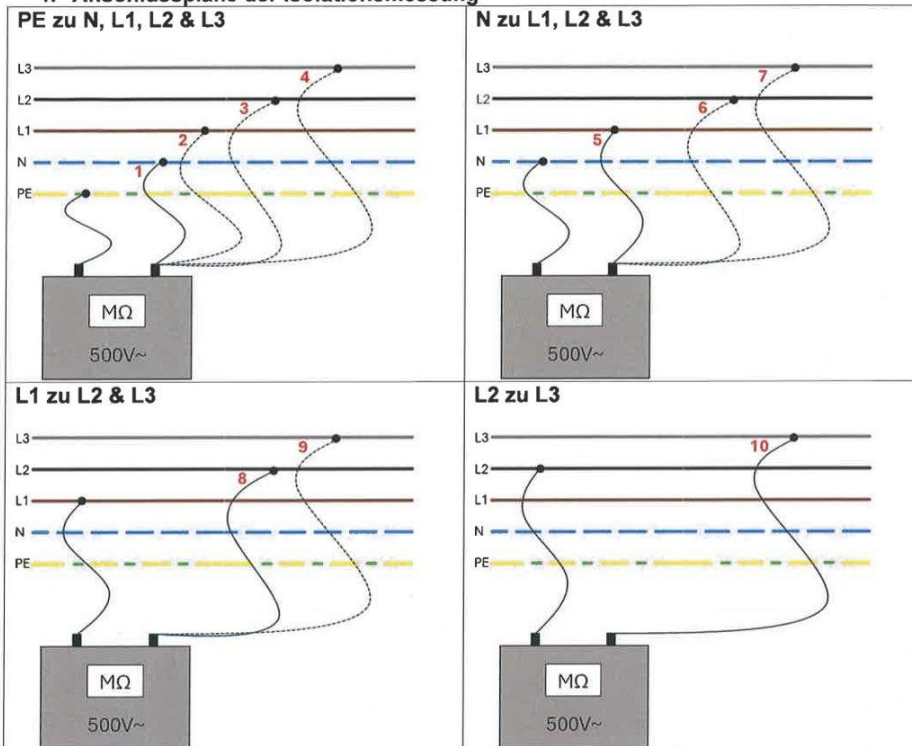


12.8.2 Messprotokoll Isolationsmessung

Sicherheitsprotokoll Isolationsmessung



1. Anschlusspläne der Isolationsmessung





Sicherheitsprotokoll Isolationsmessung

2. Isolationsmessung der Steuerung

Protokoll Nr.: 40-999.001 Auftrag Nr.: 40-999		
Eigentümer Name: Reiden Technik AG Adresse: Werkstrasse2, 6260 Reiden Telefon-Nr.: 062 749 20 20 Verantwortliche Person: Stefan Kiefer	Maschine Typ: Teststeuerung Palettierung Serien Nr.: 40-999 Ort: 6260 Reiden (CH) Verantwortliche Person: Remo Nützi	Messgerät Typ: Fluke 1652 C Serien Nr.: G34523.0923 Einstellung: Riso Letzte Prüfung: 14.09.2023

3. Messprotokoll

Nr.	Ort (Querschnitt)	Riso soll	Riso ist	Bemerkung	Datum	Visum
01	PE zu N	>500MΩ	7500MΩ		21.10.24	RNU
02	PE zu L1	>500MΩ	7500MΩ		21.10.24	RNU
03	PE zu L2	>500MΩ	7500MΩ		21.10.24	RNU
04	PE zu L3	>500MΩ	7500MΩ		21.10.24	RNU
05	N zu L1	>500MΩ	7500MΩ		21.10.24	RNU
06	N zu L2	>500MΩ	7500MΩ		21.10.24	RNU
07	N zu L3	>500MΩ	7500MΩ		21.10.24	RNU
08	L1 zu L2	>500MΩ	7500MΩ		21.10.24	RNU
09	L1 zu L3	>500MΩ	7500MΩ		21.10.24	RNU
10	L2 zu L3	>500MΩ	7500MΩ		21.10.24	RNU
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

Datum: 21.10.2024

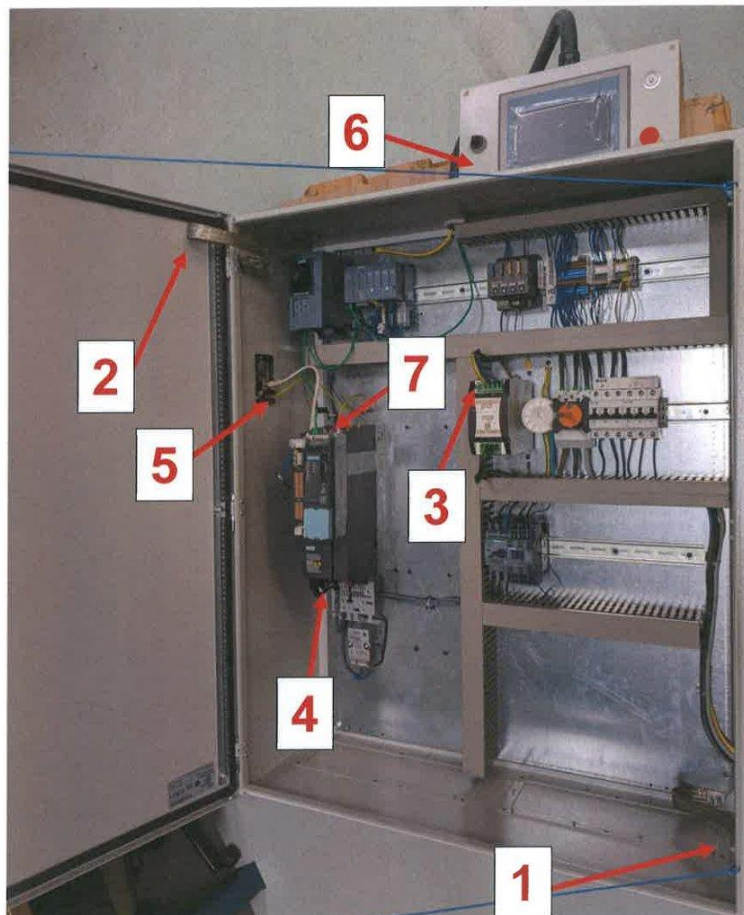
Unterschrift: 
Remo Nützi

12.8.3 Messprotokoll Schutzleitermessung

Sicherheitsprotokoll Schutzleitermessung



1. Layout Schutzleitersystem Messung



Legende

1. Schaltschrank
2. Schaltschranktür
3. Netzgerät
4. Umrichter
5. Datensteckverbinder
6. Panelhalterung
7. Control Unit



Sicherheitsprotokoll Schutzleitermessung

2. Durchgehende Verbindung des Schutzleitersystem

Protokoll Nr.: 40-999.002		
Auftrag Nr.: 40-999		
Eigentümer	Maschine	Messgerät
Name: Reiden Technik AG	Typ: Teststeuerung Palettierung	Typ: Fluke 1652 C
Adresse: Werkstrasse2, 6260 Reiden	Serien Nr.: 40-999	Serien Nr.: G34523.0923
Telefon-Nr.: 062 749 20 20	Ort: 6260 Reiden (CH)	Einstellung: R _{Lo}
Verantwortliche Person: Stefan Kiefer	Verantwortliche Person: Remo Nützi	Letzte Prüfung: 14.09.2023

3. Messprotokoll

Nr.	Ort (Querschnitt)	R _{Lo} max.	R _{Lo} Eff.	Bemerkung	Datum	Visum
01	Schaltschrank(16mm ²)	0.3Ω	0,01Ω		21.10.24	RNU
02	Schaltschranktür(16mm ²)	0.3Ω	0,01Ω		21.10.24	RNU
03	Netzgerät (4 mm ²)	0.3Ω	0,02Ω		21.10.24	RNU
04	Umrichter (2.5 mm ²)	0.3Ω	0,07Ω		21.10.24	RNU
05	Datensteckverbinder (1.5 mm ²)	0.3Ω	0,02Ω		21.10.24	RNU
06	Panelhalterung(6mm ²)	0.3Ω	0,03Ω		21.10.24	RNU
07	Control Unit (1.5mm ²)	0.3Ω	0,01Ω		21.10.24	RNU
08						
09						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

Datum: 21.10.2024

Unterschrift: 
Remo Nützi

12.9 Datenblätter

Da alle Datenblätter viel Platz bzw. Papier gekostet hätten habe ich die Internetseiten mit den Datenblätter lediglich verlinkt.

Simatic ET200SP Busadapter Profinet	Produktdetails - SiePortal - Siemens Switzerland
Simatic ET200SP Base-Unit Einspeiseklemme	Produktdetails - SiePortal - Siemens Switzerland
Simatic ET200SP Base-Unit Klemmen nach links gebrückt	Produktdetails - SiePortal - Siemens Switzerland
Simatic ET200SP, Elektronikmodul	Produktdetails - SiePortal - Siemens Switzerland
Simatic ET200SP, Elektronikmodul 16E	Produktdetails - SiePortal - Siemens Switzerland
Simatic ET200SP, Elektronikmodul 16A/0.5A	Produktdetails - SiePortal - Siemens Switzerland
Simatic ET200SP, Elektronikmodul	Produktdetails - SiePortal - Siemens Switzerland
Simatic ET200SP Interfacemodul Profinet	Produktdetails - SiePortal - Siemens Switzerland
SIMATIC, CPU 1515F-2 PN, 750KB Prog., 3MB Daten	Produktdetails - SiePortal - Siemens Switzerland
SIMATIC HMI, TP700	Produktdetails - SiePortal - Siemens Switzerland
SINAMICS Control Unit CU310-2 PN	Produktdetails - SiePortal - Siemens Switzerland
Powermodule PM 240-2	Produktdetails - SiePortal - Siemens Switzerland
Sicherungsmodul SITOP Select	Produktdetails - SiePortal - Siemens Switzerland
Leitungsschalter	Produktdetails - SiePortal - Siemens Switzerland
Schütz	Produktdetails - SiePortal - Siemens Switzerland
Netzgerät 20A	Emparro Schaltnetzteil 3-phasig Murrelektronik Shop
Potentiometer 10kΩ	229491 Eaton Moeller® series M22 Potentiometer Eaton
Sicherungsautomat C10A	190417 Eaton Moeller series xEffect - FAZ-NA, FAZ-RT MCB Eaton
Sicherungsautomat C16A	190420 Eaton Moeller series xEffect - FAZ-NA, FAZ-RT MCB Eaton
NOT-AUS Hauptschalter	VCCF3 - Not-Aus/Hauptschalter, Zwischenbau, 3p, 690V, 63A, Griff rot abschließbar Schneider Electric Deutschland
Stecker CEE 63A Bals	Stecker CEE schraubbar TE-Plus - Bals Elektrotechnik (Schweiz) AG