

Diplomarbeit 2025 zum Thema:

Visualisierung von Fahrzeugbewegungen in Depots



Jonas Burn
TEL22A
HF Elektrotechnik
29. September 2025

Executive Summary

Die zunehmenden Unterhaltsarbeiten an Schienenfahrzeugen führen vermehrt zu Sicherheitsrisiken, insbesondere wenn Fahrzeuge beim Ein- und Ausfahren in Depots auf Personen treffen, welche im Gleisbereich tätig sind. Zur Erhöhung der Arbeitssicherheit wird daher im Rahmen dieser Diplomarbeit ein Prototyp für eine Warnanlage entwickelt, welche Instandhaltungstechniker zuverlässig vor Fahrzeugbewegungen warnt.

Das Projekt erstreckt sich über acht Wochen und umfasst die Konzeption, den Aufbau, die Prüfung sowie die Dokumentation des Prototyps. Nach einer Evaluierung verschiedener Lösungsvorschläge werden die ausgewählten Varianten genau ausgearbeitet und Lagepläne, Schaltpläne und Programmfunktionen erstellt sowie physische Komponenten, welche zur Erfassung der Funktionen dienen, entwickelt und konstruiert.

Nach dem Aufbau wird die Anlage geprüft und Funktionen angepasst. Nebst der hauptsächlichen Fahrzeugbewegungswarnung wird ein Fahrzeugzähler, welcher Warnleuchtgruppen nach der Anzahl an Fahrzeugen steuert und diverse Diagnosefunktionen zur einfachen Störungsbehebung implementiert.

Anschliessend werden die Ergebnisse protokolliert und dokumentiert. Ist dies erfolgt wird eine Funktionsbeschreibung erstellt. Daraus resultierend entsteht ein Handbuch, welches Inbetriebnahme und Funktionen sowie Störungssuche beinhaltet.

Der fertige Prototyp erfüllt sämtliche Muss Ziele und bietet mehrere konkrete Vorteile, welche sich direkt auf die Arbeitssicherheit auswirken:

- Fahrzeugbewegungen werden visualisiert, bevor sie stattfinden
- Die Integration der vorgeschriebenen Arbeitsprozesse in das System erzwingt deren Einhaltung und verhindert so ungesicherte Fahrzeugbewegungen
- Permanente Warnbeleuchtung weist auf Risiken hin
- Mitarbeitende werden direkt visuell gewarnt, wodurch mündliche und fehleranfällige Warnungen ersetzt werden

Nach Abschluss der Arbeit wird das Projekt intern überprüft und kann bei positiver Bewertung weitergeführt werden. Damit leistet der Prototyp einen wichtigen Beitrag zur Erhöhung der Arbeitssicherheit, zur Standardisierung von Abläufen und zur nachhaltigen Verbesserung der Unterhaltsprozesse.

Vorstellung und berufliche Laufbahn



Mein Name lautet Jonas Burn. Aktuell befinde ich mich seit Oktober 2022 an der schweizerischen Fachschule TEKÖ, wo zurzeit die Diplomarbeiten durchgeführt werden.

Zurzeit bin ich seit 2016 bei den Schweizerischen Bundesbahnen AG, angestellt. Zu meinen Aufgaben als Fachexperte Engineering gehört die Entwicklung von Diagnosehilfsmittel und technischen Konzepten, das Erstellen von technischen Dokumentationen, die Freigabe von Fahrzeugen und Systemen, die Analyse und Beurteilung von technischen Abweichungen, die Ausarbeitung von Instandhaltungsvorgaben und die Förderung der Lernkultur.

Vor der Zeit des Fachexperten war ich im Unterhalt tätig und habe immer komplexer werdende Instandhaltungstätigkeiten an diversen Schienenfahrzeugen durchführen dürfen: von Routinekontrollen, über Grosskomponententausch bis hin zu Fachspezifischer Störungssuche. Von mechanischen, elektrischen, pneumatischen und Softwarestörungen war und ist immer noch alles dabei.

Vor der SBB habe ich temporär viele körperlich anspruchsvolle Arbeiten durchgeführt. Diese Erfahrungen prägen meine Fertigkeiten bis heute und machen mich zu einem Allrounder.

Davor war ich ein Jahr im Militär wo ich Rekrutenschule, Unteroffiziersschule und Offiziersschule absolvierte und den Leutnant durch das Führen eines welschen Infanteriezug abverdient habe.

Die Lehre zum Automatiker absolvierte ich bei der Trafobaufirma Rauscher & Stoecklin AG in Sissach, wo ich nach der Lehre noch ein Jahr lang im Schaltanlagenbau tätig war.

Nebst der beruflichen Arbeit pflege ich ein Stück Land auf einem Bauernhof, mit grossem Garten und vielen Tieren. Dazu bin ich Präsident des Vereins KulturKontext, welcher mehrmals im Jahr kulturfördernde Events veranstaltet, in dem er hauptsächlich noch unbekannten Musikern eine Bühne bietet und so generationsübergreifende Kulturen zusammenschmelzen lässt.

Qualifikationsprofil

Das Qualifikationsprofil gibt Auskunft darüber, wie ich die an der TEKO erlernten Unterrichtsfächer persönlich in die Praxis übertragen habe. Folgende Kompetenzen habe ich mir in dieser Zeit angeeignet und erfolgreich in die Praxis umgesetzt:

Allgemeine Handlungskompetenzen

A1 Unternehmens- und Führungsprozesse gestalten und verantworten

Während der Studienzeit habe ich stets eine Vorbildfunktion übernommen: als Berufsbildner betreue ich drei Lernende und begleite sie durch die IPA. Des Weiteren entwickelte ich aufgrund der hohen Personalfluktuation ein standardisiertes Einarbeitungskonzept für MA, die neu eingestellt werden. Dabei schule ich bei der Durchführung der Einarbeitung Gruppen ein.

A2 Kommunikation situationsangepasst und wirkungsvoll gestalten

Durch meine Aufgabe als Standortverantwortlicher für ABB-Material habe ich eine Kundenbeziehung aufgebaut, die beide Parteien in dringenden Fällen priorisieren. Zudem habe ich gelernt Präsentationen wirkungsvoll zu untermalen. Meine in Wort und Schrift kompetente und sachliche Kommunikation, kann ich für das Erstellen von Newsletter in verschiedenen Sprachen anwenden.

A3 Persönliche Entwicklung reflektieren und vorantreiben

Mein Drang neues zu erlernen und mich gewinnbringend zum Erfolg des Unternehmens zu beteiligen, hat mich die Rangierlokführerprüfung bestehen lassen. Ausserdem fördere ich die Fehlerkultur, indem ich aufgetretene Fehler offen kommuniziere. Sodass alle, die Gefahr laufen, denselben Fehler zu machen, ihn verhindern können.

Berufsspezifische Handlungskompetenzen

B4 Entwicklungsmethoden in der Elektrotechnik anwenden

In der Studienzeit habe ich viele Arbeiten durchgeführt, die das Dimensionieren, Berechnen, Simulieren und Aufbauen von elektrotechnischen Schaltungen beschreiben und umsetzen. Dabei kann ich stets auf erlernte naturwissenschaftliche Methoden in Mathe und Physik zurückgreifen und finde mich rasch in diversen Simulationssoftwares zurecht.

B5 Elektrotechnische Projekte planen, leiten, ausführen und evaluieren

Das Anwenden von Projektmanagement-Methoden hat mich ab dem 2. Semester durch jedes einzelne Projekt, sei es in der Schule oder bei der Arbeit, stets begleitet und bereitet mir keine Mühe. Durch den in Digitaltechnik selbst programmierten Synthesizer, habe ich erlernt, wie Engineering von Kleinprojekten funktioniert.

B6 Elektrotechnische Produkte entwickeln

In meinem Arbeitsumfeld werden Anlagen mit bestehenden Produkten welche öfters negativ auffallen, obsolet sind oder nicht mehr produziert werden, einem Änderungsprozess unterzogen. Wenn solche Fälle eintreten, entwickle ich die bestehenden Produkte in Form eines Änderungsauftrags weiter. Wenn funktionale Produkte benötigt werden, scheue ich mich nicht, sie selbst zu entwickeln.

B7 Hardwarenahe Programme entwickeln

Die Anwendung von Programmiersprachen gehörte vor dem Studium nicht zu meinen Kompetenzen. Durch die Programmierung eines Snackautomaten mit C++ sowie die Steuerung einer Schiffsschleuse durch eine S7-SPS mittels FUP/Grafcet habe ich erlernt, Hardware und Software zu verknüpfen.

B8 Elektrotechnische Anlagen projektieren

Um eine Vorstellung der Ausmasse eines komplexen Projekts zu bekommen, habe ich im 4. Semester ein Konzept erarbeitet, welches den Bau eines Staudamms für die Betreuung eines Einfamilienhauses berechnet und dimensioniert. Praxisbezogener sind die Anpassungen und Überarbeitungen von Elektro- und Pneumatik Schemas, welche ich im Unternehmen durchführe.

B9 Elektrotechnische Anlagen in Betrieb setzen

Aufgrund meiner Arbeit im Unterhalt von Schienenfahrzeugen, gehört die Inbetriebnahme von diversen elektrotechnischen und pneumatischen Systemen wie Kompressoren, Funkanlagen, Bremsenrichtungen, Einstiegssysteme, Sicherheitseinrichtungen, Sanitäre Einrichtungen, Kupplungssysteme, Klimageräte und Transformatoren zu meinem Alltag.

B10 Elektrotechnische Anlagen unterhalten

Zu meinem Tätigkeitsbereich in meinem Unternehmen gehört die Wartung, Fehleranalyse und Reparatur an elektrotechnischen Systemen. Ich bin imstande, mittels eines sehr oberflächlichen Fehlerbilds einer elektrotechnischen Anlage mithilfe von Schemas, Dokumentationen und Messmittel die defekte Komponente zu diagnostizieren, gegebenenfalls zu reparieren oder zu tauschen und anschliessend das System auf seine Funktion zu überprüfen.

B11 Testeinrichtungen konzipieren und herstellen

Als Transferarbeit in der Messmitteltechnik habe ich für die Ausgabe von präzisen Temperaturschwankungen mittels eines PT-100 eine H-Brücke berechnet, simuliert, aufgebaut und die elektrischen Werte über einen selbst programmierten Mikrocontroller ausgewertet und anzeigen lassen. Über einen Referenzwert konnte die Arbeit erfolgreich überprüft werden.

B12 Nachhaltiges Handeln

Nachhaltigkeit ist ein Wert, der bei jedem Menschen bereits im Inneren anfängt. Schon während meiner Kindheit habe ich als Erstgeborener von 7 Kindern zu jedem Zeitpunkt meines Lebens eine Vorbildfunktion übernommen. Bis heute lege ich viel Wert darauf, stets als Vorbild zu handeln, sei es in der Führung, bei der Auswahl von Produkten oder bei meinem eigenen ökologischen Fussabdruck.

Inhaltsverzeichnis

1	INITIALISIERUNG	9
1.1	AUSGANGSLAGE UND PROJEKTPROBLEM	9
1.2	PROJEKTSYSTEM UND ABGRENZUNG	10
1.3	EINFLUSSGRÖSSEN	12
1.4	ANSPRUCHSGRUPPEN	13
1.5	PROJEKTZIELE	15
1.6	PROJEKTINSTITUTION	17
2	KONZEPTION	18
2.1	PROJEKTSTRUKTURPLAN	18
2.2	PROJEKTPLAN	19
2.3	RESSOURCENPLAN	20
2.4	KOMMUNIKATIONSPLAN	21
2.5	PROJEKTAUFTRAG	22
2.6	LÖSUNGSVARIANTEN	22
2.6.1	SENSORIK EIN- AUSFAHRT	23
2.6.2	SENSORIK FAHRZEUGSTILLSTAND	25
2.6.3	STEUERUNG	29
2.6.4	WARNBELEUCHTUNG	30
2.7	AUSWAHL DER LÖSUNG	34
2.8	DETAILLIERTE LÖSUNGSBESCHREIBUNG	34
2.8.1	CROQUIS	35
2.8.2	VORRICHTUNG TAFELÜBERWACHUNG	36
2.8.3	ANLAGENSTEUERUNG	38
2.8.4	WARNBELEUCHTUNG	40
2.9	RISIKOANALYSE	42
3	REALISIERUNG	45
3.1	UMSETZUNG UND AUFBAU	45
3.1.1	TAFELÜBERWACHUNGSSTATION	45
3.1.2	SPS-PROGRAMMIERUNG	47
3.1.3	WARNBELEUCHTUNG	53
3.1.4	AKUSTISCHES WARNSIGNAL	53
3.1.5	SCHALTSCHRANK	53
3.1.6	VERKABELUNG	55
3.2	FUNKTIONSTESTS	56
3.2.1	STATISCHE PRÜFUNG	56
3.2.2	DYNAMISCHE PRÜFUNG	56
3.3	BEDIENUNG UND FUNKTIONSBESCHREIBUNG	57
3.3.1	ERSTINBETRIEBNAHME	57
3.3.2	NORMALZUSTAND	57
3.3.3	SYSTEMWAHLSCHALTER	58
3.3.4	STÖRUNGEN	59
3.4	BEURTEILUNG DER INDUSTRIETAUGLICHKEIT	60

3.5	FORTFÜHRUNG DES PROJEKTS	64
4	ABSCHLUSS	65
4.1	MEHRWERT FÜR AUFTRAGGEBER	65
4.2	PROJEKTBEURTEILUNG, HERAUSFORDERUNGEN UND REFLEXION	66
4.2.1	PROJEKTBEURTEILUNG	66
4.2.2	HERAUSFORDERUNGEN/ LESSONS LEARNED	67
4.2.3	REFLEXION	67
4.3	SCHLUSSWORT UND DANKSAGUNG	68
4.4	EIGENSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG	68
4.5	LITERATUR- UND QUELLENVERZEICHNIS	69
5	ANHANG	70

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1 Sicht unter einem Fzg	9
Abbildung 1-2 Abgrenzung	11
Abbildung 1-3 Einfluss-Interesse Matrix der Anspruchsgruppen.....	14
Abbildung 2-1 PSP	18
Abbildung 2-2 Schnappschalter Vorderansicht	25
Abbildung 2-3 Schnappschalter Seitenansicht	26
Abbildung 2-4 Kraftsensor Vorderansicht	27
Abbildung 2-5 Kraftsensor Seitenansicht	27
Abbildung 2-6 Kraftsensor Draufsicht	27
Abbildung 2-7 Näherungsschalter Seitenansicht	28
Abbildung 2-8 einheitlich Zustand AUS	31
Abbildung 2-9 einheitlich Zustand EIN	31
Abbildung 2-10 Gruppenbeleuchtung eine Möglichkeit	32
Abbildung 2-11 Einzelansteuerung eine Möglichkeit.....	33
Abbildung 2-12 Positionierung der Elemente	35
Abbildung 2-13 Abgriffe Lichtschranken	35
Abbildung 2-14 Speisung der Steuerung.....	35
Abbildung 2-15 Tafelhalterung Konstruktion.....	36
Abbildung 2-16 Tafelhalterung Seitenansicht Links	36
Abbildung 2-17 Tafelhalterung Seitenansicht Rechts	37
Abbildung 2-18 Tafelhalterung Vorderansicht	37
Abbildung 2-19 SPS-Verbindungszuweisung.....	38
Abbildung 2-20 Dispositiv Schaltschrank	39
Abbildung 2-21 Vorrichtung für Stromsensoren	40
Abbildung 2-22 Halterung Warnbeleuchtung	41
Abbildung 2-23 Warnleuchten-Anordnung.....	41
Abbildung 3-1 Tafelstation Grundplatte	45
Abbildung 3-2 Vorrichtung zur Schnappschalterbetätigung	45
Abbildung 3-3 Vorrichtung zur Drucksensorbetätigung.....	46
Abbildung 3-4 Drucksensor betätigt.....	46

Abbildung 3-5 Schnappschalter betätigt	46
Abbildung 3-6 Tafelstation montiert	47
Abbildung 3-7 Laboraufbau zur SPS-Programmierung.....	47
Abbildung 3-8 Leuchten-Sockelmontage	53
Abbildung 3-9 Montage akustisches Signalhorn	53
Abbildung 3-10 Grundplattenbearbeitung.....	53
Abbildung 3-11 Grundplatte bestückt.....	54
Abbildung 3-12 Stromsensor-Sockel	54
Abbildung 3-13 Schaltschrank in Betrieb	54
Abbildung 3-14 Verbinden der Komponenten	55
Abbildung 3-15 Stromerfassung inaktiv	57
Abbildung 3-16 Stromerfassung aktiv	57
Abbildung 3-17 improvisierte Stromsensorbefestigung	62
Abbildung 3-18 Temporärlösung der Leuchtmittel ist nicht alltagstauglich	62
Abbildung 3-19 Abnutzung des Kraftsensors	63
Abbildung 3-20 Verlegen von Kabelbrücken.....	64

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1 Glossar	8
Tabelle 1-1 Rahmenbedingungen und Restriktionen.....	12
Tabelle 1-2 Projektziele	15
Tabelle 1-3 Präferenzmatrix MUSS-Ziele.....	16
Tabelle 1-4 Präferenzmatrix KANN-Ziele.....	16
Tabelle 2-1 Projektzeitplan.....	19
Tabelle 2-2 Ressourcenplan	20
Tabelle 2-3 Kommunikationsplan.....	21
Tabelle 2-4 Präferenzmatrix Variantenauswahl	22
Tabelle 2-5 Nutzwertanalyse Sensorik Ein- und Ausfahrt	24
Tabelle 2-6 Nutzwertanalyse Sensorik Stillstands Erfassung	29
Tabelle 2-7 Nutzwertanalyse Steuerung	30
Tabelle 2-8 Nutzwertanalyse Beleuchtung.....	33
Tabelle 2-9 Risikoanalyse Risikoliste	43
Tabelle 2-10 Risikoanalyse Risikomatrix.....	44
Tabelle 3-1 Störungskatalog	59
Tabelle 3-2 Komponentenbeurteilung auf Industrietauglichkeit.....	61
Tabelle 4-1 Überprüfung der Ziele	66

Abkürzungen und Glossar

Tabelle 1-1 Glossar

Abkürzung / Fachwort	Erläuterung
PZR	Pendelzugremise
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
RFID	Radio Frequency Identification ist eine Technologie welche an Objekten befestigten Tags über Funkwellen Identifiziert
Rep-Tafel	Reparaturtafel, die während Tätigkeiten an UH-Fzg angebracht wird. Sie untersagt Bewegungen des betroffenen Fzg und das Anfahren durch andere Fzg
Fst	Führerstand: Cockpit eines Zuges
Lf	Lokführer
PLR	Programmable Logic Relay ist eine Programmierbare Steuerung von Kontaktausgängen
FBD	Function Block Diagram ist eine für SPS entwickelte Programmiersprache
FUP	Funktionsplan
Fzg	Fahrzeug
PSP	Projektstrukturplan
NO	Schliesser (Normaly Open)
NC	Öffner (Normaly Closed)
DA	Diplomarbeit
UH	Unterhalt
ST	Structured Text ist eine für SPS entwickelte Programmiersprache
AI	Analog input
DI	Digital input
LSB	Least Significant Bit
MSB	Most Significant Bit
MA	Mitarbeitende
UHR	Interne Branche: Unterhalt Rollmaterial

1 Initialisierung

1.1 Ausgangslage und Projektproblem

Damit die SBB ihren Auftrag erfüllen kann, werden die Schienenfahrzeuge unter anderem auch im Depot Basel unterhalten. Die Ein- und Ausfahrten der Schienenfahrzeuge in der PZR am Dreispitz in Basel erhöhen sich Jährlich. Dies liegt an der Optimierung der Taktzeiten, eine immer grösser werdende Flottenvielfalt sowie einer möglichst effizienten Infrastrukturnutzung am Standort.

Durch die kontinuierliche Erhöhung der Taktung und der zunehmenden Komplexität der Arbeiten an den Fahrzeugen, kommt es immer wieder zu gefährlichen Situationen mit ein- und ausfahrenden Zügen. Denn sobald Arbeiten im Unterhaltsgleis unter den Fzg stattfinden, ist man der Situation ausgeliefert, dass man nicht gesehen wird und jederzeit eine Fahrzeugbewegung stattfinden könnte.



Abbildung 1-1 Sicht unter einem Fzg

Aus diesem Grund hat der Standort Basel den Auftrag erhalten, eine Lösung zu entwickeln, welche die Einfahrten sowie die Ausfahrten visuell signalisiert. Die Signalisation soll erfolgen, bevor eine Fahrzeugbewegung stattfindet und solange angezeigt werden, bis einfahrende Fahrzeuge vollständig zum Stillstand gekommen sind, bzw. ausfahrende Fahrzeuge die PZR vollständig verlassen haben.

Die Umsetzung soll möglichst einfach, einheitlich und falls möglich erweiterbar gestaltet werden. Als erstes soll ein Konzept erarbeitet werden, welches die Lösung des Problems detailliert aufzeigt. In einem nächsten Schritt wird ein Probeaufbau auf dem Gleis K12 durchgeführt. Wenn sich das Konzept und der Probeaufbau erfolgreich durchsetzt, wird es auf die ganze PZR wenn und allenfalls schweizweit in den Depots ausgerollt. Die Abgrenzung des Inhalts der DA sowie die Gestaltung der Lösungsentwicklung kann ich in Eigenregie entscheiden und geniesse dabei die volle Unterstützung meines Unternehmens.

Im Rahmen der Synthesearbeit wurden bereits vorgängig Ziele definiert, ein Projektauftrag erstellt und von allen Parteien unterschrieben, ein Funktionsprinzip Schema erstellt, Komponenten für die Umsetzung der Lösung vorgeschlagen und eine detaillierte Machbarkeitsprüfung durchgeführt, welche die Machbarkeit der Ziele überprüft und sicherstellt.

Im Rahmen des Projekts wurden bereits die benötigten Bewilligungen zu den baulichen Massnahmen eingeholt und die Ist-Situation sowie die Studie und die Anforderungen an die Lösung für das Konzept mit Verweis auf die Synthesearbeit ausgearbeitet. Es wurden auch bereits Hauptkomponenten wie die Speicherprogrammierbare Steuerung, Schaltschrankgehäuse, Kabel und Litzen sowie diverses Elektrokleinmaterial beschafft, um während der Arbeit nicht auf unerwartete lange Lieferzeiten zu stossen.

1.2 Projektssystem und Abgrenzung

Da das Projekt und die DA nicht denselben Umfang beinhalten, ist es unabdingbar, dass eine saubere Abgrenzung der DA stattfindet.

Das Projekt an sich beinhaltet alle Arbeiten vom Entwurf, der Konzeption einer Lösung, der Erprobung auf einem Gleis über die Konzeption für die Serialisierung, Auswahl und Beschaffung der industriellen Komponenten bis zum Umbau sämtlicher Gleise in der PZR.

In der **Abbildung 1-2 Abgrenzung** wird klar definiert, welche Teile des Projekts Inhalt der DA darstellen und welche Teile nicht.

In einem ersten Schritt wird eine Initialisierung durchgeführt, welche die Ist Situation, die Vorgehensweise und die Abgrenzung, die Erfassung von Einflussgrössen, Anspruchsgruppenuflistung, Ziele, und die Projektinstitutionsgründung erarbeitet.

Anschliessend folgt die Konzeption. Im ersten Teil der Konzeption befindet sich die Strukturierung der DA, der Zeitplan, Ressourcenplan und Kommunikationsplan.

Für die Projektstruktur wurde ein PSP in Form von Arbeitspakete erstellt, welche sich im Anhang A befinden. Sie beschreiben die erforderlichen Tätigkeiten mittels ihrer jeweiligen Dauer, den erforderlichen Arbeitsaufwand und zeigen die Vorgänger- und Nachgänger- Abhängigkeit an. Nach Erstellung der Arbeitspakete resultiert daraus der Projektzeitplan, welcher mithilfe des Ressourcenplans die Arbeitstage definiert.

Im nächsten Teil der Konzeption werden diverse Lösungsvarianten erarbeitet. Es wird beschrieben, wie die konkrete Lösung für das Projektproblem aussehen soll. Das Konzept beinhaltet Studien und Anforderungen an die Lösung, Lösungsvorschläge und die dabei entstehenden Kosten. Im Allgemeinen kann für die Grundlage des Konzepts auf der Synthesearbeit aufgebaut werden. Dieses Konzept wird gleichzeitig auch das Pflichtenheft darstellen, da es genau beschreibt, welche Probleme mit welchen Mitteln gelöst werden. Nachdem die Ist-Situation niedergeschrieben wurde, werden Lösungsvorschläge für die Anlage ausgearbeitet.

In einem nächsten Schritt entscheidet sich die Auftraggeberin für eine Lösungsvariante. Dann wird eine Aufbauplanung erstellt. Sie soll in einem Umriss des Depots alle benötigten Komponenten sowie ihren Standort aufzeigen. Wenn die Standorte definiert und festgehalten sind, kann das Elektroschema entwickelt und gezeichnet werden. Sobald die Schaltpläne entworfen sind, wird eine detaillierte Liste mit Material erstellt, welches noch nicht beschafft wurde. Während der Lieferzeit der zusätzlichen Materialien wird die SPS-Software entwickelt und geprüft. Mit der Fertigstellung der Programmierung der SPS, ist auch das Konzept und somit das Pflichtenheft abgeschlossen.

Sowie die Software den erwünschten Stand umsetzt, wird mit dem physischen Aufbau in einem Gleis zur Erprobung begonnen. Dazu werden die verschiedenen Komponenten entwickelt, gebaut, miteinander verbunden und auf die Richtigkeit der Verdrahtung geprüft und protokolliert. Sind sämtliche Verbindungen korrekt verdrahtet, geht es weiter mit der Funktionsprüfung der Anlage. Während diesem Schritt werden Anpassungen an der Soft- und Hardware erwartet, um die Funktion der Anlage zu optimieren. Sind die gewünschten Anforderungen erreicht, wird ein Protokoll erstellt, welches die Funktionen in Abhängigkeit der Manipulierungen festhält und dokumentiert.

Im Anschluss an die dynamischen Prüfungen werden die Komponenten beurteilt und es wird entschieden, ob die ausgewählten Komponenten eine Industrietauglichkeit gewährleisten können oder ob andere, tauglichere Komponenten beschaffen werden müssen. Sind Industrietaugliche Komponenten auserwählt, wird eine Funktionsbeschreibung erstellt, welche als Handbuch für den Anwender klar verständlich formuliert wird und angewendet werden kann. Sie enthält die genau beschriebenen Anlagefunktionen sowie den Umgang und die Entpannung von diversen Störungen.

In der Dokumentation sollen Dispositive (Vorschläge für Aufbau & Skizzen) des ausgearbeiteten Lösungsvorschlages zur Verfügung stehen damit nachträgliche Bauten einfach vollzogen werden können und der Nachbau in weitere Gleise so dokumentiert wie möglich ist. Sie enthält auch Bilddokumentationen des Aufbaus der Anlage, sowie Schemas zur Verdrahtung und Zeichnungen der technischen Abhängigkeiten.

Nach der DA wird die Arbeit überprüft um allenfalls in die Stufe der Serialisierung übergeht und im Depot Basel PZR und bei Bedarf in weiteren Depots der SBB genutzt werden kann. Fest steht, das nach der DA die Struktur der Projektorganisation geändert wird und nicht mehr Sache des Diplomanden Jonas Burn darstellt.

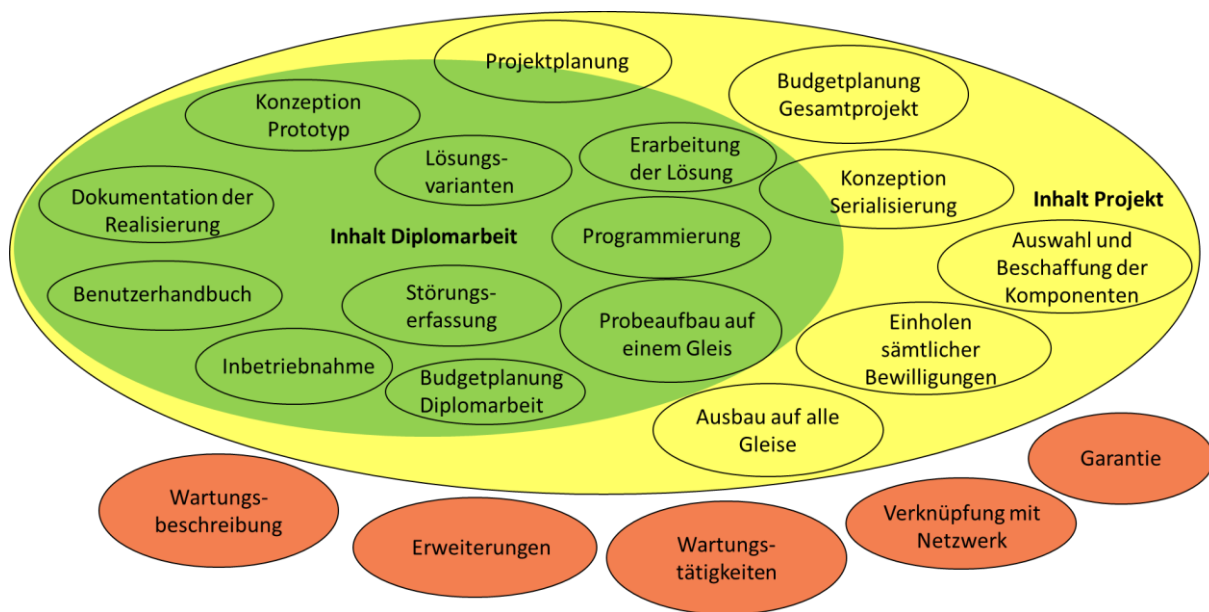


Abbildung 1-2 Abgrenzung

1.3 Einflussgrössen

Einflussgrössen sind die Rahmenbedingungen und Restriktionen, die das Verhalten und die Leistungsfähigkeit der Anlage zur visuellen Darstellung von Ein- und Ausfahrten beeinflussen können. Sie reichen von betrieblichen Vorgaben und technischen Schnittstellen bis zu Finanzierung und Umwelteinflüssen. Nachfolgend wurde eine Tabelle mit konkreten Einflussgrössen, ihrer Wirkung und möglichen Steuerungsoptionen erstellt:

Tabelle 1-1 Rahmenbedingungen und Restriktionen

Name	Wirkung	Steuerungsoption
Betrieb	Bestimmt, wann Züge zum Unterhalt eingelassen werden	Steuerung durch Schnittstellen zu Fahrdienstleiter/Lenkung
Anzahl Fahrzeuge	Beeinflusst die Visualisierung (je nach Anzahl werden unterschiedliche Teile des Gleises besetzt)	Dynamische Anzeige, diverse Bereiche unterschiedlich ansteuern
Einfahrten	Gleis wird bis auf eine bestimmte Länge besetzt	Fahrzeugzähler zählt aufwärts
Ausfahrten	Gleis wird bis auf eine bestimmte Länge unbesetzt	Fahrzeugzähler zählt abwärts
Lange Fahrzeuge	Fahrzeuge passen nicht vollständig ins Depot	Anlagesteuerung muss lange Fahrzeuge erkennen können
Änderungen	Verspätungen und Ausfälle stören erwartete Abläufe	Anlage erkennt Fahrzeuge unabhängig von Änderungen
Sicherheitsvorschriften	Einschränkungen der Schnittstellen, Benutzerauthentifizierung	System ohne Netzwerkverbindung, Steuerungshärtung
Lichtverhältnisse	Einfluss auf Erkennbarkeit der Warnbeleuchtung	Helligkeit der Betriebsmittel dimensionieren
Schichtbetrieb	unterschiedliche Benutzerprofile und Reaktionszeiten	Benachrichtigungen an Schichten
Budget	Einschränkung der Technologieauswahl	Priorisierung der Funktionen
Witterungseinflüsse	Sensorfehler	Robuste Sensorik verbauen, Integration von Temperaturerfassung
Stromversorgung	bei Ausfall keine Visualisierung bzw. eingeschränkter Betrieb	Zustandsspeicherung
Akzeptanzkriterien	Umfang der Abnahme und der Prüfungen	Protokollierung der Prüfungen mit Szenarien
Erweiterbarkeit	Architektur muss adaptierbar sein	Modularer Aufbau
Mehrsprachigkeit	Unverständlichkeiten	Dreisprachiges Handbuch und Steuerungslayout

1.4 Anspruchsgruppen

Auftraggeber:

1

Die SBB als Auftraggeberin hat ein hohes Interesse wie auch ein hoher Einfluss auf das Projekt. Die Unterstützung findet in Form der Freiheit während der Projektperiode sowie in der Finanzierung statt.

Projektleiter und Projektmitarbeiter:

2

Vor und Während der DA wird die Projektleitung sowie die Rolle des Projektmitarbeiters auf mich fallen, da die DA als Einzelarbeit stattfindet. Somit ist klar, dass Interesse und Einfluss für mich beide von besonders hohem Wert sind.

Linienvorgesetzter:

3

Da ich neben der DA immer noch alltägliche Pflichten nachgehen werde, ist mein direkter Vorgesetzter Ralf Goepel an dieser Stelle zu erwähnen. Sein Interesse besteht daraus, dass das normale Tagesgeschäft auch während der DA möglichst reibungslos abläuft. Da die DA jedoch einen direkten Einfluss auf die Sicherheit seiner Mitarbeiter hat, kann sein Interesse als mittel bis hoch beschrieben werden. Da er ebenfalls bei der SBB angestellt ist, und mein Projektantrag durch die SBB bestätigt wurde, ist sein Einfluss im mittleren Bereich.

TEKO:

4

Als Auslöser der DA hat die TEKÖ ein besonders hohes Interesse an einer erfolgreichen DA. Die TEKÖ kann das Projekt nicht direkt beeinflussen. Allerdings haben Dozenten und Experten Einfluss auf die Bewertung der DA. Somit wird der Einfluss der TEKÖ als mittel eingestuft.

Haustechnik:

5

Die interne Haustechnik muss über Änderungen am Depot stets informiert sein, da Störungen an der Anlage unter ihr Tätigkeitsbereich fallen. Da sie gewisse Montagehilfen und Hocharbeitsfahrzeuge besitzen, welche ich für meine Arbeit unter anderem benötige, ist ihr Einfluss als Mittel bis Hoch einzustufen. Ihr Interesse an dem Projekt ist jedoch eher gering, da die Haustechnik zurzeit eher unterbesetzt ist und sich ihren eigenen Tätigkeiten widmen muss.

Lieferanten:

6

Als externe Interessensgruppe liefern sie in diesem Projekt benötigte Produkte. In diesem Fall liefern sie notwendige Produkte, die für den Projekterfolg entscheidend sein können. Es ist wichtig, sie frühzeitig einzubinden. Wenn die Anforderungen klar kommuniziert werden, Liefertermine realistisch gestaltet werden und potenzielle Risiken früh identifiziert werden, sind die Lieferanten zufrieden. Der Einfluss der Lieferanten ist durch die hohe Konkurrenz als Mittel zu bewerten, ihr Interesse fällt eher moderat aus. Durch Namentliche Erwähnung in der DA könnte ihr Interesse gesteigert werden.

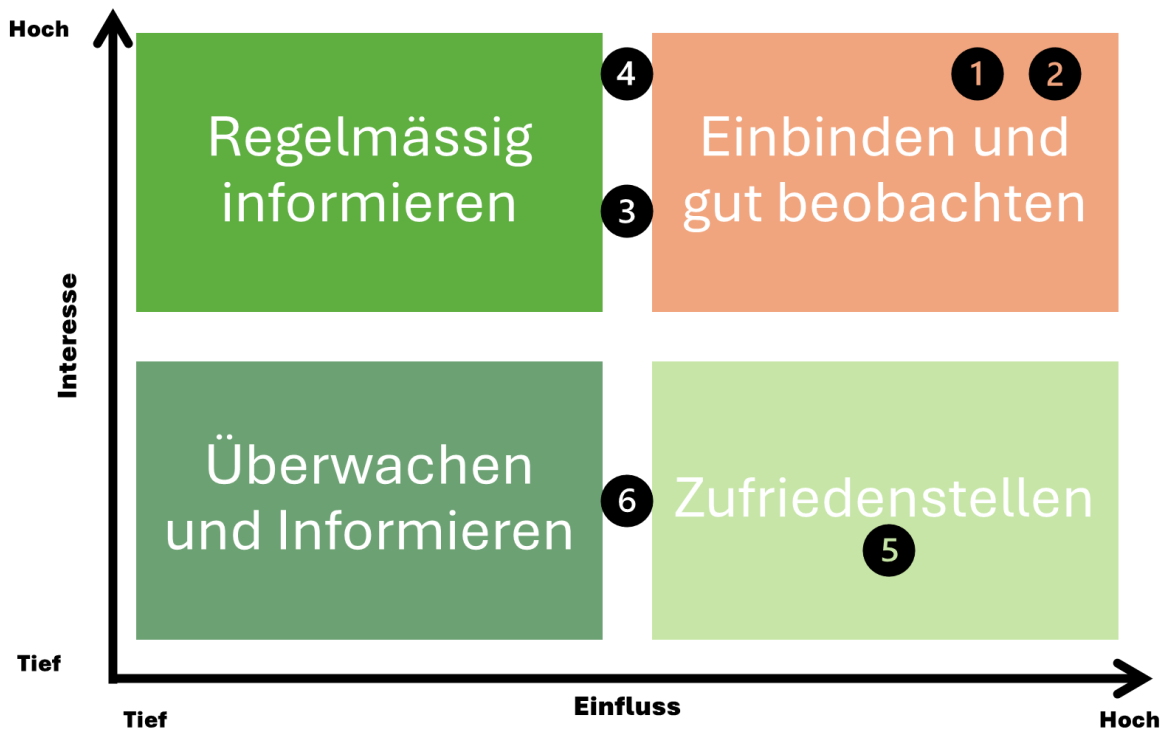


Abbildung 1-3 Einfluss-Interesse Matrix der Anspruchsgruppen

(Zündkorn GmbH, 2023)

1.5 Projektziele

Aus der Ausgangslage und der Anforderung an das Projekt sowie aus den schulischen Auflagen wurden folgende Projektziele bestimmt:

Tabelle 1-2 Projektziele

Nr.	Beschreibung
Muss 1	Die Anlage enthält eine Funktion, welche einfahrende Schienenfahrzeuge vor und während der Bewegung im Depot erfasst und visuell anzeigt
Muss 2	Die Anlage enthält eine Funktion, welche ausfahrende Schienenfahrzeuge vor und während der Bewegung im Depot erfasst und visuell anzeigt
Muss 3	Die Anlage enthält eine Funktion, welche das Ende der Fahrzeugbewegung im Depot erkennt und die Visualisierung nach der Bewegung beendet
Muss 4	Die Funktionen werden über einen Rechner verarbeitet, dessen Software entwickelt werden muss
Muss 5	Die Anlage wird im Gleis K12 zur Erprobung aufgebaut, um deren Funktionsfähigkeit zu testen
Muss 6	Die Funktionen der Anlage werden während der Erprobung geprüft und protokolliert
Muss 7	Im Falle einer Störung gibt die Anlage ein visuelles sowie ein hörbares Signal aus
Muss 8	Ein Handbuch wird erstellt, das die Nutzung der Anlage detailliert beschreibt und als Anleitung dient
Muss 9	Die Komponenten, welche für den Probeaufbau gewählt wurden, werden einer Beurteilung auf Industrietauglichkeit unterzogen
Muss 10	Die Materialkosten der DA dürfen den Betrag von Fr. 5000.- nicht übersteigen
Muss 11	Eine fertige Dokumentation inklusive Elektroschaltplan ist bis zum 29.09.2025 als gebundenes Exemplar und als Pfd.-Datei eingereicht und enthält alle benötigten Informationen, um die Nachbildung des Projekts in weiteren Gleisen zu vollziehen
Muss 12	Eine Präsentation ist bis zum 14. Oktober 2025 unter Berücksichtigung sämtlichen Präsentationstechnikinstrumenten fertiggestellt
<i>Kann 1</i>	<i>Nach erfolgter Erprobung soll die Auswahl von serialisierten Komponenten für eine Ausschreibung erfolgen, welche in sämtlichen Depotgleisen benutzt werden können</i>
<i>Kann 2</i>	<i>Es wird ein Konzept erarbeitet, welches den Standardisierten Aufbau mit serialisierten Komponenten für alle Gleise beschreibt</i>
<i>Kann 3</i>	<i>Zusätzlich zur Visualisierung ertönt während Fahrzeugbewegungen im Depot ein Signalton, um die Sicherheit zu erhöhen</i>
<i>Kann 4</i>	<i>Ein Schalter zur Umschaltung der Visualisierung auf EIN und AUS von Hand oder Automatisch wird implementiert</i>
<i>Kann 5</i>	<i>Eine Störungserfassung welche mind. 3 verschiedene Defekte automatisch erkennt, wird implementiert</i>

(Zündkorn GmbH, 2023)

Anschliessend werden die Ziele mittels einer Präferenzmatrix kategorisiert und in der Rangfolge priorisiert. Dies wird für die MUSS-Ziele sowie für die KANN-Ziele durchgeführt:

Tabelle 1-3 Präferenzmatrix MUSS-Ziele

Präferenzmatrix				
Muss Ziele			Visualisierung von Bewegungen in Depots	
Gewicht	Rang- folge	Anzahl Nen- nungen	Kriterien	
12.1	3	8	a	Funktion Einfahren
9.09	6	6	b	Funktion Ausfahren
12.1	3	8	c	Funktion Ende der Bewegung
7.58	7	5	d	Implementation eines Rechners
12.1	3	8	e	Aufbau zur Erprobung
18.2	1	12	f	Prüfung und Protokollierung der Funktionen
4.55	9	3	g	Störungserfassung
1.52	11	1	h	Erstellen eines Handbuchs
0	12	0	i	Komponentenbeurteilung auf Industrietauglichkeit
13.6	2	9	j	Kosten <5000.- CHF
6.06	8	4	k	Dokumentation bis 29.09.2025 erstellt
3.03	10	2	l	Präsentation bis 14.10.2025 erstellt

Total 100 66

(Kirchhofer, 2007)

Die Präferenzmatrix der MUSS-Ziele ermittelt, dass die Prüfung und die Protokollierung der Funktionen als das wichtigste Ziel angesehen werden. Es wurde ebenfalls ermittelt, dass der Beurteilung der Industrietauglichkeit kein zu grosses Augenmerk geschenkt werden sollte.

Tabelle 1-4 Präferenzmatrix KANN-Ziele

Präferenzmatrix				
Kann Ziele			Visualisierung von Bewegungen in Depots	
Gewicht	Rang- folge	Anzahl Nen- nungen	Kriterien	
0	5	0	a	Auswahl serialisierte Komponenten
20	3	2	b	Konzept für Standartisierung erarbeitet
10	4	1	c	Signalton nebst Visualisierung
40	1	4	d	Umschalter Hand - Automatisch
30	2	3	e	Störungserfassung von min. 3 Störungen

Total 100 10

(Kirchhofer, 2007)

Gemäss der Präferenzmatrix der KANN-Ziele sollte der Hand-Auto Umschalter als erstes umgesetzt werden. Eine Auswahl von serialisierten Komponenten sollte hingegen erst durchgeführt werden, wenn alle anderen Ziele bereits erreicht wurden und noch Zeit übrigbleibt.

1.6 Projektinstitution

Um eine Projektinstitution zu gründen, werden Auftraggeber, Projektleiter und min. ein Projektmitarbeiter bestimmt, welche mit den damit verbundenen Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortlichkeiten einher gehen. Die Projektinstitution dient als organisatorischer Rahmen für die Planung, Umsetzung und Kontrolle des Projekts. Durch die Gründung dieser Projektinstitution wird eine klare Abgrenzung der Rollen und Verantwortlichkeiten geschaffen. Durch Einbindung der schweizerischen Fachschule TEKO und einem Fachexperten aus dem eigenen Unternehmen wird eine professionelle Projektabwicklung zwischen betrieblicher Praxis und schulischer Ausbildung ermöglicht. Die Projektinstitution bildet die Grundlage für eine erfolgreiche Durchführung und Bewertung der DA.

Projektleiter und Projektmitarbeiter:

Der Projektleiter sowie zugleich Projektmitarbeiter bin ich selbst. In dieser Rolle übernehme ich die Durchführung der Entwicklungen, anstehende Arbeiten, das Projektmanagement sowie die kontinuierliche Kommunikation mit den weiteren Projektbeteiligten bis zum Zeitpunkt, an dem die DA beendet wird.

Auftraggeber:

Die Rolle als Auftraggeberin des Projekts ist die SBB, das Unternehmen, in dem ich angestellt bin. Sie stellt die Ausgangslage und damit die Richtung der Zielsetzung für das Projekt zur Verfügung. Sie stellt mir ausserdem zeitliche Ressourcen und Arbeitsmittel sowie Budget zur Verfügung.

Fachexperte:

Innerhalb der SBB ist Andreas Baumgartner als Fachexperte benannt, der als qualifizierter Ansprechpartner zur Verfügung steht. Als Experte genehmigt er das Pflichtenheft aus betrieblicher Sicht, bringt er seine fachliche Expertise ein, begleitet den Projektverlauf und ist in die abschliessende Bewertung der Arbeit eingebunden, indem er der Schule eine Bewertung für das Pflichtenheft abgibt.

Diplomlehrer:

Anders als bei den bisherigen Schulprojekten, bildet ein betreuender Dozent der schweizerischen Fachschule TEKO einen Teil der Projektinstitution. Die Wahl fällt auf David Hosslin, da er Erfahrungen mit meinem gewählten Thema besitzt. Er übernimmt eine beratende sowie bewertende Rolle aus schulischer Sicht. Er begleitet den Prozess von der Aufgabenverteilung bis zum Abschluss der DA. Er stellt sicher, dass das Projekt den formalen und inhaltlichen Anforderungen der DA entspricht, und gibt bei Bedarf methodische oder theoretische Unterstützung.

Experte:

Als Experte wird von der TEKO Lukas Kurmann bestimmt. Er fungiert als das zweite Augenpaar seitens der Schule, um nach Rücksprache mit dem Diplomlehrer die Bewertung zu plausibilisieren.

2 Konzeption

2.1 Projektstrukturplan

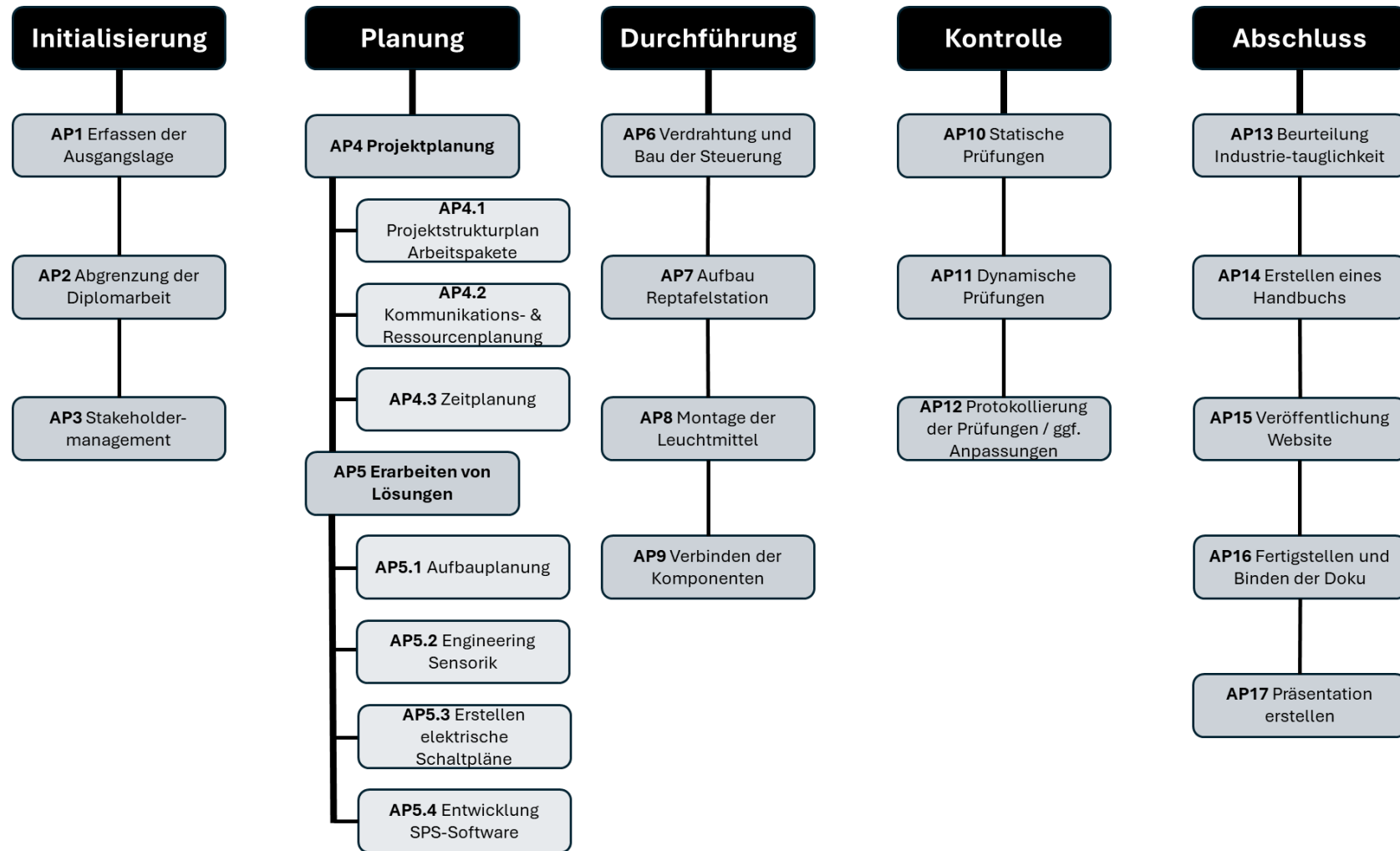
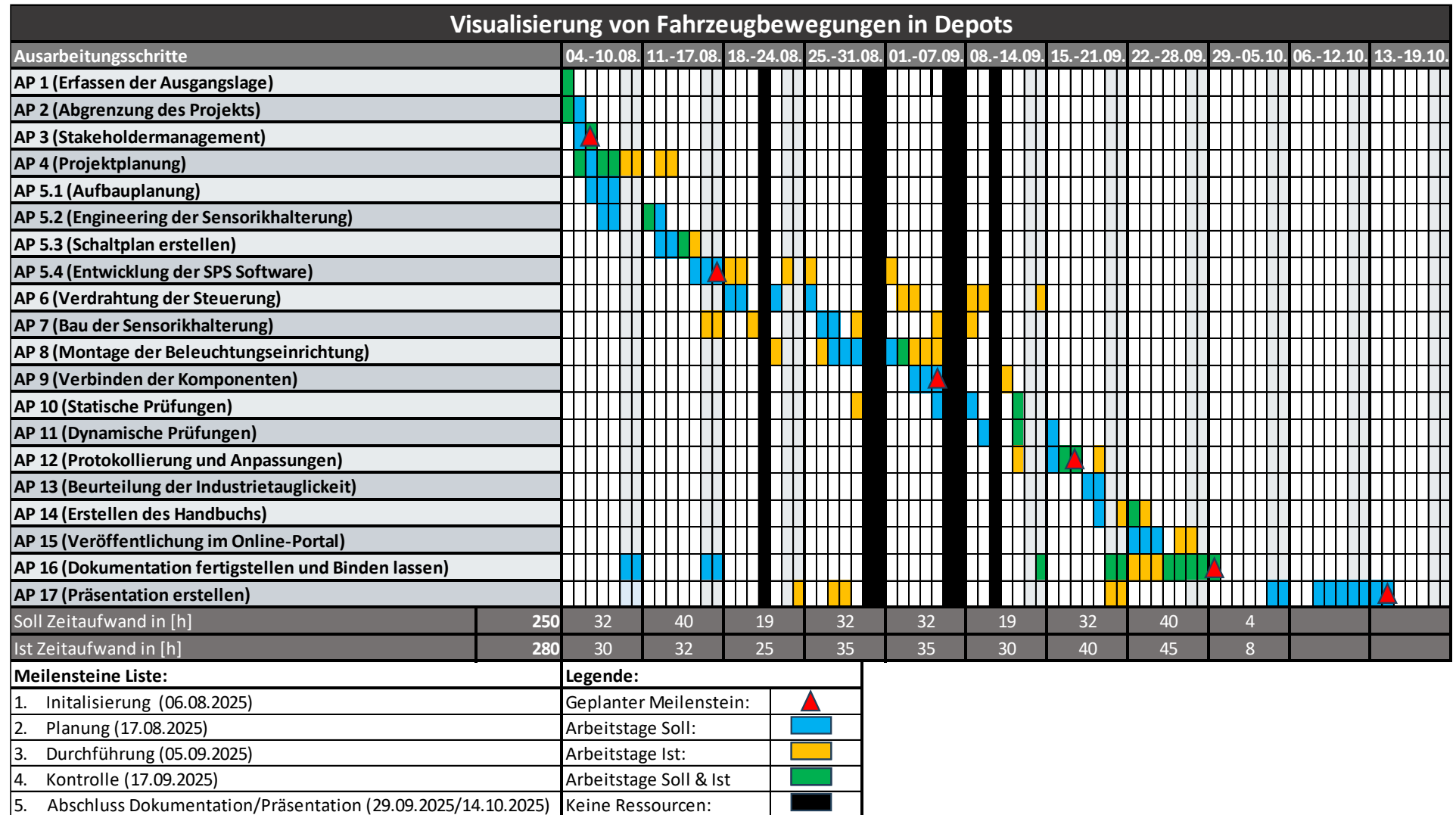


Abbildung 2-1 PSP

2.2 Projektplan

Tabelle 2-1 Projektzeitplan



2.3 Ressourcenplan

Nebst der DA sind die täglichen Pflichten des Anstellungsverhältnisses weiterhin zu gewährleisten. Demzufolge wurde eine Tabelle erstellt, an welchen Tagen und zu welchen Zeiten Private so wie Geschäftliche Pflichttermine stattfinden, an welchen ich teilhaben muss oder will.

An folgenden Terminen kann ich nicht an der DA arbeiten:

Tabelle 2-2 Ressourcenplan

Terminbezeichnung Geschäftlich:	Startdatum	Enddatum	Zeit	Wiederholung
Verpflichtete Tätigkeiten gemäss Anstellungsverhältnis	01.01.2025	31.12.2025	20% = 1h36min	Täglich
MR Planung Shopfloor	01.01.2025	31.12.2025	08:00-08:30	Mi & Fr
MR Team Shopfloor	01.01.2025	31.12.2025	09:25-09:45	Mi & Fr
ABB / SBB operative Themen Stromrichter FLIRT	01.01.2025	31.12.2025	14:00-15:00	Jeden 2. Mi
MR Robust	01.01.2025	31.12.2025	14:15-15:30	1x im Monat
Führungsbesprechung	01.01.2025	31.12.2025	10:30-11:00	Do
ÄÄ AFZ-Umbau	20.08.2025	21.08.2025	Ganztägig	Nein
ÄÄ AFZ-Umbau	10.09.2025	11.09.2025	Ganztägig	Nein
Rückbau Prototypklima R250 523066	15.09.2025	15.09.2025	Ganztägig	Nein
Privat:				
Geburtstag	24.08.2025	24.08.2025	Ganztägig	Nein
Geburtstag	30.08.2025	30.08.2025	Ganztägig	Nein
Hochzeit	06.09.2025	07.09.2025	Ganztägig	Nein

2.4 Kommunikationsplan

Der Kommunikationsplan regelt die Termine, wann mit wem kommuniziert werden muss. Die Termine sind Schlüsselmomente, von welchen der Projekterfolg abhängt. Daher ist die Einhaltung der nachfolgend abgebildeten Termine Massgebend:

Tabelle 2-3 Kommunikationsplan

Gesprächsinhalt	Beteiligte	Startdatum	Enddatum	Wiederholung
Besprechung mit Haustechnik für die Verlegung der Verbindungen	Haustechnik	02.08.2025	10.08.2025	Nein
Reservierung von Räumlichkeiten für die Präsentation	Administration SBB	01.07.2025	11.07.2025	Nein
Absprache Lösungsvorschläge mit Auftraggeber	Cyril Danis			
Entscheidung für die Umsetzung der definitiven Lösung	Cyril Danis			
Erster Termin Besuch Diplomelehrer bei Siemens Reinach	David Hosslin	03.09.2025	03.09.2025	Nein
Zweiter Termin Besuch Diplomelehrer bei den SBB Depot Wolf Basel	David Hosslin	20.09.2025	20.09.2025	Nein
Anfrage Buchbinderei		18.09.2025	23.09.2025	Nein
Vorstellung an Auftraggeber	Cyril Danis	26.09.2025	26.09.2025	Nein
Vorstellung an Fachexperten	Andreas Baumgartner	29.09.2025	29.09.2025	Nein

2.5 Projektauftrag

Der Projektantrag wurde vom Auftraggeber und vom Vorgesetzten genehmigt und unterschrieben. Damit wird bestätigt, dass die Erforderlichen Parteien das Projekt zur Kenntnis genommen haben und mir die benötigte Zeit und meine für diese Zeit veränderten Ressourcen genehmigen. Der Projektantrag ist Teil der Synthesearbeit und befindet sich dort im Anhang A auf Seite 20-22.

2.6 Lösungsvarianten

Für die verschiedenen Lösungsvarianten werden Bewertungskriterien erarbeitet, welche nach der Gewichtung helfen, die beste Lösung für das bestehende Problem zu finden. Nachdem die Nutzwertanalyse und die Kosten-Nutzen-Analyse für jede Lösungsvariante erarbeitet wurde, entscheidet letzten Endes die Arbeitgeberin, welche Varianten sie Umgesetzt haben will.

Im Fokus stehen Benutzerfreundlichkeit, Zuverlässigkeit gegenüber Störungen, Einfachheit im Aufbau und Möglichkeiten, welche die Variante bietet. Um diese Anforderungen zu gewichten, wurde eine Präferenzmatrix erstellt:

Tabelle 2-4 Präferenzmatrix Variantenauswahl

Präferenzmatrix					
Bewertungskriterien Variantenauswahl					
Gewicht	Rang- folge	Anzahl Nen- nungen	Kriterien		
16.7	2	1	a	Benutzerfreundlichkeit	b
50	1	3	b	Zuverlässigkeit gegenüber Störungen	c
16.7	2	1	c	Einfachheit im Aufbau	b
16.7	2	1	d	Anzahl der umsetzbaren Möglichkeiten	d

Total 100 6

(Kirchhofer, 2007)

Mit der Gewichtung der Kriterien kann für jede der Variante einen Nutzwert ermittelt werden. Der Nutzwert beachtet die Anforderungskriterien und bewertet auf einer Skala von 1 bis 10, wie gut die bestimmte Variante das jeweilige Kriterium erfüllt. Aus der Gewichtung und der Bewertung wird der Nutzwert multipliziert, welcher wiederum mit den Kosten multipliziert würde, um die Kosten-Nutzen-Analyse durchzuführen. Auf die Kosten-Nutzen-Analyse wird jedoch verzichtet, da jede Variante den Rahmen des Budgets einhält. Daher wird der Arbeitgeberin die Variante mit dem höchsten Nutzwert vorgeschlagen.

2.6.1 Sensorik Ein- Ausfahrt

Die Sensorik für die Erfassung der Ein- und Ausfahrten der Schienenfahrzeuge kann über mehrere Möglichkeiten umgesetzt werden. Es wird auf drei von vielen Varianten der Überwachung für die Ein- und Ausfahrten eingegangen:

Induktive Sensoren

Zwei Induktive Sensoren werden in einem gewissen Abstand zueinander entlang der Einfahrtsstrecke vor der Halle aufgebaut und erfassen auf diese Weise, ob ein Fahrzeug ein- oder ausfährt. Die Komponenten müssen ausgewählt, beschafft und dann auf entsprechend dafür konstruierte Halterungen montiert und verdrahtet werden.

Vorteile:

- ❖ Einfache Rückmeldungsart der Erfassung
- ❖ Grosse Komponentenauswahl auf dem Markt
- ❖ Beliebig erweiterbar

Nachteile:

- ❖ Sensoren müssen beschafft, aufgebaut und verkabelt werden
- ❖ Entsprechende Halterungen müssen konstruiert werden
- ❖ Erheben von Fahrzeugdaten sehr beschränkt möglich

Lichtschranke

Die Lichtschranken erfassen die Ein- und Ausfahrten auf dieselbe Weise wie die induktiven Sensoren. Die Lichtschranken bestehen bereits in der Hallentorsteuerung und nach Absprache mit der Haustechnik ist es möglich, auf die Abgriffe zuzugreifen.

Vorteile:

- ❖ Einfache Rückmeldungsart der Erfassung
- ❖ Sensoren bestehen bereits und benötigen keine baulichen Massnahmen
- ❖ Extrem robust gegen Störungen

Nachteile:

- ❖ Erweiterbarkeit nicht trivial
- ❖ Erheben von Fahrzeugdaten sehr beschränkt möglich

RFID-Tags

Die Erfassung erfolgt mittels einer bereits bestehenden Anlage am Halleneingang über RFID-Erkennung. Die Fahrzeuge sind alle mit Tags ausgerüstet, so könnte genau erfasst werden, welches Fahrzeug wie weit ins Depot eingefahren ist. Die RFID-Lesegeräte bestehen in einigen Gleisen, müssen jedoch in weiteren Gleisen nachgerüstet werden. Der Kontakt für den Zugriff auf das Lesegerät ist bekannt. (AGILLOX, 2011)

Vorteile:

- ❖ Sehr präzise Fahrzeugdaten
- ❖ Auswertungen möglich
- ❖ Teile der Anlage bestehen bereits

Nachteile:

- ❖ Hohe Nachrüstungskosten
- ❖ Komplexe Rückmeldungsart der Erfassung
- ❖ Störungsanfällig

Tabelle 2-5 Nutzwertanalyse Sensorik Ein- und Ausfahrt

Kriterium	%	Induktiv		Lichtschränke		RFID	
		Bewertung	Gesamt	Bewertung	Gesamt	Bewertung	Gesamt
Benutzer-freundlichkeit	16.7	8	1.336	10	1.67	3	0.501
Störungs-anfälligkeit	50	7	3.5	9	4.5	5	2.5
Einfachheit vom Aufbau	16.7	2	0.334	10	1.67	10	1.67
Anzahl der Möglichkeiten	16.7	6	1.002	4	0.668	10	1.67
Gesamt	100		6.172		8.508		6.341

(Zündkorn GmbH, 2023)

Durch die hohe Zuverlässigkeit des hochwertigen Lichtschrankensensors, welcher bereits besteht und nur noch abgegriffen werden muss, ist die Störungsanfälligkeit besonders Gering und der Aufbauaufwand besonders tief, daher fällt dementsprechend der Nutzen dieser Variante besonders hoch aus.

2.6.2 Sensorik Fahrzeugstillstand

Auch für die Erfassung des Stillstandes gibt es mehrere Möglichkeiten, wie die Sensorik den Fahrzeugzustand erfassen kann. Das einzige Mittel, welches fest in den Prozessen der SBB verankert ist und in der Praxis auch umgesetzt wird, ist das Anbringen und Entfernen der Rep-Tafel.

An dieser Stelle ein Wort zu dieser Tafel, da sie in dieser Arbeit oft vorkommen wird und daher ihre Bedeutung verstanden werden muss:

Die Anbringung der Rep-Tafel an ein stillstehendes Fzg stellt ein Sicherheitsrelevanter Arbeitsprozess dar. Bevor eine UH-Tätigkeit stattfindet, MUSS die Rep-Tafel seitlich an einem beliebigem Fst des Fzg montiert werden. Wenn die Arbeiten am Fzg fertiggestellt sind, wird eine Endkontrolle im und um das Fzg vorgenommen, um sicherzustellen, dass alle Schränke und Klappen richtig verschlossen sind und erst dann als letzten Schritt wird die Rep-Tafel wieder vom Fzg entnommen.

Für die Lf, welche zum Anbringen und Entfernen dieser Rep-Tafel keine Berechtigung haben, bedeutet dies:

1. Ein Fzg mit Rep-Tafel darf ich nicht bewegen, es finden noch Arbeiten statt
2. In ein Fzg ohne Rep-Tafel darf ich einsteigen und losfahren, die Endkontrolle wurde durchgeführt

Daher wird in Anbetracht der Sicherheit auf dieses Mittel gegriffen, um Fahrzeuge auf ihr Stillstand zu erfassen, da sich diese Tafel immer auf dem Fahrzeug befindet, solange am und um das Fahrzeug gearbeitet wird. Die Überwachung der Tafel kann mit diversen Mitteln überwacht werden:

Schnappschalter

Der Schnappschalter gibt 1 oder 0 zurück und benötigt daher keine separate Auswertung des Sensorzustands.

Zwei Metallstangen werden mittels einer Gewindestange getrennt, wobei die höherliegende Stange ihr Eigengewicht durch zwei Druckfedern hält. Sobald die Rep-Tafel mit der Klemmvorrichtung die beiden Stangen aneinanderdrückt, wird der in grün dargestellte Schnappschalter betätigt.

Sobald die Rep-Tafel von der Vorrichtung entfernt wird, drücken die Druckfedern die obere Stange wieder in Ausgangsposition, welche die Betätigung des Schnappschalters aufhebt.

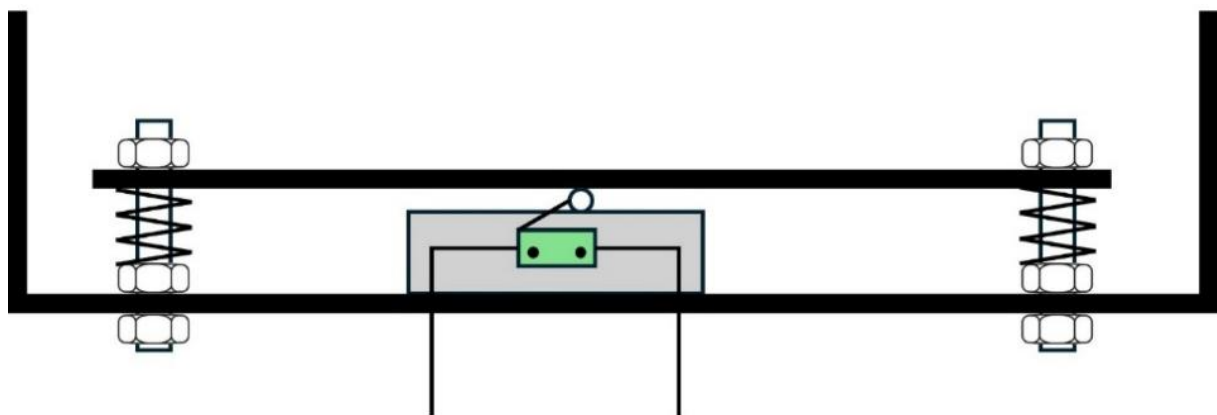


Abbildung 2-2 Schnappschalter Vorderansicht

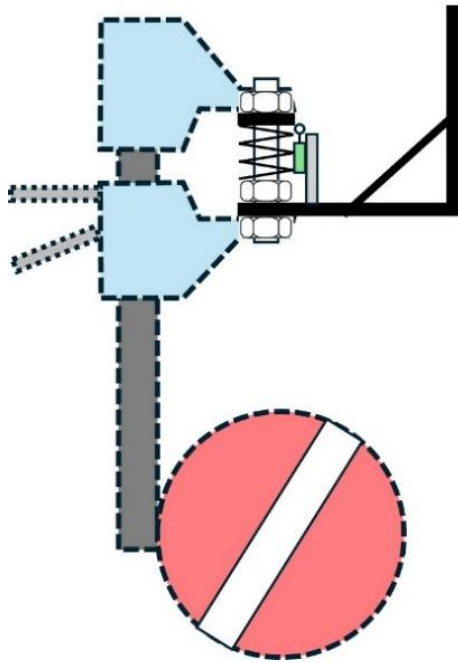


Abbildung 2-3 Schnappschalter Seitenansicht

Vorteile:

- ❖ Sensor benötigt weder Versorgungsspannung noch Auswertung
- ❖ Mehreren Millionen Schaltvorgänge möglich
- ❖ Keine Ausgaben, da Sensoren vorhanden

Nachteile:

- ❖ Betätigungsvorrichtung muss entwickelt und hergestellt werden

Kraftsensor

Der Kraftsensor gibt einen analogen Wert zurück, welcher für die Auswertung einen Mikrocontroller erfordert. Die Skala fängt bei 0g und 100kOhm an. Je mehr Druck auf den Sensor ausgeübt wird, desto kleiner wird sein Widerstand. Auf diese Weise kann ein Schwellwert bestimmt werden, wann die Steuerung die Tafel erkennt. Es wird eine Versorgungsspannung von 3.3...5V benötigt.

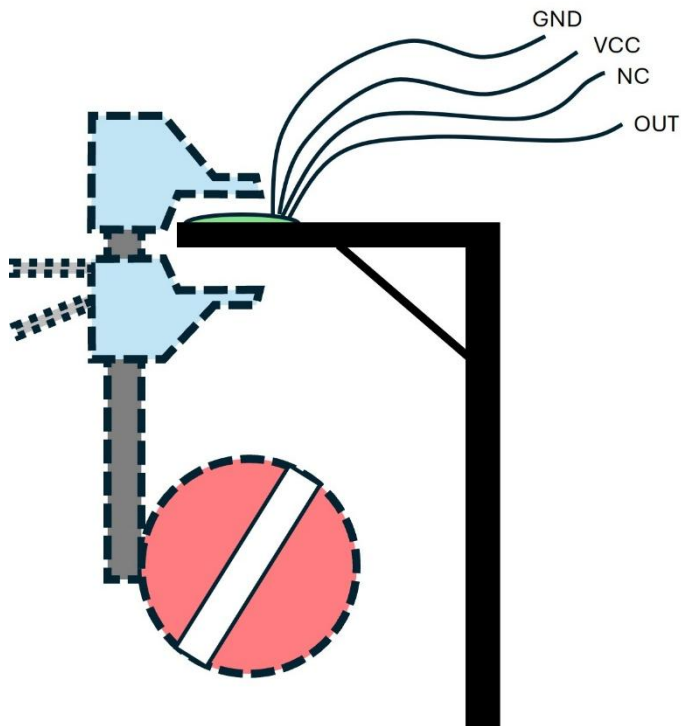


Abbildung 2-5 Kraftsensor Seitenansicht

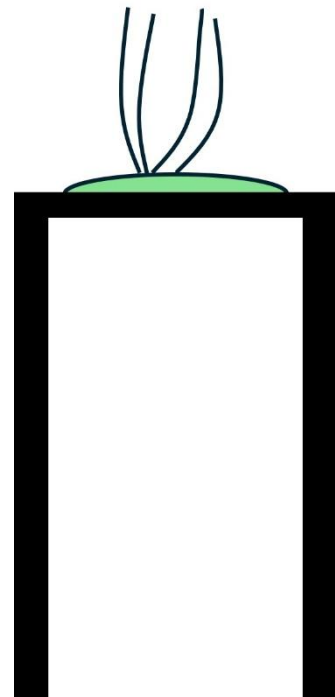


Abbildung 2-4 Kraftsensor
Vorderansicht

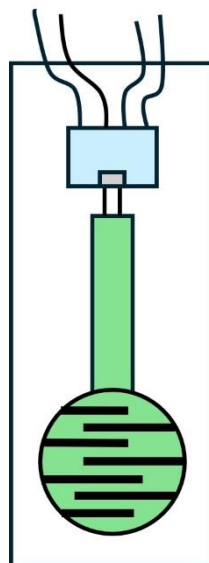


Abbildung 2-6 Kraftsensor Draufsicht

Vorteile:

- ❖ Montage sehr einfach
- ❖ Mehreren Millionen Schaltvorgänge möglich
- ❖ Tiefer Produktpreis

Nachteile:

- ❖ Sensor benötigt Versorgungsspannung und eine Auswertung seines Zustandes

Näherungsschalter

Der Näherungsschalter bietet die Möglichkeit, eine kontaktlose Erfassung der Reptafel durchzuführen. Aufgrund der kleinen Erfassungsfläche wird eine zusätzliche Metallplatte an die Tafel montiert, damit die Erfassung auch bei unpräziser Montage gewährleistet wird.

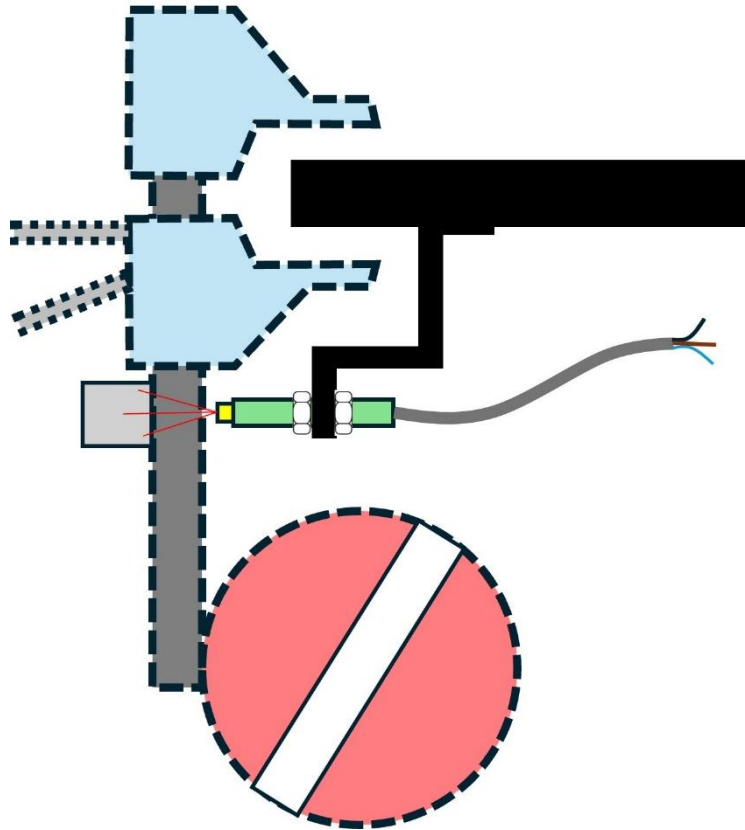


Abbildung 2-7 Näherungsschalter Seitenansicht

Vorteile:

- ❖ Erfassung erfolgt ohne Mechanische Betätigung
- ❖ Tiefer Produktpreis

Nachteile:

- ❖ Rep-Tafel muss verändert werden
- ❖ Sensor benötigt Versorgungsspannung und eine Auswertung seines Zustandes

Tabelle 2-6 Nutzwertanalyse Sensorik Stillstands Erfassung

Kriterium	%	Schnappschalter		Kraftsensor		Näherungsschalter	
		Bewertung	Gesamt	Bewertung	Gesamt	Bewertung	Gesamt
Benutzer- freundlichkeit	16.7	10	1.67	7	1.169	6	1.002
Störungs- anfälligkeit	50	9	4.5	8	4	7	3.5
Einfachheit vom Aufbau	16.7	6	1.002	9	1.503	8	1.336
Anzahl der Möglichkeiten	16.7	7	1.169	5	0.835	8	1.336
Gesamt	100		8.341		7.507		7.174

(Zündkorn GmbH, 2023)

Durch den Schnappschalter kann ein System entwickelt werden, welches selbst bei ungenauer Montage der Rep-Tafel zuverlässig funktioniert. Dies deckt Benutzerfreundlichkeit und Störungsanfälligkeit gut ab und ist somit gemäss der Nutzwertanalyse die Favoritenvariante. Um das System aufbauen zu können, muss eine entsprechende Halterung gebaut werden.

2.6.3 Steuerung

Siemens S7 300:

Von der Haustechnik wurden die Siemens S7 300 SPS vorgeschlagen, welche in grosser Anzahl zur Verfügung steht, da nützliche Komponenten von alten Schaltschränken vor der Entsorgung gerettet und eingelagert wurden. Die alte Technik erfordert besondere Adapter sowie schwer erhältliche Bauteile, welche bei der Anschaffung zum Problem führen können. Durch die Anzahl der verfügbaren SPS'en kann bei einem Versagen einer SPS ohne weiteres ein Hardwarewechsel auf eine weitere SPS vorgenommen werden. Ausserdem wird für die Siemens S7 300 eine TIA-Portal Lizenz benötigt, welche zwar von der TEKO zur Verfügung gestellt wird, jedoch in der zweiten Oktoberwoche abläuft.

Vorteile:

- ❖ Bereits im Besitz -> keine Ausgaben
- ❖ Schullizenz für TIA-Portal vorhanden

Nachteile:

- ❖ Adapterstücke müssen beschafft werden
- ❖ Technik auf einem alten Stand

Arduino OPTA:

Bei Recherchen als alternativen zu speicherprogrammierbaren Steuerungen von Siemens wurde ich auf ein neuer innovativer Open Source Konkurrent, welcher in der SPS-Branche Fuss gefasst hat, aufmerksam. Es handelt sich um die Firma Finder, welche in Kollaboration mit Arduino PRO, eine PLR-Serie namens OPTA im Jahr 2023 herausgegeben hat und seither ständig weiterentwickelt. Es werden industrietaugliche programmierbare Logik Relais mit einer grossen Anzahl an Erweiterungsmodulen zu kleinen Preisen angeboten. Nebst Lizenzierten Sprachen wie Ladder oder FBD werden auch Open Source Sprachen, wie IDE zugelassen (finder Relaying Innovation, 2023).

Die PLR verfügt über 8 Inputs und 4 Outputs, diese können mittels Erweiterungsmodulen beliebig vergrössert werden.

Vorteile:

- ❖ Innovative Alternative
- ❖ Lizenz kommt mit dem Produkt
- ❖ Kleine physische Bauweise

Nachteile:

- ❖ Muss erst beschafft werden
- ❖ Keine Erfahrung mit der Entwicklerumgebung

Tabelle 2-7 Nutzwertanalyse Steuerung

Kriterium	%	S7 300		OPTA	
		Bewertung	Gesamt	Bewertung	Gesamt
Benutzerfreundlichkeit	16.7	3	0.501	8	1.336
Störungsanfälligkeit	50	8	4	7	3.5
Einfachheit vom Aufbau	16.7	6	1.002	9	1.503
Anzahl der Möglichkeiten	16.7	10	1.67	9	1.503
Gesamt	100		7.173		7.842

(Zündkorn GmbH, 2023)

Die OPTA-Serie punktet in der Nutzwertanalyse, da sie die S7 300 vor allem durch die leicht verfügbaren und zeitgemässen Produkte in der Benutzerfreundlichkeit und im Aufbauaufwand schlägt.

2.6.4 Warnbeleuchtung

Nach Anfrage für eine Offerte an Telma AG wurde klar, dass ihre Produkte nicht dem Budget der DA entsprechen. Daher wurden 20 Blinkleuchten beschafft, welche mit 24VDC betrieben werden und bei Bedarf nach Belieben mit anderen Leuchten ausgewechselt werden können. Die einzige Entscheidung, welche bezüglich der Beleuchtung für den Probeaufbau durch die Auftraggeberin gefällt wird, ist, ob die Normale Beleuchtung ebenfalls mitangesteuert werden soll oder nicht. Um das Projekt so einheitlich wie möglich zu halten, und nicht alle Gleise mit denselben Beleuchtungsmittel angesteuert werden, rate ich von der Idee des zusammenschliessen von Grundbeleuchtung und Warnbeleuchtung zu visualisierungszwecken ab.

Es können jedoch verschiedene Varianten der Ansteuerung der Visualisierung erfolgen:

Einheitlich:

Die simpelste Umsetzung der Ansteuerung der Warnbeleuchtung stellt die gleichzeitige Beleuchtung aller Leuchtmittel dar. Dies ist die Variante, welche die wenigsten Komponenten benötigt. Bei einem Defekt wie z.B. Leitungsunterbruch an einer einzigen Stelle gänzlich ausfallen. Mit dieser Variante können keine Visualisierungseffekte erzeugt werden.

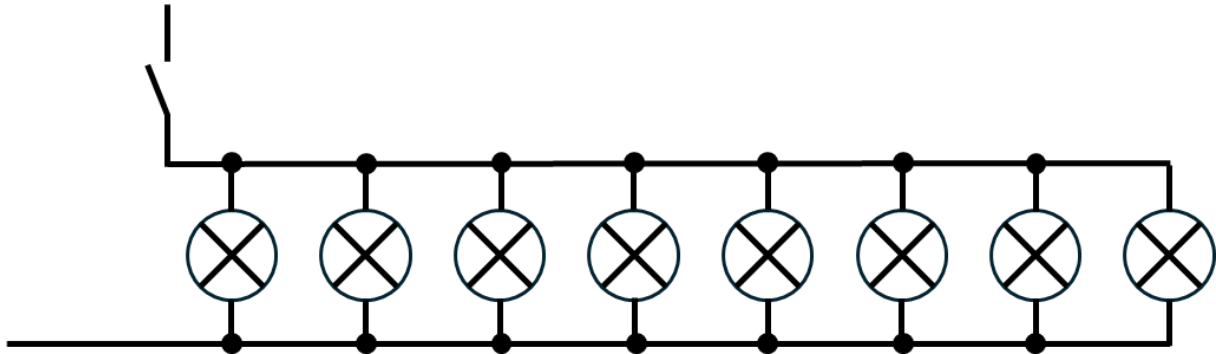


Abbildung 2-8 einheitlich Zustand AUS

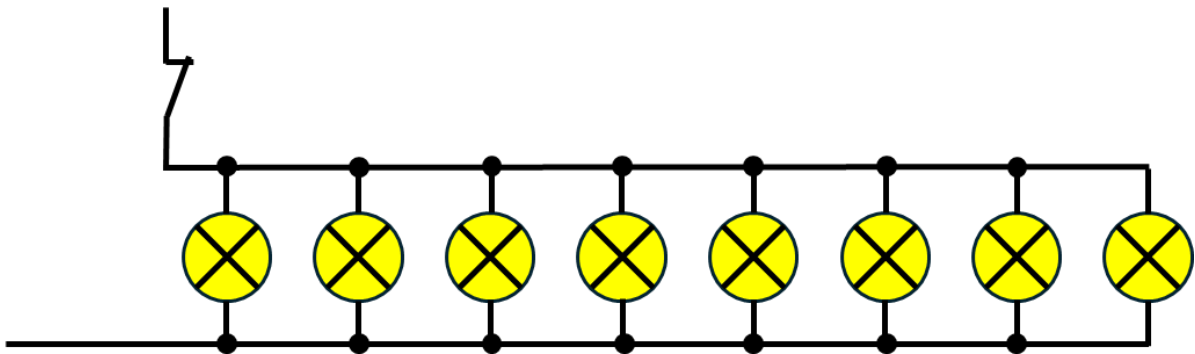


Abbildung 2-9 einheitlich Zustand EIN

Vorteile:

- ❖ Einfache Entwicklung
- ❖ Geringer Materialverbrauch

Nachteile:

- ❖ Ausfall der gesamten Beleuchtung bei Störung
- ❖ Ausschöpfung der Ressourcen fällt aus
- ❖ Unveränderbare Visualisierung

Gruppen:

Die Leuchtmittel werden in mehrere Gruppen a je 5 Warnleuchten eingeteilt, wobei jede einzelne Gruppe über ein separates Relais angesteuert wird. Diese Variante erzeugt etwas mehr Verdrahtungsmaterialverbrauch als die Einheitliche Warnbeleuchtung, jedoch nicht so viel wie bei der Lauflichtervariante. Bei einem Defekt wie z.B. Leitungsunterbruch fällt nur eine Beleuchtungsgruppe weg. Mit den Beleuchtungsgruppen können beschränkte Visualisierungseffekte erzeugt werden. Die Formel für die Anzahl der Möglichkeiten lautet $Anzahl = n^2$ wobei n für die Anzahl an Gruppen steht.

Vorteile:

- ❖ Mittelweg zwischen Komplexität und Aufwand
- ❖ Veränderbare Visualisierung
- ❖ Einfache Entwicklung
- ❖ Tiefe Produktkosten

Nachteile:

- ❖ Bei einer Störung fällt eine Gruppe weg

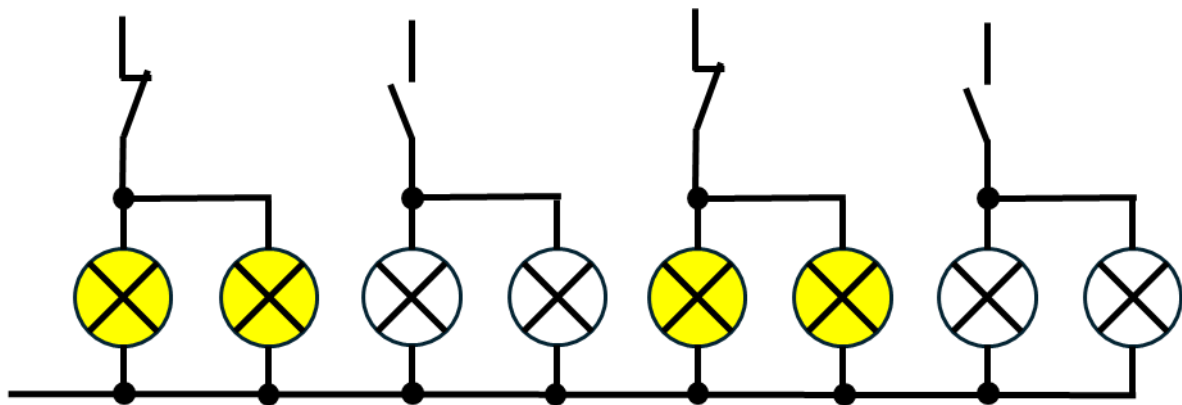


Abbildung 2-10 Gruppenbeleuchtung eine Möglichkeit

Einzelansteuerung:

Jedes Leuchtmittel wird separat angesteuert. Es wird für jede Leuchte ein Controller entwickelt, welcher einzelne Warnbeleuchtung Zeitabhängig ansteuert. Mit dieser Variante sind sämtliche Visualisierungsmuster, welche in einem Gleis umsetzbar sind, möglich. Die Formel für die Anzahl der Möglichkeiten lautet auch hier $Anzahl = n^2$ wobei n für die Anzahl an Leuchten steht. Falls ein Defekt durch z.B. Leitungsbruch eintritt, fällt lediglich das betroffene Leuchtmittel aus.

Vorteile:

- ❖ Höchste Visualisierungsmöglichkeiten
- ❖ Funktioniert bei Defekten weiter

Nachteile:

- ❖ Komplexe Entwicklung
- ❖ Benötigt zusätzliche Komponenten
- ❖ Viel Verdrahtungsarbeiten
- ❖ Hoher Produktpreis

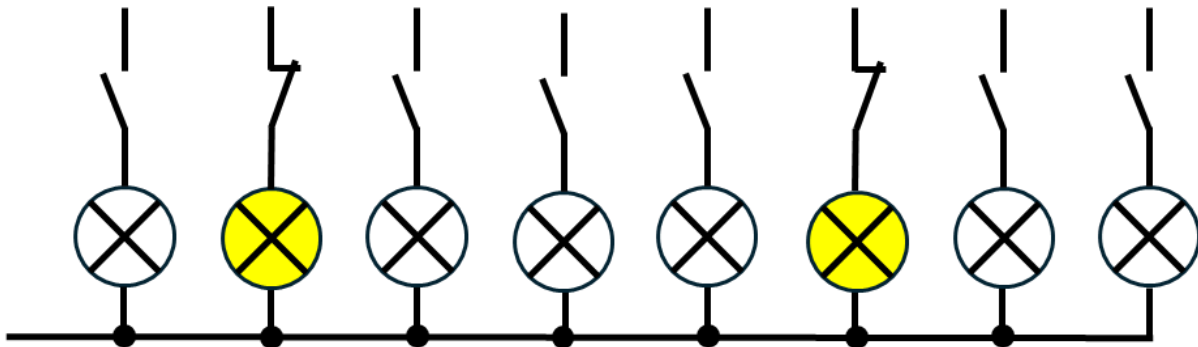


Abbildung 2-11 Einzelansteuerung eine Möglichkeit

Tabelle 2-8 Nutzwertanalyse Beleuchtung

Kriterium	%	Einheitlich		Gruppen		Einzelansteuerung	
		Bewertung	Gesamt	Bewertung	Gesamt	Bewertung	Gesamt
Benutzerfreundlichkeit	16.7	10	1.67	10	1.67	10	1.67
Störungsanfälligkeit	50	4	2	7	3.5	9	4.5
Einfachheit vom Aufbau	16.7	9	1.503	8	1.336	2	0.334
Anzahl der Möglichkeiten	16.7	1	0.167	5	0.835	10	1.67
Gesamt	100		5.34		7.341		8.174

(Zündkorn GmbH, 2023)

Trotz der aufwändigsten Entwicklung und der kostspieligsten Lösung gegenüber den anderen Varianten, wird die Einzelansteuerung in der Nutzwertanalyse als beste Lösung beschrieben. Die besonders sichere Zuverlässigkeit gegenüber Störungen, macht diese Variante unschlagbar.

2.7 Auswahl der Lösung

Die Lösungsvorschläge wurden mit ihren Nutzwerten dem Auftraggeber Cyril Danis vorgestellt. Daraufhin wurden folgende Lösungen ausgewählt:

Sensorik Ein- Ausfahrt:

Für die Sensorik der Ein- und Ausfahrt sollen die Lichtschranken verwendet werden, da sie bereits in allen zum Umbau prädestinierten Gleisen bestehen. Somit wird kein Umbau erforderlich und bestehende Systeme werden in das Projekt mit integriert.

Sensorik Fahrzeugstillstand:

Als Erfassung des Fahrzeugstillstands wurde die Variante mit dem Näherungsschalter als ungeeignet erklärt, da durch die Anpassungen der genormten Rep-Tafeln ebenfalls die Norm aktualisiert werden müsste, was viele langwierige Änderungsprozesse mit sich zieht. Daher äussert sich diese Variante als ungeeignet für dieses Projekt. Von der Auftraggeberin wurde die Idee vorgeschlagen, die Station für die Tafeln so zu entwickeln, dass die anderen Lösungsvorschläge beinhaltet werden. So kann die beste Lösung mittels physischer Beanspruchung und in direktem Vergleich zueinander zwischen der Variante mit dem Schnappschalter und der Variante mit dem Drucksensor, bestimmt werden.

Steuerung:

Als Steuerung kommt die Arduino OPTA zum Einsatz, da sie für gewerbliche Einsätze allgemein als kritisch angesehen wird. Innerhalb des Projekts soll sie mittels der Versuche auf ihre Fähigkeiten und auf Industrietauglichkeit überprüft werden.

Warnbeleuchtung:

Die Warnbeleuchtung wird in Gruppen umgesetzt, da diese Variante die kostengünstigste Lösung darstellt, welche dennoch in einem genügenden Rahmen Fehleranfälligkeiten trotzen kann.

Mit den Entscheidungen des Auftraggebers kann nun mit der Ausarbeitung des eigentlichen Konzepts begonnen werden.

2.8 Detaillierte Lösungsbeschreibung

Die Ausgearbeitete Lösung stellt gleichzeitig auch das Pflichtenheft dar, da die Konzeption dieser Arbeit bis ins Detail geplant wird.

2.8.1 Croquis

1cm ≈ 4m

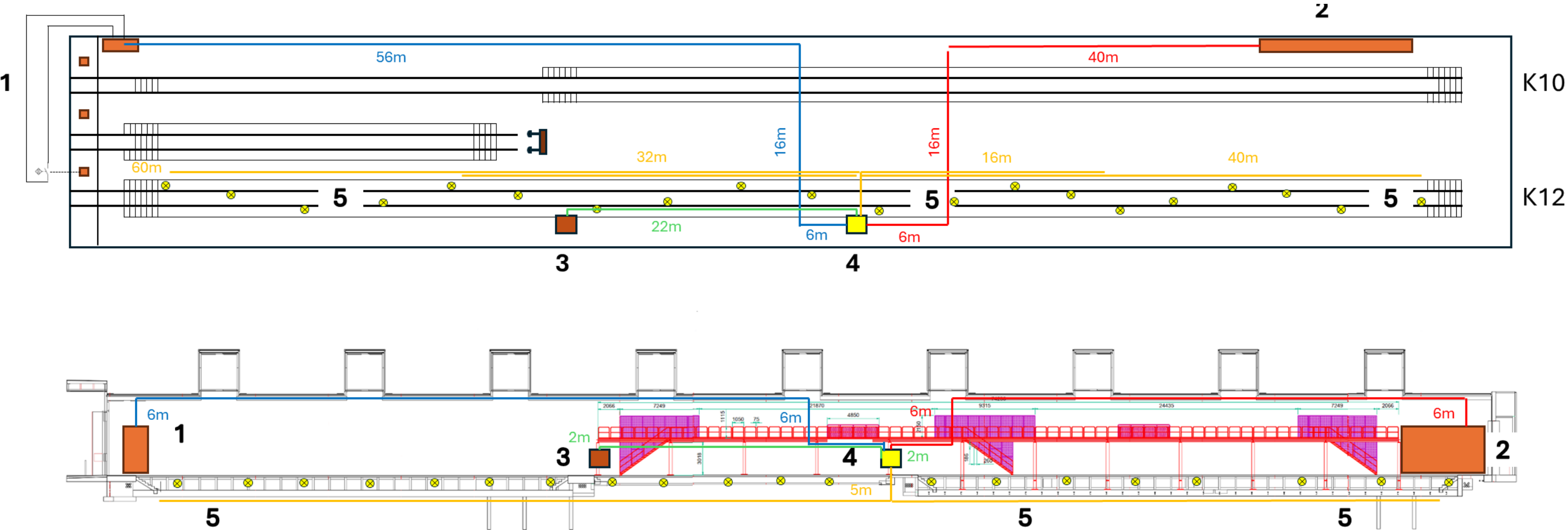


Abbildung 2-12 Positionierung der Elemente

1	Abgriffe bestehende Tor-Sensorik	2	Abgriff Speisung 230V/400V	3	Vorrichtung Tafel-Überwachung	4	Anlagensteuerung	5	Visuelle Rückmeldung	Farblegende Kabelmenge
				Ausführliche Beschreibung unter Kapitel 2.8.2		Ausführliche Beschreibung unter Kapitel 2.8.3		Ausführliche Beschreibung unter Kapitel 2.8.4		Rot: Speisung 230VAC 3L 2.5mm2 74m Grün: Verb. Steuerung 3L 1mm2 26m Blau: Verbindung Tor 2L 1-1.5mm2 84m Orange: Verb. Leuchten 2L 2.5mm2 153m
Abbildung 2-13 Abgriffe Lichtschranken		Abbildung 2-14 Speisung der Steuerung								

2.8.2 Vorrichtung Tafelüberwachung

Für die Halterung der Tafel wird eine Konstruktion gebaut, welche erstens das Gewicht von mehreren Tafeln halten kann und zweitens die Möglichkeit bietet, diverse Sensoren daran zu befestigen.

Dafür wurde die Breite eines Dachträgers gemessen und ein entsprechendes Gestell entworfen, welches auf Schwerkraftlast ausgelegt ist. Diese Konstruktion wird nach seiner Zusammenstellung am Dachträger montiert:

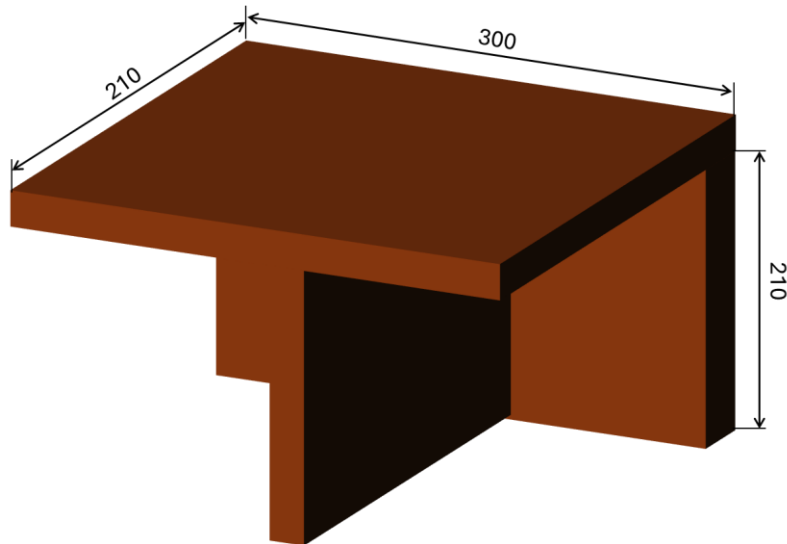


Abbildung 2-15 Tafelhalterung Konstruktion

Nachdem die Oberfläche für die Konstruktion gebaut wurde, wird das Schnappschaltersystem auf die linke Seite, und das Druckschaltersystem auf die rechte Seite der Konstruktion montiert. Die Systeme funktionieren wie in Kapitel 2.6.2 beschrieben. In den folgenden Darstellungen sind die benötigten Komponenten sowie deren Anordnung beschrieben.

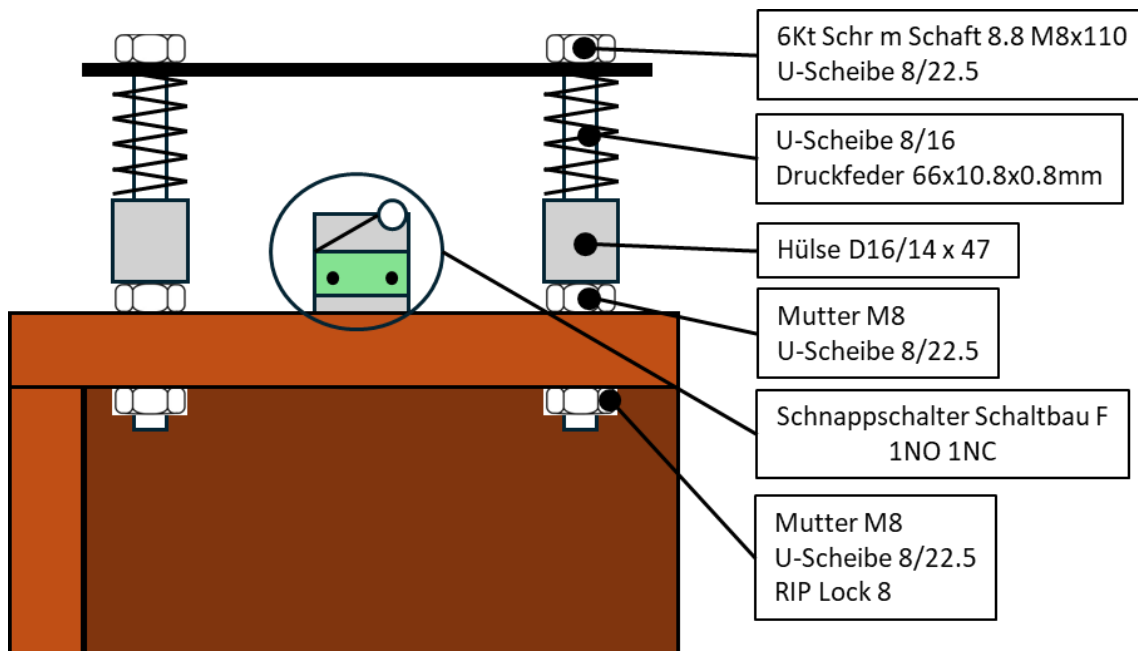


Abbildung 2-16 Tafelhalterung Seitenansicht Links

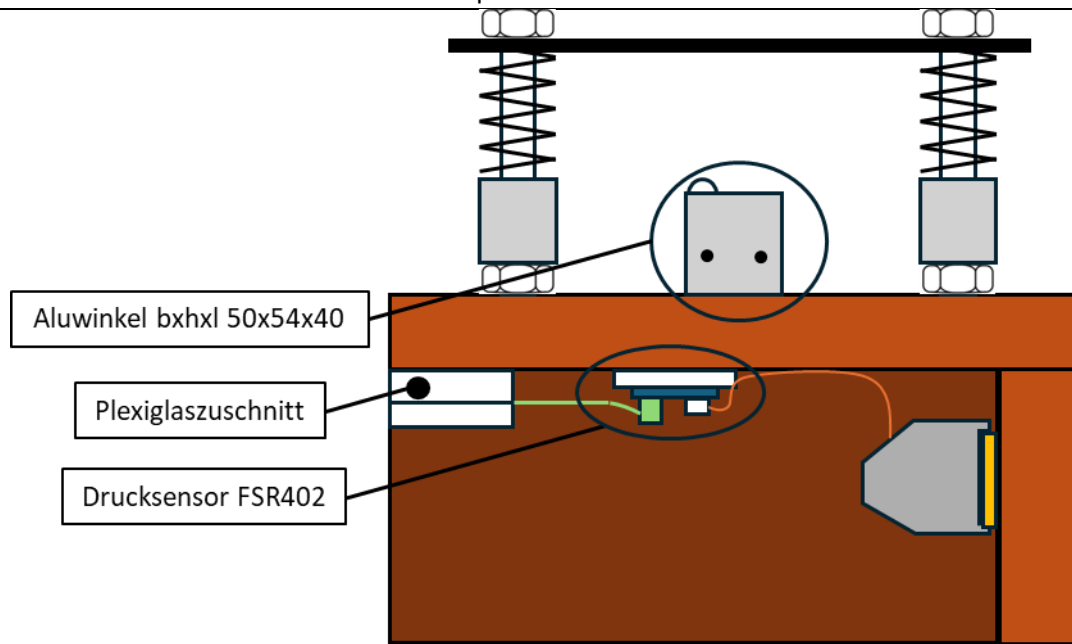


Abbildung 2-17 Tafelhalterung Seitenansicht Rechts

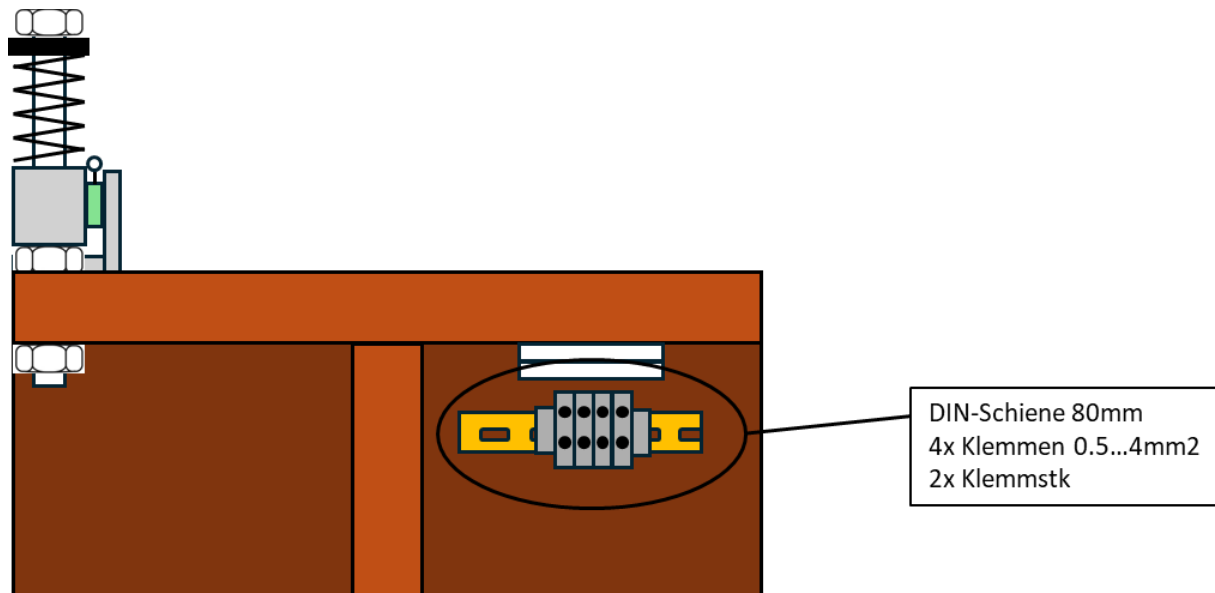


Abbildung 2-18 Tafelhalterung Vorderansicht

2.8.3 Anlagensteuerung

Speisung, Sensoren und Abgänge, welche die Warnbeleuchtung speisen, werden in einem Schaltschrank zusammengeführt. Um alle benötigten Komponenten zu ermitteln, wurde ein Schaltplan entworfen, welcher alle physischen Verbindungen und die benötigten Komponenten für die erforderlichen Funktionen genau beschreibt. Der Schaltplan befindet sich im Anhang C1 Für die Erarbeitung des Schaltplans werden der SPS die benötigten Verbindungen zugewiesen:

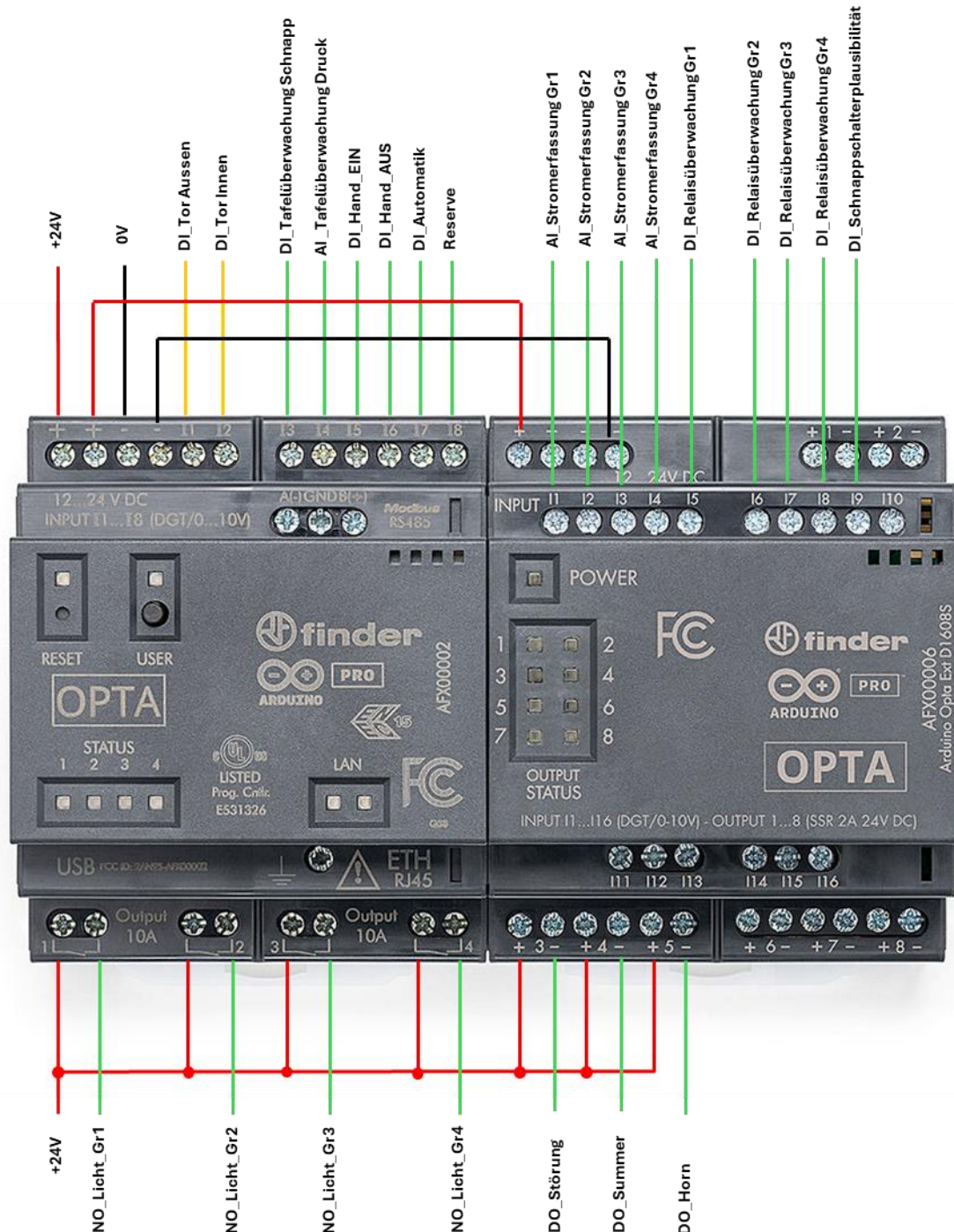


Abbildung 2-19 SPS-Verbindungsanweisung

Mittels der Ermittlung der benötigten Komponenten, welche in der Apparatliste im Anhang C2 aufgelistet werden, wird ein Dispositiv erstellt, um so die benötigte Grösse des Schaltschranks zu bestimmen:

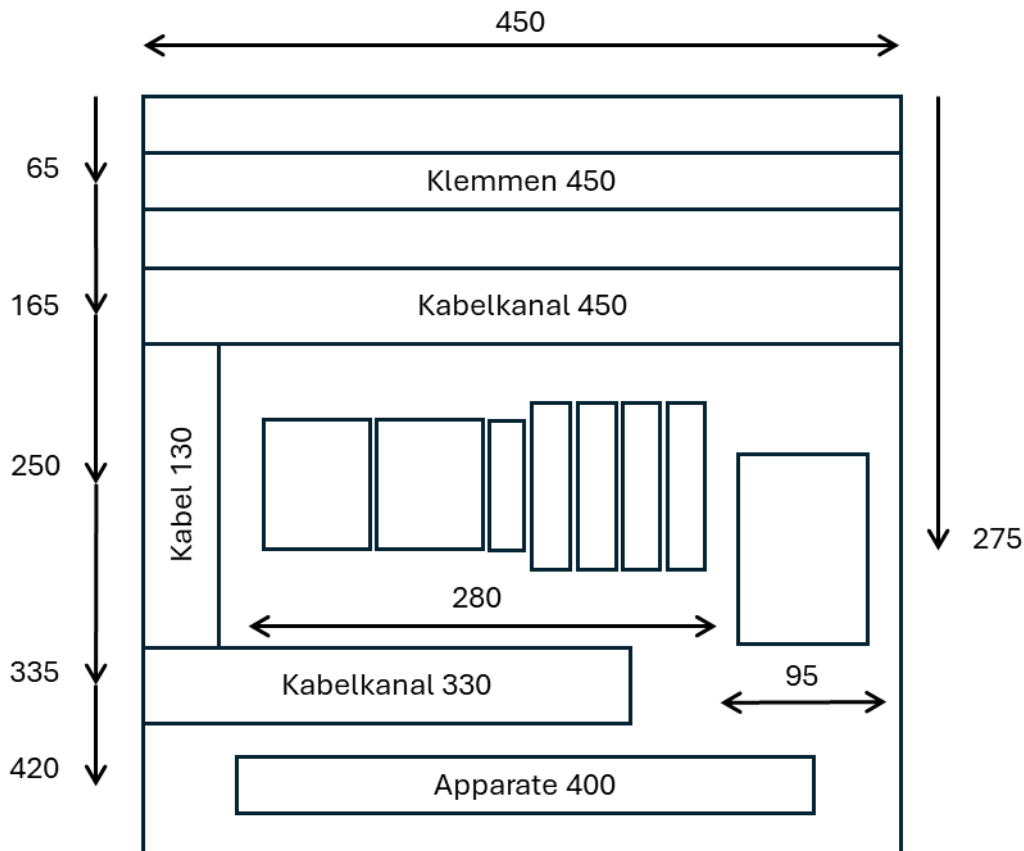


Abbildung 2-20 Dispositiv Schaltschrank

Nebst den Funktionen, welche in der Zielsetzung unter Kapitel 1.5 beschrieben wurden, soll die Steuerung auch diverse Störungen erfassen können. Dafür werden die Relais der Warnbeleuchtungsgruppen, der Stromverbrauch der Warnbeleuchtung sowie die Speisung der Anlage überwacht.

Mittels Überwachung von diesen elementaren Komponenten wird sichergestellt, dass bei einem Defekt eine Störungsausgabe erfolgt. Die Störungsausgabe wird visuell über ein Warnleuchtmittel und einem Signalton direkt an der Steuerung ausgegeben. Das Warnlicht besteht aus einem Taster mit Beleuchtung, um so gleichzeitig als Quittierung der Störung zu fungieren. Folgende Komponenten werden überwacht:

Stromerfassung Beleuchtung Gruppe 1-4

Jede Gruppe enthält einen Stromsensor, welcher erkennt, dass während der Aktivierung der Warnbeleuchtung mehr Strom verbraucht wird als im deaktivierten Zustand der Warnbeleuchtung. Um die Sensoren zu montieren, wird eine Platte aus PVC gefertigt, welche folgende Eigenschaften aufweist:

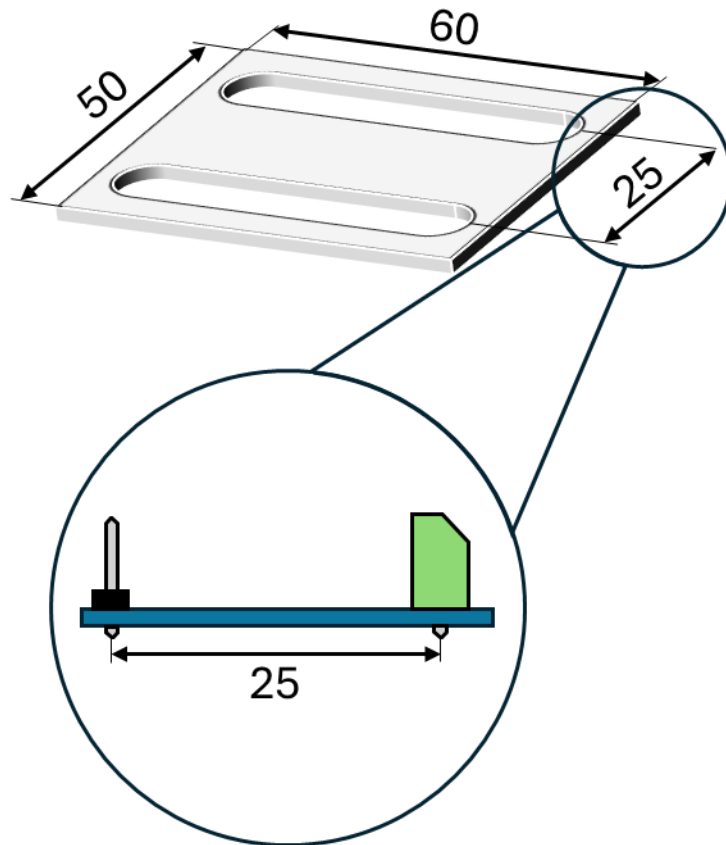


Abbildung 2-21 Vorrichtung für Stromsensoren

Relais Beleuchtung Gruppe 1-4

Um die Relais der Gruppen zu überwachen, wird jedes Relais am gegenkontakt, in diesem Fall über den Öffner von der Steuerung eingelesen und ausgewertet. Sollte die Steuerung einen Beleuchtungsausgang von OPTA O1-O4 ansteuern, und immer noch eine Rückmeldung am Eingang EXT I5-I8 erhalten, wird eine Störungsmeldung ausgegeben.

Schnappschalter NO Überprüfung

Die Überwachung des Schnappschalters erfolgt gleichermassen wie die Überwachung der Relais: in diesem Fall wird überprüft, ob sich der NC des Schnappschalters immer negiert zum NO des Schnappschalters verhält. Sollte dies nicht der Fall sein, wird dies über OPTA I3 und EXT I9 erkannt.

2.8.4 Warnbeleuchtung

Die Warnbeleuchtung wird mittels einer Magnetvorrichtung montiert, da die Leuchtmittel zu einem späteren Zeitpunkt noch geändert werden könnten und somit nur temporär montiert werden bis definitive Leuchtmittel ausgeschrieben und für die ganze Pendelzugremise beschafft werden. Mittels einer Montage mit Magneten werden so keine bleibenden Schäden an der Gleisinfrastruktur vorgenommen.

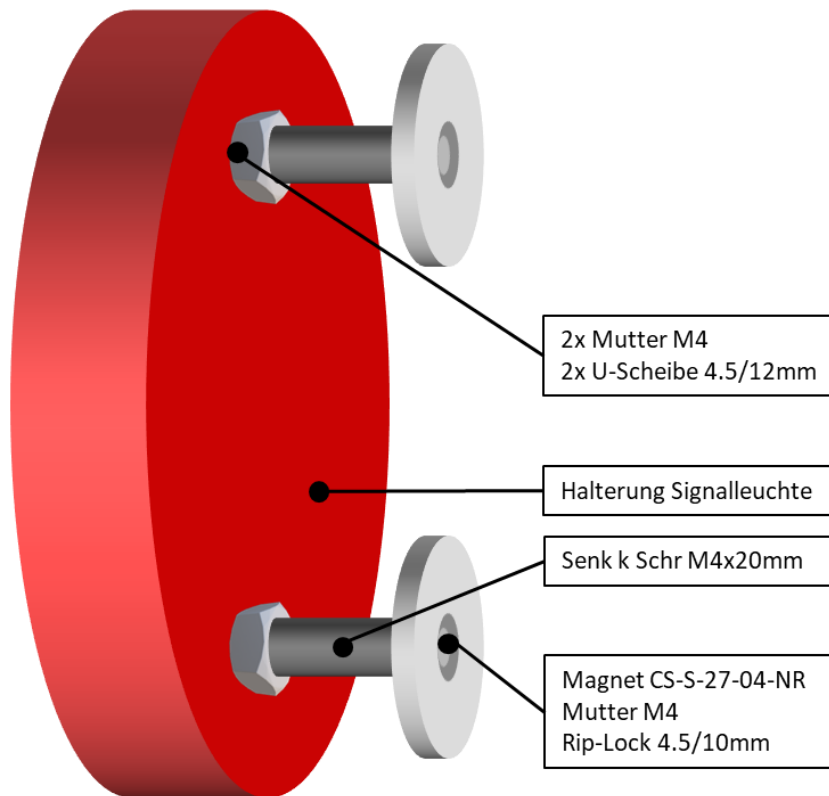


Abbildung 2-22 Halterung Warnbeleuchtung

Um die Anordnung der Leuchtmittel optimal umzusetzen, wird abwechselungsweise immer eine Leuchte gegen das innere des Gleises und die nächste vom Gleis weg an den Gleisträgern montiert. Der Aufbau findet mit 20 Leuchten statt. Pro Gleis sind im K12 auf der gesamten Länge 76 Träger verbaut. Bei 20 Leuchten wird somit alle 4 Träger eine Leuchte montiert.

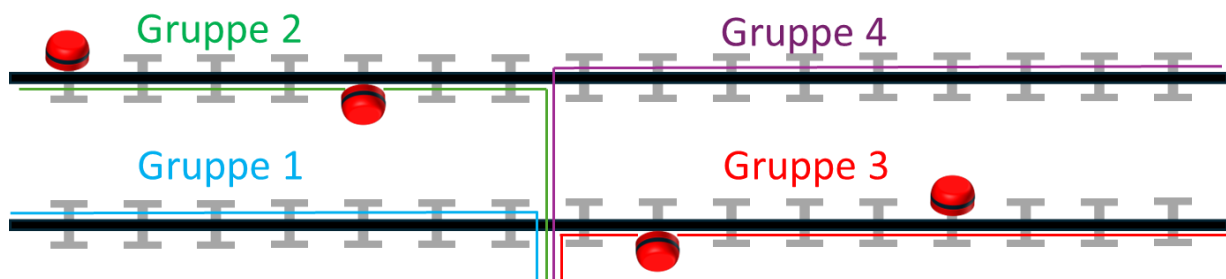


Abbildung 2-23 Warnleuchten-Anordnung

2.9 Risikoanalyse

Um für die DA gewappnet zu sein, wurden die Projektziele in der Synthesearbeit bereits einer Machbarkeitsprüfung unterzogen wie im Anhang A auf Seite 14-17 ersichtlich. Zusätzlich werden im folgenden Abschnitt Risiken in einer Liste aufgeführt, welche den Projekterfolg beeinflussen können. Nach der Erfassung werden sie in eine Risikomatrix eingefügt, welche Auskunft über besondere heikle Zustände gibt.

Mithilfe der Matrix wird veranschaulicht, bei welche Risiken besondere Vorsicht geboten werden muss und wie dringend Massnahmen zum Entgegenwirken des betroffenen Risikos getroffen werden sollten. Der Status verschafft einen Überblick, wie gut die Gegenmassnahmen, um die Risiken zu minimieren, tatsächlich umgesetzt bzw. angewandt werden.

Nachdem die Liste mit den Risiken erstellt wurde, erfolgt eine Bewertung mithilfe einer Risikomatrix, welche visualisiert, für welche Risiken effektiv Massnahmen ergriffen werden müssen. Auf Risiken welche als nicht Risikoreich eingestuft werden, folgt dementsprechend auch keine weitere Erläuterung zu Gegenmassnahmen. Auf Risiken welche hingegen als Risikoreich eingestuft werden, wird tiefer auf die Vorbeugung eingegangen.

Tabelle 2-9 Risikoanalyse Risikoliste

Risiko	Verantwortlich	Auswirkungen			Schadens- ausmass	Eintritt in %	Gegenmassnahmen	Status
		Termine	Kosten	Qualität				
Unvollständige Risiko-identifikation	Projektleiter Jonas Burn	Hoch: Verdeckte Risiken führen zu Zeitüberschreitungen	Mittel bis Hoch	Kein Einfluss auf die Qualität	Hoch	20-30	Nutzung von Checklisten und Lessons Learned aus vorherigen Projekten	
Verspätete Lieferungen	Logistik der Lieferanten	Hoch: Direkte Verzögerung auf den Projektfortschritt	Indirekte Kosten durch Anpassung des Zeitmanagements	Reduktion ergibt Einbussen in der Qualität	Mittel	10-15	Mehrere Bezugsquellen anfragen Zeitpuffer integrieren	
Fehleinschätzungen	Projektleiter Jonas Burn	Mittel: führt zu Terminverschiebungen	Gering bis Hoch: mehr Zeit/Ressourcen erforderlich	Reduktion ergibt Einbussen in der Qualität	Mittel bis Hoch	30-40	Zeitpuffer integrieren Agile Vorgehensweise Machbarkeitsprüfung	
Ressourcenüberlastung	Projektleiter Jonas Burn	Hoch: Ressourcenengpass da Einzelarbeit	Gering: führt zu Überstunden	Mittel bis Hoch: Fehler durch Überlastung	Hoch	5	Kapazitätsplanung Priorisierung der Aufgaben mit Stakeholder	
Arbeitsunfähigkeit durch Krankheit oder Unfall	Höhere Macht	Hoch: physische Arbeiten nicht möglich	Gering: führt zu Überstunden	Reduktion ergibt Einbussen in der Qualität	Mittel	<1	Förderung von Gesundheit Risikoarmer Lebensstil	
Machbarkeit des Projekts kann nicht aufgezeigt werden	Projektleiter Jonas Burn	Hoch: Ziele können nicht rechtzeitig erfüllt werden	Hoch: Projekt entlarvt sich als gescheitert	Keine Einbussen auf die Qualität	Kritisch	1	Machbarkeitsprüfung durchführen, Know-How einholen	
Projekt entspricht nicht der Auftraggebervorstellung	Auftraggeber SBB	Gering: kann im Nachhinein optimiert werden	Hoch: Führt zu Tätigkeitswiederholungen	Mittel: sinkende Motivation ergibt einbussen in der Qualität	Sehr Hoch	2-5	Wöchentliche Terminblocker mit Stakeholder um den aktuellen Stand abzugleichen	

(Pjekt-Kosmos, 2024)

Tabelle 2-10 Risikoanalyse Risikomatrix

		Eintrittswahrscheinlichkeit				
Schadensausmass		1% - 2%	2% - 10%	10% - 33%	33% - 50%	50% - 100%
	Niedrig					
	Mittel	Arbeits- unfähigkeit		Verspätete Lieferungen		
	Hoch		Ressourcen- überlastung	Unvollständige Risiko- identifikation	Fehlein- schätzungen	
	Sehr Hoch		Entspricht nicht der Auftraggeber- vorstellung			
	Kritisch	Machbarkeit kann nicht aufgezeigt werden				

(Projekt-Kosmos, 2024)

Durch die Analyse in der Risikomatrix wird klar, dass primär für die Unvollständige Risikoidentifikation sowie das Risiko von Fehleinschätzungen ein Plan aufgestellt werden sollte, da sie effektiv eintreten können und dabei dem Projekt schaden könnten.

Unvollständige Risikoidentifikation:

Es wird in regelmässigen Abständen eine Risikoanalyse durchgeführt, um sicherzustellen, dass neue oder vorher nicht bedachte potenziellen Risiken identifiziert werden. Durch Nutzung der Risikoliste werden die neu erfassten Risiken bewertet. Bei der Aufnahme werden Lessons Learned aus vorherigen Projekten als Anhaltspunkte verwendet.

Machbarkeit kann nicht aufgezeigt werden:

Mittels der bereits durchgeführter Machbarkeitsprüfung der Ziele und eines zusätzlichen sehr detaillierten Konzepts wird dieses Risiko so weit wie möglich minimiert.

Ergebnisse entsprechen nicht dem Auftraggeber:

Aufgrund des Risikos wird wöchentlich eine Sitzung mit dem Auftraggeber abgehalten. So kann frühzeitig eingegriffen werden, falls das Projekt nicht in die Richtung des Auftraggebers läuft und ggf. können Massnahmen ergriffen werden.

Fehleinschätzungen:

Durch einen Überprüfungsprozess wird sichergestellt, dass alle Annahmen und Berechnungen von Mitarbeitenden überprüft werden. Durch Zeitpuffer im Projektplan, kann auf unvorhergesehene Änderungen oder Herausforderungen reagiert werden, um die Auswirkungen von Fehleinschätzungen abzumildern. Der Switch zwischen Dokumentation und Produktion wird so gestaltet, dass permanent umgeschaltet werden kann, um so die Agilität zu gewährleisten. Mittels der durchgeführten Machbarkeitsprüfungen wurde ausserdem bereits überprüft, dass die Schätzungen wie beispielsweise die Zeitplanung, welche zum Projekterfolg beitragen, nicht unrealistisch ausfallen.

3 Realisierung

3.1 Umsetzung und Aufbau

3.1.1 Tafelüberwachungsstation

Aufgrund ihrer kompakten Grösse konnte die Station zur Tafelüberwachung grösstenteils in Heimarbeit produziert werden. Dies hat den Vorteil, dass ich durch meine gut ausgestattete Werkstatt nicht erst die benötigten Hilfsmittel beschaffen muss, sondern alle benötigten Komponenten und Arbeitsmittel im Voraus beschaffe und anschliessend ohne Unterbrechungen an der Station arbeiten kann.



Abbildung 3-1 Tafelstation Grundplatte

Nach dem beschaffen von hochwertigem Sperrholz und passenden Schrauben, wurde die Tafelstation auf die beschriebenen Masse von Kapitel 2.8.2 zugesägt und anschliessend mittels 12 Stück 5x50mm Kreuzschlitz-Holzschrauben verschraubt.

Als nächster Schritt wurde für die Schnappschalterkonstruktion ein Stahlwinkel beschafft und zugesägt. Er dient als Betätigungskörper, welcher die Kraft der Spannvorrichtung an der Rep-Tafel auf den Schnappschalter überträgt.

Dann werden zwei 8.5 mm Bohrungen mit einem Abstand von 180mm in Sperrholzplatte und Betätigungskörper gebohrt und anschliessend die Komponenten gemäss der Stückliste in Kapitel 2.8.2 montiert. Die Druckfedern bringen den unbetätigten Betätigungskörper immer wieder in die Ausgangsposition, was die Schnappschalterkontakte in ihre Ruhestellung bringt.



Abbildung 3-2 Vorrichtung zur Schnappschalterbetätigung

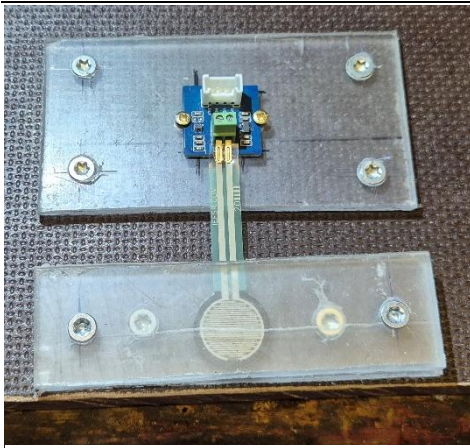


Abbildung 3-3 Vorrichtung zur Drucksensorbetätigung

Für die Druckschalterkonstruktion wird in einem ersten Schritt ein Sockel aus Plexiglas mit einem Ausschnitt produziert, um die Platine des Drucksensors gut und ohne Kollision mit dem Sperrholz zu verbinden.

Die Verbindung auf das Plexiglas erfolgt mittels 2 Stück 2x10mm Kreuz-Holzschrauben, wobei das Plexiglas erst mit einem 1.5mm Bohrer an der entsprechenden Stelle vorgebohrt werden muss.

In einem nächsten Schritt wird ein System entwickelt, welches den Drucksensor bei zusammenklemmen mittels zwei Plexiglasplatten betätigt und ohne Klemmkraft den Sensor über die Schwerkraft wieder entlastet.

Dies wird mittels einer zu grossen Bohrung erreicht, so dass die untere der beiden Plexiglasplatten, in welchen sich dazwischen der Drucksensor befindet, lediglich an den Senkköpfen der beiden Schrauben aufliegt.

Diese Vorrichtung wird mit 8 Stück 3.5x16 TX20-Holzschrauben an die Tafelüberwachungsstation montiert.

Im letzten Schritt wurden die Einzelteile des Druckschaltersystems vermessen und so positioniert, dass sich der nun geschützte Sensor am äussersten Rand der Sperrholzplatte befindet. Auf diese Weise wird das erfolgreiche Betätigen des Sensors mittels der Rep-Tafel gewährleistet.



Abbildung 3-4 Drucksensor betätigt

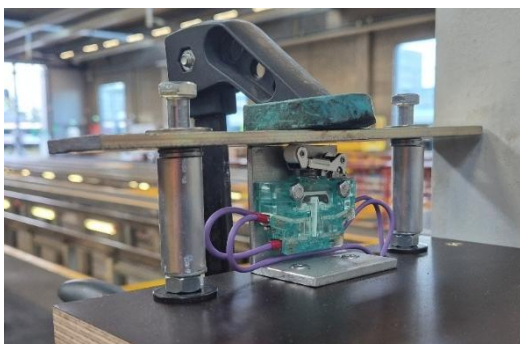


Abbildung 3-5 Schnappschalter betätigt

Für den Schnappschalter ist eine Vorrichtung vorgesehen, welche den Rollenhebel des Schalters bis zur Betätigung drücken lässt, jedoch noch ein Spiel von 0.5mm übriglässt. Mit dieser Vorrichtung, welche über einen zugesägten Aluwinkel von 40x60x80mm umgesetzt wird, kann keine direkte Kraft auf den Schnappschalter übertragen werden.

Damit ist der Schnappschalter vor grossen Krafteinwirkungen geschützt und kann eine hohe Summe an Schaltvorgängen erreichen.

Die Verbindungen zum Schnappschalter und zum Drucksensor sind auf eine Klemmleiste verdrahtet, um von dort aus über die Verkabelung zur Steuerung zu gelangen. Die Klemmen sind gemäss dem Klemmenplan im Elektroschema Anhang C1 Seite 990 angeschlossen:

Die Tafelüberwachungsstation wird mittels zwei U-Winkel und einem sich darin befindendem M10 Gewinde und einer M10x20mm Sechskantschraube am Dachträger gemäss dem Croquis in Kapitel 2.8.1 befestigt.



Abbildung 3-6 Tafelstation montiert

3.1.2 SPS-Programmierung

Um die Anzahl an Ein- und Ausgängen zu erhöhen, wurde dem programmierbaren Steuermodul ein Erweiterungsmodul des Typs AFX00005 hinzugefügt. Dieses Modul ergänzt die 8 Ein- und 4 Ausgänge des Steuermoduls um weitere 16 Eingänge und 8 Ausgänge. Auf diese Weise sind genügend Ein- und Ausgänge vorhanden, um alle benötigten Befehle steuern zu können.

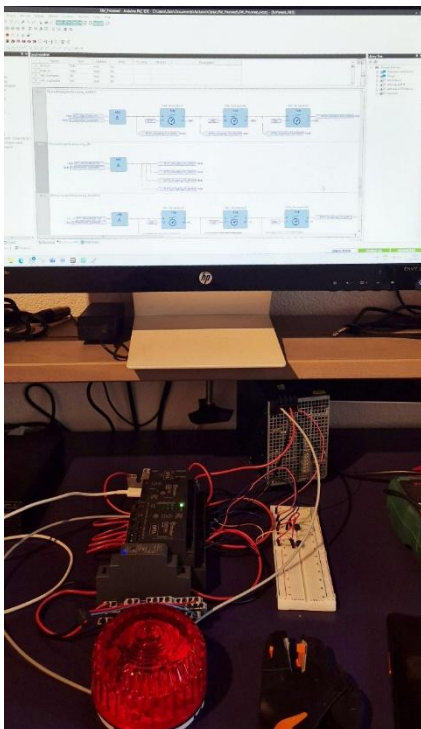


Abbildung 3-7 Laboraufbau zur SPS-Programmierung

Da während der Programmierungsphase der bestellte Schaltschrank noch nicht angekommen ist und die Programmierung voranschreiten muss, habe ich zuhause einen Laboraufbau auf einem Breadboard mittels Drucktaster und Kabelbrücken für die Eingänge und einer Blitzleuchte für die Ausgänge aufgebaut, und die ersten Programme auf diese Weise programmiert.

Die Programmierung erfolgt durch eine Kombination von sieben Programmen, welche sich eine globale Variablenliste mit 39 Variablen teilen. Die Ein- und Ausgänge beider Module sowie die Variablenlisten und die vollständige Programmierung befindet sich im Anhang E.

main:

Das main-Programm ist das einzige Programm, welches in der SPS-Programmiersprache ST geschrieben ist. Im main werden die analogen Eingänge ausgewertet und Logiken ausgeführt, welche für FBD etwas zu umständlich umzusetzen sind.

Der analoge Eingang I4 des Drucksensor wird ausgewertet und gibt ab einem Wert <1000 dem Merker M5 ein TRUE bzw. ein FALSE zurück.

```
0005 //Fahrzeugzähler
0006 cnt := cnt + 1;
0007
0008 //Erfassung Drucksensor B401
0009 IF (I4_TafelDruckschalter < 1000)
0010 THEN M5_TafelAmDruckschalter := FALSE;
0011 ELSE M5_TafelAmDruckschalter := TRUE;
0012 END_IF;
0013
```

Genau gleich verhält es sich mit den AI I1EXT-I4EXT, welche die Stromerfassung überprüfen: Sobald ein Beleuchtungsbefehl kommt, muss sich der Wert der Stromsensoren >500 befinden um keine Störung auszugeben. ab dem Schwellwert von 500, wird den Merker M92-M95 jeweils ein TRUE bzw. ein FALSE zurückgegeben.

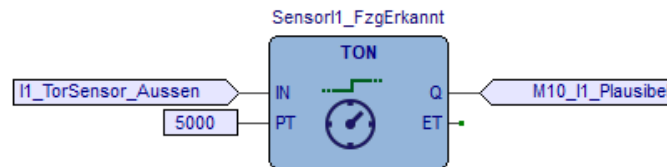
```
0023 IF ((M02_Gr2EIN = TRUE) AND (I2EXT_Stromerfassung_Gr2 > 500)) OR ((M02_Gr2EIN = FALSE) AND (I2EXT_Stromerfassung_Gr2 < 500))
0024 THEN M93_StoerStromerf_Gr2 := FALSE;
0025 ELSE M93_StoerStromerf_Gr2 := TRUE;
0026 END_IF;
```

Der letzte Teil des main-Programms beinhaltet die Ansteuerung der Warnbeleuchtungsgruppen: anhand des Fahrzeugzählers cnt weiss das Steuermodul wie viele Fzg sich bereits im Depot befinden und steuert dementsprechend die Warnbeleuchtungsgruppen an. Diese Funktion ist im Gleis K12 irrelevant, da dieses Gleis nur Platz für ein Fzg bietet. Daher wurde die Funktion auskommentiert. Damit jedoch die Programmierung auf allen Gleisen im Depot angewendet werden kann, wurde die Funktion erarbeitet.

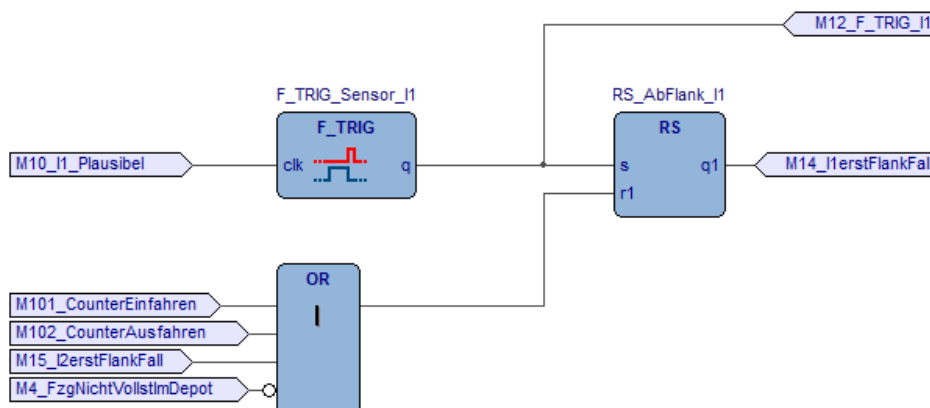
```
0042 /*
0043
0044 IF (cnt = 0) AND ((M71_BelEinfahrt_EIN = TRUE) OR (M72_BelAusfahrt_EIN) OR (M73_BelStillstand_EIN))
0045 THEN
0046 M701_Ansteuerung_BelGr1 := TRUE;
0047 M702_Ansteuerung_BelGr2 := TRUE;
0048 M703_Ansteuerung_BelGr3 := TRUE;
0049 M704_Ansteuerung_BelGr4 := TRUE;
0050 END_IF;
0051
0052 IF (cnt = 1) AND ((M71_BelEinfahrt_EIN = TRUE) OR (M72_BelAusfahrt_EIN) OR (M73_BelStillstand_EIN))
0053 THEN
0054 M701_Ansteuerung_BelGr1 := FALSE;
0055 M702_Ansteuerung_BelGr2 := TRUE;
0056 M703_Ansteuerung_BelGr3 := TRUE;
0057 M704_Ansteuerung_BelGr4 := TRUE;
0058 END_IF;
0059
0060 IF (cnt = 2) AND ((M71_BelEinfahrt_EIN = TRUE) OR (M72_BelAusfahrt_EIN) OR (M73_BelStillstand_EIN))
0061 THEN
0062 M701_Ansteuerung_BelGr1 := FALSE;
0063 M702_Ansteuerung_BelGr2 := FALSE;
0064 M703_Ansteuerung_BelGr3 := TRUE;
0065 M704_Ansteuerung_BelGr4 := TRUE;
0066 END_IF;
0067
0068 //Usw... bis nur noch eine Gruppe angesteuert wird
0069 */
```

SensorAbfrage:

Im Programm SensorAbfrage und den nachfolgenden Programmen wird mit der Sprache FBD gearbeitet. In diesem Programm werden die Lichtschranken an der Torsteuerung eingelesen: solange ein Sensor nicht mindestens 5s anspricht, wertet das Steuermodul dies als eine vorbeigehende Person o.Ä. aus. Eine korrekte Erfassung wie sie ein Fzg auslöst, dauert mindestens 5s. Erst dann wird das Signal als plausibel erkannt und steuert die Merker M10 und M11 «Sensor_Plausibel» an.



Im zweiten Teil des Programms werden die abfallenden Flanken der Sensoren ausgewertet und weiterverarbeitet. Mit der Flankenfallreihenfolge wird nach der Unterbrechung beider Lichtschranken ausgewertet, welcher der beiden Sensoren zuerst abfällt. Auf diese Weise wird das Signal für den Fahrzeugzähler vorbereitet, welches dem Zähler die Information gibt, ob ein Fzg Aufwärts, Abwärts oder gar nicht gezählt werden muss.

**Fzg_Zustandsermittlung:**

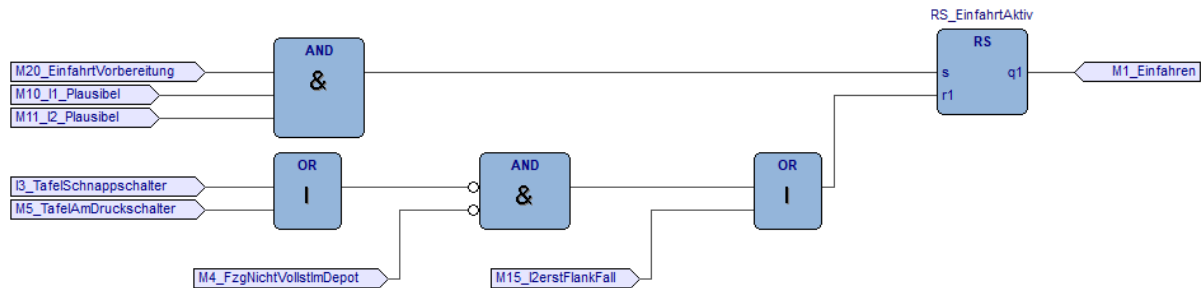
Mit den verarbeiteten Sensordaten werden nun verschiedene Zustände des Fzg ermittelt. In einem ersten Schritt werden die Zustände erst vorbereitet, damit erkannt wird, in welche Richtung sich das Fzg bewegt.

Ist die Richtung der Fahrt bekannt und beide Lichtschranken I1 und I2 abgedeckt, springt die Anlage in den Modus «Fahrzeug nicht vollständig im Depot». Dies ist eine Wichtige Information, welche erstens auf die Beleuchtung sowie zweitens auf den Fahrzeugzähler Einfluss nimmt, da mit ihr diverse Funktionen verknüpft sind.

Wird erst I1 und dann I2 abgedeckt, so wird der Merker M1_Einfahren gesetzt. Er bleibt solange gesetzt, bis beide Lichtschranken wieder geschaltet werden. Je nach Situation ob das Fzg wieder aus dem Depot herausfährt oder nicht, wird die Warnbeleuchtung über diesen Merker entsprechend geschaltet.

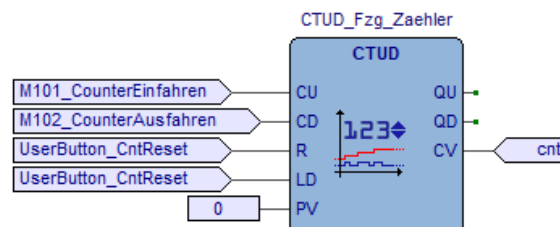
Ist ein Fzg komplett ins Depot hereingefahren, wird mittels Merker M3_Stillstand überprüft, ob sich die Rep-Tafel an der Station befindet oder nicht. Solange sich die Rep-Tafel an der Station befindet, wird der Merker nicht gesetzt. Erst wenn die Rep-Tafel entfernt wird, befindet sich das Fzg auch wirklich im Stillstand.

Für die Ausfahrt wird erst I2 und dann I1 abgedeckt. Mittels M21_AusfahrtVorbereitung wird dies erkannt und schaltet dann beim Abdecken von beiden Lichtschranken den Merker M2_Ausfahren.



Fzg_Zaehler:

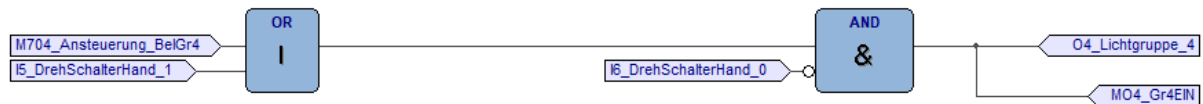
Mittels der nun bereits vorhandenen Informationen können die abfallenden Flanken der Lichtschranken ausgewertet und bei einer Ein- bzw. einer Ausfahrt entsprechend hoch, runter oder gar nicht gezählt werden. Im ersten Schritt des Programms werden die benötigten Signale zusammengeführt und einige leicht verzögert, um eine Störfeste Zählung von Auf und abwärts zu erhalten. Die fertigen Signal M101_CounterEinfahren und M102_CounterAusfahren werden dann an den Zähler gesendet, welcher die Variable cnt entsprechend verändert.



Mithilfe des User-Buttons welcher sich auf der SPS befindet, kann der Counter auf den voreingestellten Wert 0 zurückgesetzt werden. Näheres zu dieser Funktion ist im Handbuch im Anhang xx beschrieben.

Steuerung_Beleuchtung:

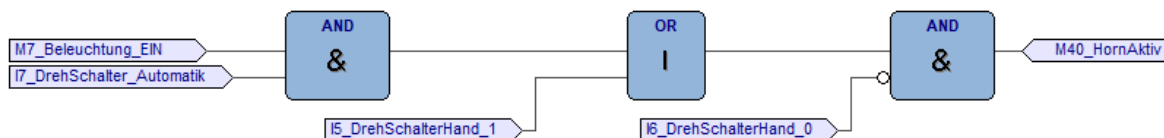
Die Beleuchtungen werden in Merker eingeteilt, welche mit dem Beginn einer Fahrt gesetzt und dem Beenden der Fahrt zurückgesetzt werden. Die Ansteuerung der einzelnen Warnbeleuchtungsgruppen überprüft den Zustand des Wahlschalters, und schaltet dann die definierten Ausgänge der Warnbeleuchtungsgruppen.



Das Gleis K12 bietet Platz für ein einzelnes Fzg, daher werden alle Beleuchtungsgruppen zusammen geschaltet. Damit die Gruppenansteuerung über den Counter erfolgt und verschiedene Warnbeleuchtungsgruppen anhand des Counters schaltet, muss im main-Programm die Ausklammerung der Zeilen 42-69 entfernt werden. Ist die Ausklammerung erfolgt, wird das Netzwerk 4 «Beleuchtung_Ansteuerung» gelöscht und die Warnbeleuchtung erfolgt nur in der Zone, wo sich keine Fzg befinden.

Steuerung_Horn:

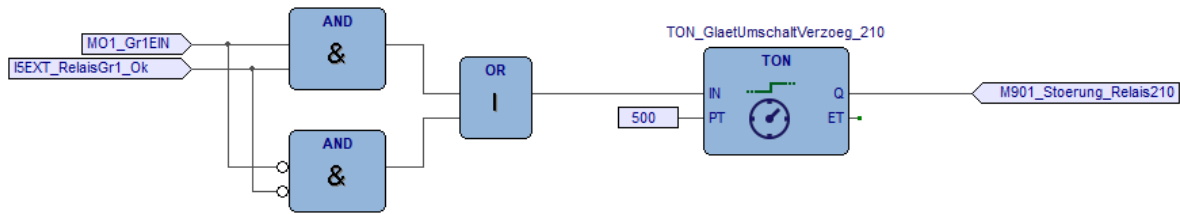
Um die Fahrzeugbewegung zusätzlich zu signalisieren, wurden zwei Hörner entlang des Gleises montiert. Beim Beginn jeder Fahrzeugbewegung wird der dafür vorgesehene Ausgang O4EXT_Horn für 5s geschaltet.

**Störungen:**

Um einen raschen Überblick bei Defekten zu erhalten, ist eine Überwachung von Kernkomponenten eingebaut. Erfasste Störungen werden über eine Störmeldelampe Pos. H520 und mittels eines Pulstonsummers H521 ausgegeben. Die Störmeldelampe hat einen integrierten Taster Pos. S520, welcher zur Störungsquittierung verwendet wird. Mit der Quittierung per S520 verstummt der Ton von H521. Solange die Störung nicht behoben wird, leuchtet H520 weiter. Erst bei Behebung der Störung kann H520 ebenfalls quittiert werden.

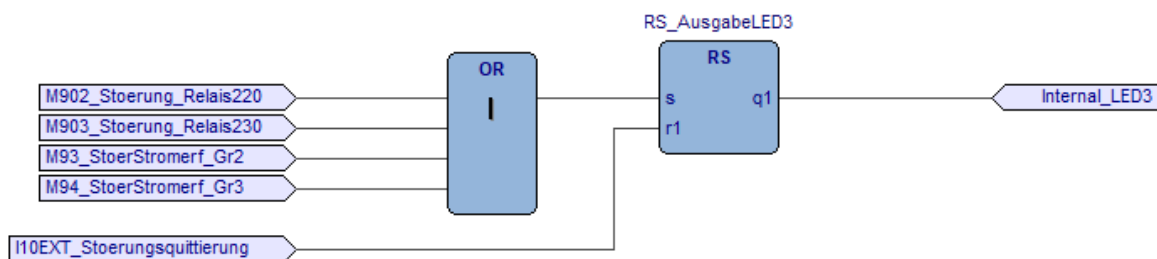
Um spezifische Angaben zur aktiven Störung zu geben, werden zusätzlich zur Störungsausgabe Status LED's an der SPS verwendet. Mithilfe ihres Binärcodes kann anhand des Störungskataloges Tabelle 3-1 die genaue Störungsursache identifiziert werden.

Im ersten Teil des Programms werden die vier Relais Pos. 210-240, welche für die Ansteuerung der Beleuchtungsgruppen zuständig sind, überwacht. Sollte ein Kontakt eines Relais verkleben oder abbrechen, wird dies mittels den Eingängen I5EXT-I8EXT erfasst und über die Störungsausgabe ausgegeben. Durch die hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit der SPS triggern die Umschaltsequenzen zwischen Beleuchtung EIN und Beleuchtung AUS bereits die Störungsausgabe, da sie schneller erfasst werden, als die Relais Pos. 210-240 schalten. Mittels Implementierung einer Einschaltverzögerung von 500ms werden Störungsfreie und robuste Umschaltsequenzen sichergestellt.

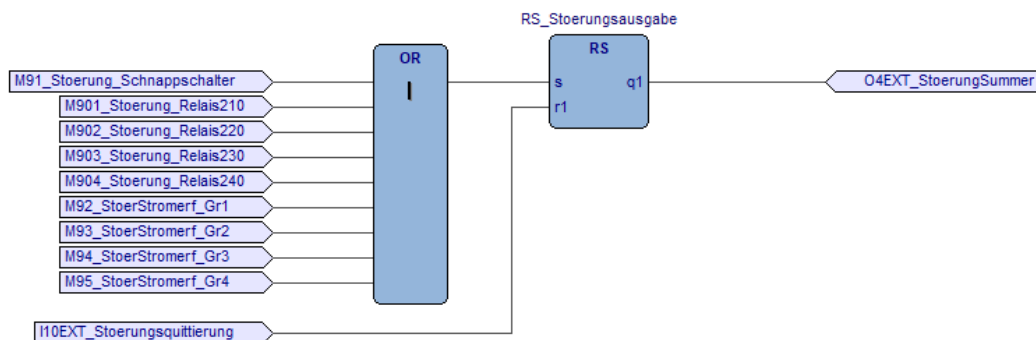


Dieselbe Programmierung wird für die Störungsausgabe am Schnappschalter verwendet: sie wird allerdings über die rote User-LED ausgegeben, da die Funktion dieser Komponente eine massgebende Rolle für das Funktionieren des Gesamtsystems trägt.

Im nächsten Teil werden die verschiedenen Störungen der Status-LED zugeordnet. Hierbei kommen auch die Variablen der Stromerfassung hinzu, welche im main-Programm ausgewertet werden. Die LED's werden bei Quittierung über I10EXT an welchem der Taster Pos. S520 angeschlossen ist, zurückgesetzt.



Im letzten Teil des Programms wird erfasst ob eine Störung lediglich Quittiert wurde, oder ob sie effektiv behoben wurde. Dementsprechend werden die Störungsausgaben an O3EXT und O4Ext, welche mit Leuchte Pos. H520 und Summer Pos H521, geschaltet.



3.1.3 Warnbeleuchtung

Die Sockel der Leuchtmittel werden für die Befestigung mittels der Magneten gemäss Abbildung 2-22 vorbereitet. Auf diese Weise wird an der Statik der Schienenträger nichts verändert und die Anlage kann erprobt werden ohne bleibende Schäden zu hinterlassen.

Dafür sind pro Sockel zwei 4.5mm Bohrungen und zwei Ausschnitte am Sockelrand für die Kabeldurchführung ausgeführt worden. Nach dem Einziehen der Kabel werden die Sockel gemäss Abbildung 2-23 angeordnet und die Leuchtmittel gruppenweise mit den Kabeln verbunden.

Die Warnbeleuchtung bleibt solange aktiv, bis entweder die Tafel von der Halterung genommen wird bzw. das Fzg das Depot verlässt.



Abbildung 3-8 Leuchten-Sockelmontage

3.1.4 Akustisches Warnsignal



Abbildung 3-9 Montage akustisches Signalhorn

Um die Beleuchtung zusätzlich zu untermalen, wurde ein Signalhorn in das Gleis eingebaut. Sobald die Warnbeleuchtung durch ein sich bewegendes Fz aktiviert wird, ertönt für 5s ein Signalton.

So wird eine zusätzliche Warneinrichtung in das System integriert, welche auf Fahrzeugbewegungen aufmerksam macht. Eine permanente Ausgabe des Signaltons wäre jedoch nicht Zielführend, da in manchen Fällen ein Fzg über mehrere Stunden ohne Rep-Tafel im Depot bleibt.

3.1.5 Schaltschrank

Nachdem die benötigten Komponenten für die Steuerung der Anlage eingetroffen sind, kann das Tableau vermessen werden.

Die Lochpositionen für Kabelkanäle und Apparateschienen werden gemäss dem Dispositiv auf Abbildung 2-19 mittels Anreisslehre, Filzstift und Körner markiert und die Bohrungen mittels einem 5mm Bohrer vorgebohrt und dann mit einem M6 Gewinde versehen.

Ist dies erfolgt, werden Kabelkanäle und Apparateschienen auf die Grundplatte des Schaltschranks montiert.



Abbildung 3-10 Grundplattenbearbeitung

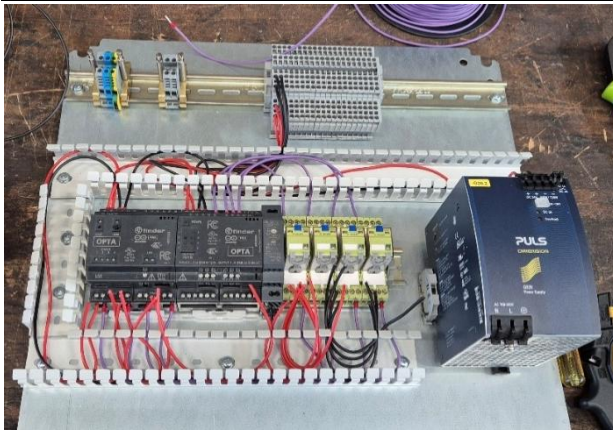


Abbildung 3-11 Grundplatte bestückt

Im nächsten Schritt werden alle zugehörigen Apparate auf die Platte montiert und gemäss Elektroschema im Anhang C1 verdrahtet.

Nachdem die Grundplatte des Schaltschranks fertiggestellt wurde, wird die Schaltschranktür vorbereitet. Aufgrund der hohen Bauweise des 230VAC/24VDC Wandlers, ist es von Vorteil, die Komponenten auf der Schranktür auf der linken Hälfte zu Bestücken. Mittels Masstab, Filzstift und Körner werden die Positionen angezeichnet und gekörnt, um sie dann mit einem Stanzer von 20mm Durchmesser zu durchdringen. Nach der mechanischen Bearbeitung erfolgt die Bestückung, und anschliessend die Verdrahtung sowie die Verbindungen zur Grundplatte.

Da die Stromsensoren über keine Vorrichtung für die Befestigung an Apparateschienen verfügen, wird hier ebenfalls eine eigens dafür entworfene Lösung entwickelt.

Die Halterung wird gemäss Abbildung 2-20 mit Plexiglas gebaut und auf die Apparateschiene geklebt und somit in den Schaltschrank integriert.



Abbildung 3-12 Stromsensor-Sockel



Abbildung 3-13 Schaltschrank in Betrieb

Zum Schluss wird der Deckel des Schaltschranks mittels einem Stanzer von 20mm Durchmesser präpariert um die benötigten Durchführungen sauber montieren zu können. Für jedes Kabel wird eine Durchführung montiert, was eine Anzahl von 7 Durchführungen ergibt.

Dann werden die Kabel in den Schaltschrank eingeführt und gemäss Schema im Anhang C1 angeschlossen.

3.1.6 Verkabelung

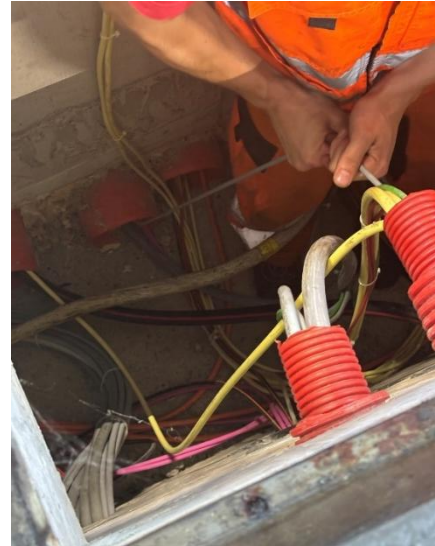
Der letzte und einer der Aufwändigsten Schritte ist die Verbindung sämtlicher Komponenten, da sie sich räumlich in grossen Entfernungen befinden.

Die Kabel zu den Warnbeleuchtungsgruppen habe ich selbständig gezogen. Die Verkabelung der Komponenten hat länger gedauert als geplant, dies aufgrund dessen, dass ich in diesem Bereich keinerlei Erfahrungen besitze.

Bei der Verdrahtung zu den bereits bestehenden Sensoren wurde durch die Haustechnik unterstützt. Mein eigener Plan hätte die Gleise zum Schaltschrank der Sensoren über die Decke überquert.

Aufgrund der hohen Unterhaltsfrequenzen und einer besonderen Erlaubnis für das Führen einer entsprechenden Hubarbeitsbühne stellte sich diese Variante als ungeeignet heraus. Aus diesem Grund verschafften mir die Haustechniker Zugang zu den Schächten, und ich konnte mit ihrer Mithilfe die Kabel unter den Gleisen durchziehen.

Trotz der veränderten Variante erfolgte Verkabelung zeichnerisch gemäss dem Croquis in Abbildung 2-12 Ausser, dass die Verkabelung nicht über, sondern unter den Gleisen durchführt.



**Abbildung 3-14 Verbinden der
Komponenten**

Gemäss der Torsteuerung im Anhang C3 wurde für die Torsteuerungsanlage eine unübliche Verdrahtung des AC/DC Wandlers vorgenommen: Wie im Schema im Anhang C3 auf Blatt 9 bei der Position A92 zu erkennen ist, wird das +24 Potential mit der Masse verbunden. Das Potential von Masse gegen den Minusleiter vom AC/DC Wandler beträgt somit -24V.

Da die SPS für die Erkennung eines High-Signals an einem DI ein Potential von +24V gegen PE benötigt, und ein negatives Potential von -24V gegen PE nicht als High-Signal erkennt, muss eine andere Lösung entwickelt werden, um die benötigten Abgriffe der Lichtschranken für die Tor Sensorik erkennen zu können.

Nach Überlegungen, die beiden Signale von den Sensorabgriffen in der Steuerung auf eine Weise zu invertieren kam mir die Idee, dies bereits vor der Sensorverarbeitung umzusetzen. Da sich auf den von den Lichtschranken angesteuerten Relais noch je zwei unbelegte Wechsler befinden, sind die Wechselkontakte von der restlichen Torsteuerung isoliert. Mit einem galvanisch isoliertem 24 zu 24V DC/DC Wandler kann wird das -24V Signal gemäss Schema im Anhang xx Kap4/401.5 auf Position U901 invertiert.

3.2 Funktionstests

Für die Überprüfung der Funktionen wurde ein technisches Prüfprotokoll erstellt welches sich im Anhang F befindet und die erfolgreiche Überprüfung von den anschliessend beschriebenen Tests belegt.

3.2.1 Statische Prüfung

Bei der Statische Prüfung wird die gesamte Anlage erst äusserlich mittels Sichtprüfungen kontrolliert. Die Sichtprüfungen beinhaltet die Kontrolle von:

- Berührungsschutz, welcher das berühren von Spannungsführenden Teilen mit blossen Finger untersagt.
- Fremdspannung muss entsprechend markiert und separat abgedeckt sein
- Es dürfen keine Beschädigungen ersichtlich sein
- Die Betriebsmittel müssen klar zugeordnet werden können
- Schutz gegen Spritzwasser und Staub muss mindestens IP 54 aufweisen

Nach der erfolgreichen Sichtüberprüfung werden elektrische Messungen durchgeführt:

- Alle Verbindungen sind gemäss Elektroschema messtechnisch überprüft
- Isolationsmessung zwischen 230V Stromkreis und Erde hat >200MΩ
- Schaltgeräte wie Taster, Schalter und Relais schalten ordnungsgemäss

Die Ergebnisse sind detailliert und sauber im Prüfprotokoll dokumentiert vorzufinden.

3.2.2 Dynamische Prüfung

Nun wird die Anlage ans Stromnetz angeschlossen. Sämtliche Funktionen werden überprüft und dokumentiert:

- Funktion des Fahrzeugzählers
- Einschaltfunktion der Warnbeleuchtung
- Ausschaltfunktion der Warnbeleuchtung
- Funktion des Wahlschalters
- Funktion der Störungsausgaben

Im Prüfprotokoll wurde dazu für jede Manipulation und Funktion eine Beschreibung eingefügt, welche das Verhalten der Anlage auf die Manipulation beschreibt und belegt.

Das Prüfprotokoll wurde ausführlich durchgeführt. Hardwaretechnisch ist die Prüfung erfolgreich verlaufen. In der Software werden noch kleine Anpassungen vorgenommen, welche teils aus Überlegungsfehlern hervortreten, teils Mithilfe von Signalverzögerungen zur Störfestigkeit der Anlage beitragen.

Aus dem Protokoll geht auch hervor, dass die Stromsensoren nicht funktionieren. In den nachfolgenden Abbildungen wird deutlich, dass die Stromsensoren nicht zwischen aktiver und inaktiver Warnbeleuchtung unterscheiden können. Die analogen Eingänge I1EXT-I4EXT wurden per Oszilloskop, welches in der PLC IDE Software zur Verfügung steht, ausgelesen. So kann nachgewiesen werden, dass die Stromsensoren den Strombezug für die Warnbeleuchtungsgruppen effektiv nicht erfassen können.



Abbildung 3-15 Stromerfassung inaktiv



Abbildung 3-16 Stromerfassung aktiv

Damit die Stromerfassungsstörungen nicht permanent ausgegeben werden, wurde im Programm Main der Schwellwert für die Stromerfassungsstörungen-Merker M92-M95 für TRUE und für FALSE auf >500 gesetzt. Auf diese Weise geben die Stromsensoren keine Störung aus.

3.3 Bedienung und Funktionsbeschreibung

3.3.1 Erstinbetriebnahme

Vor der Stromversorgung muss sichergestellt werden, dass die Anlage keine visuellen Beschädigungen in Form von mechanischen Schäden, Wassereintritt, starke Verschmutzung o.Ä. aufweist. Ist dies der Fall, kann die Anlage mittels dem SN 441011 Typ 12 Stecker an das 230V Netz angeschlossen werden (Eidgenössisches Starkstrominspektorat ESTI, 2011). Nach 30s ist die Anlage initialisiert und bereit für den Betrieb.

3.3.2 Normalzustand

Unabhängig von der Position des Systemwahlschalters werden einfahrende- und ausfahrende Fahrzeuge durch einen Auf- und Abwärtszähler mitgezählt, um 1. die Anzahl der Fahrzeuge im Depot zu ermitteln und 2. Durch die Anzahl der Fahrzeuge die entsprechende Beleuchtungsgruppe anzusteuern.

Die Lichtschranken am Hallentor werden täglich mehrmals durch vorbeigehende Menschen unterbrochen. Aus diesem Grund wurde eine Fahrzeugplausibilitätserkennung geschaffen, welche ein Fahrzeug erst erkennt, wenn 1. Eine Lichtschranke länger als 5s unterbrochen wird und 2. Beide Lichtschranken betätigt sind.

Wenn ein Fahrzeug ins Depot einfährt, also erst die Lichtschranke an I1 erkannt wird und erst anschliessend I2, erkennt die Anlage, dass es sich um ein einfahrendes Fahrzeug handelt. Eine Aufwärtszählung erfolgt, wenn das Fahrzeug gänzlich ins Depot und somit erst aus der Lichtschranke an I1 und dann aus I2 gerollt ist.

Wenn ein Fahrzeug aufgrund seiner Länge nicht gänzlich ins Depot passt, für eine unbestimmte Zeit beide Lichtschranken abdeckt und dann wieder ausfährt, wird aufgrund der erfassten abfallenden Flanken von I2 und dann I1 weder eine Aufwärts- noch eine Abwärtszählung durchgeführt.

Ein Fahrzeug welches sich gänzlich im Depot befindet und ausfährt, deckt bei der Ausfahrt erst I2 und dann I1 ab. Sobald die Flanken in der Reihenfolge von I2 und dann I1 abfallen, wird der Zähler um 1 reduziert.

Mit dem UserButton welcher sich auf der SPS im Schrank befindet, kann der Zähler bei Bedarf auf 0 zurückgesetzt werden.

3.3.3 Systemwahlschalter

Mittels des Wahlschalters gemäss Abbildung 3-1 im Handbuch Anhang G kann zwischen drei unterschiedliche Modi umgeschaltet werden:

Automatikbetrieb

Wenn sich der Systemwahlschalter in Stellung **Auto** befindet, arbeitet die Anlage autonom. In diesem Modus werden Fahrzeugbewegungen erkannt und visuell angezeigt, ohne dass dazu menschliche Hilfe notwendig wird. Es folgt die Beschreibung, in welchen Situationen die Anlage eine Visuelle sowie eine einmalige Akustische Ausgabe ausgibt, und wie die Visualisierung beendet wird:

- Ein Fahrzeug rollt ins Depot: durch die Erkennung der Reihenfolge der Betätigung der Lichtschranken, der Fahrzeugplausibilitätserkennung und der bekannten Anzahl der Fahrzeuge in der Halle schalten die entsprechenden Warnbeleuchtungsgruppen ein. Solange beide Sensoren I1 und I2 abgedeckt bleiben, schaltet sich die Warnbeleuchtungsgruppen nicht aus, unabhängig davon ob die Rep-Tafel von der Vorrichtung genommen wird.
- Sobald das Fahrzeug ganz im Depot eingefahren ist und somit die Lichtschranken an I1 und I2 nicht mehr abgedeckt werden, leuchtet die Warnbeleuchtung so lange, bis die Rep-Tafel von ihrer Vorrichtung genommen wird.
- Wird eine Fahrzeugbewegung innerhalb des UH durchgeführt, welche das Depot nicht verlässt, muss die Rep-Tafel vom Fahrzeug entnommen werden. Sobald die Rep-Tafel an ihrer Station angebracht wird, schaltet die Warnbeleuchtung ein, bis die Tafel wieder von ihrer Station entfernt wird.
- Bei einer Ausfahrt wird ebenfalls die Rep-Tafel entfernt: die Warnbeleuchtung schaltet solange ein, bis das Fahrzeug die Halle gänzlich verlassen hat und die Lichtschranken an I2 sowie I1 nicht mehr abdeckt. Ab diesem Zeitpunkt schaltet die Warnbeleuchtung wieder aus.

Handbetrieb EIN

Befindet sich der Systemwahlschalter auf EIN, schalten alle Gruppen der Warnbeleuchtung ein, unabhängig davon, ob eine Fahrzeugbewegung stattfindet. Die Zählfunktionen laufen im Hintergrund weiter, um bei einem Umschalten in den Automatikbetrieb die Beleuchtungsgruppen bei einer Fahrzeugbewegung wieder entsprechend der Anzahl sich im Depot befindenden Fahrzeuge anzusteuern.

Handbetrieb AUS

Diese Funktion schaltet alle Beleuchtungsgruppen aus, unabhängig davon, ob sich eine Fahrzeugbewegung im Gange befindet oder nicht. Die Funktion zwingt die an den Ausgängen angeordneten Relais Pos. 210-240 in den LOW-Zustand. Somit ist gewährleistet, dass sich alle Beleuchtungsgruppen in spannungsfreiem Zustand befinden. Diese Funktion wird empfohlen, um entstandene Schäden an den Beleuchtungsgruppen zu beheben. Mit der Funktion kann auf diese Weise auf das Ausschalten der gesamten Anlage verzichtet werden.

3.3.4 Störungen

Um Störungen an der Anlage rasch zu identifizieren, wurde eine Meldelampe mit Quittungstaster und ein Signalton an die Schranktür angebracht. Sobald eine Störung auftritt, kann die Ursache anhand des LED-Schaltbilds an der SPS identifiziert werden, welcher Mangel die Störung verursacht. Die Quittierung der Störung kann erst erfolgen, wenn die Störung behoben wurde. Nachfolgende Tabelle zeigt die Ursache der Störung:

Tabelle 3-1 Störungskatalog

Störungscode				Beschreibung
LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	
0	0	0	1	Störung Relais Pos. 210
0	0	1	0	Störung Relais Pos. 220
0	0	1	1	Störung Relais Pos. 230
0	1	0	0	Störung Relais Pos. 240
0	1	0	1	Störung Stromerfassung Beleuchtungsgruppe 1
0	1	1	0	Störung Stromerfassung Beleuchtungsgruppe 2
0	1	1	1	Störung Stromerfassung Beleuchtungsgruppe 3
1	0	0	0	Störung Stromerfassung Beleuchtungsgruppe 4
Rote LED				Störung Plausibilität Schnappschalter

3.4 Beurteilung der Industrietauglichkeit

Diese DA stellt ein Prototyp dar. Während der gesamten Realisierungsphase wurden Bestrebungen durchgeführt, die Anlage so weit wie möglich auszuarbeiten, um bei einer Weiterentwicklung möglichst wenig nachträglichen Aufwand betreiben zu müssen. So wie die Anlage zurzeit betrieben wird, kann sie zwar eingesetzt werden, dennoch ist sie noch nicht einsatzbereit, um einen Industriellen Einsatz leisten zu können. In diesem Kapitel wird beurteilt, welche Teile der Anlage bereits für einen industrietauglichen Einsatz ausgereift sind und für welche Teile noch Massnahmen ergriffen werden müssen, um eine endgültige Lösung für den alltäglichen Einsatz zu bieten.

Um die Tauglichkeitsprüfung der Komponenten durchzuführen, wird eine Tabelle erstellt, welche die Komponenten Rückblickend auf die durchgeführten Tests und anhand der Angaben ihrer Datenblätter auf folgende Eigenschaften überprüft:

Die Zuverlässigkeit im Dauerbetrieb, eine Lebensdauer von >5 Jahre, die Wartungsfreundlichkeit in Form der Zugänglichkeit und Austauschbarkeit, die Robustheit gegenüber äusseren Einflüssen wie Staub, Dreck und Temperatur, die Kompatibilität mit anderen Systemen bzw. eine Erweiterung an das System, die Sicherheit welche den Schutz von Menschen und Maschine darstellt und die Qualität der Herstellungsmaterialien. In der letzten spalte wird entschieden ob die Komponente oder das System als industrietauglich gilt oder verändert werden muss.

Tabelle 3-2 Komponentenbeurteilung auf Industrietauglichkeit

Komponente / System	Zuverlässigkeit	Lebensdauer	Wartungs-freundlichkeit	Robustheit	Kompatibilität	Sicherheit	Qualität	Veränderungsbedarf
Lichtschränke	✓	✓	✓	✓	!	✓	✓	Nein
Netzteile	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Nein
SPS	✓	✓	✓	✓	!	✓	✓	Nein
Relais	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Nein
Stromsensoren	✗	!	✓	✗	✓	✗	✗	Ja
Signalhupe	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Nein
Warnbeleuchtung	✓	!	✓	!	✓	!	✓	Ja
Schnappschalter	✓	✓	✓	!	✓	✓	✓	Nein
Tafelstation	!	!	✓	!	✓	!	!	Ja
Kraftsensor	✓	!	!	✗	✓	!	!	Ja
Wahlschalter	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Nein
Leuchtdrucktaster	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Nein
Summer	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Nein
Software	✓	—	—	✓	!	✓	✓	Nein
Störungsausgabe	✓	—	—	✓	✓	✓	✓	Nein
Schema	✓	—	—	✓	✓	✓	✓	Nein
Kabelverlegung	✓	✗	!	✗	✓	✗	✗	Ja

Auf die Komponenten und Systeme, aus welchen ein Veränderungsbedarf hervorgeht, wird nun näher eingegangen:

Stromsensoren:

Gemäss Datenblatt verändert sich die Ausgangsspannung der Stromsensoren um 100mV pro Ampere. Bei einer Beleuchtungsgruppe, welche 5 Blitzleuchten à 2W bei 24V betreibt, würde dies ein Strom von 0.41 Ampere ergeben:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{10W}{24V} = 0,4166666$$

Grundsätzlich habe ich den Analog-Input vom Erweiterungsmodul auf eine 14Bit Auflösung eingestellt, wobei der LSB gemäss Datenblatt beim Wert 1 mit 1.733 mV beginnt und der MSB bei einem Wert von 16'384 die maximale Eingangsspannung von 10V am AI erreicht. Mit dieser Auflösung sollte es für die SPS ein leichtes sein, die rund 41,6mV vom Sensor zu erkennen und mittels einem Schwellwert eine robuste Erkennung zu schaffen. (IDUINO, 2017)

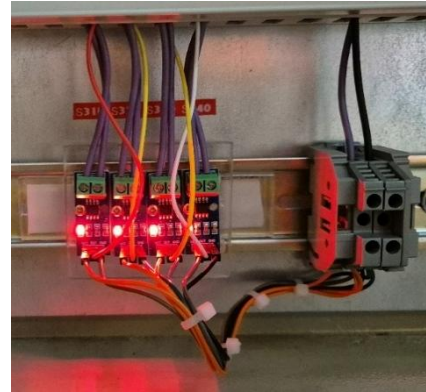


Abbildung 3-17 improvisierte Stromsensorbefestigung

Die Robustheit und die Qualität der Sensoren lässt zu wünschen übrig, da sie preislich und schutztechnisch hauptsächlich für eine Entwicklerumgebung geschaffen wurden. Aus diesem Grund wird für die Strommessung den Einsatz von hochwertigen Stromsensoren, welche für den alltäglichen Gebrauch entwickelt wurden, dringend empfohlen. Beim Einsatz von neuen Stromsensoren muss erst ein Schwellwert ermittelt werden, dann kann die Software entsprechend im main-Programm angepasst werden.

Warnbeleuchtung:

Die Warnbeleuchtung als Komponente ist eine gute Wahl um die Fahrzeugbewegungen zu visualisieren. Allerdings sollte sie fest mit der Gleisanlage verbunden werden, um erstens eine hohe Lebensdauer zu erreichen und zweitens eine höhere Robustheit gegen fremder Krafteinwirkung zu vertragen.

Dem Sicherheitsaspekt kann ebenfalls Abhilfe verschaffen werden, indem die Anzahl der Leuchten verdoppelt wird. Dies war mir aufgrund des Budgets nur bedingt möglich, sollte jedoch bei einer Anschaffung in jedem Fall bedacht werden.



Abbildung 3-18 Temporärlösung der Leuchtmittel ist nicht alltagstauglich

Tafelstation:

Die Tafelstation funktioniert für die Betriebserprobung sehr gut. Für den Alltäglichen Einsatz ist die Zuverlässigkeit jedoch nicht genügend, denn bei falscher Montage der Rep-Tafel, kann es sein, dass der Schnappschalter nicht betätigt wird. Des Weiteren ist die Holzkonstruktion mit den eher spärlich geschützten Klemmleiste nicht für einen Alltäglichen Einsatz bestimmt. Es kann leicht mit Fremdkörper oder Wasser darauf eingewirkt werden.

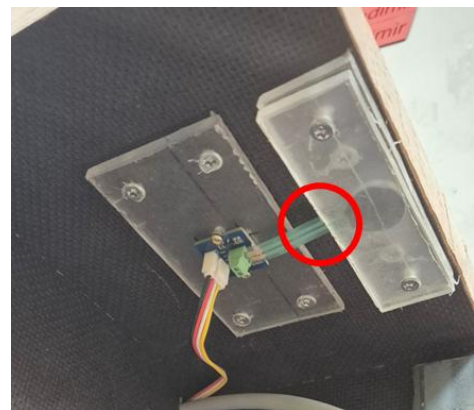
Da die Tafelstation ein zentrales Element in der Anlage darstellt, und aktuell rasch durch diverse Beschädigungen oder Fehlmanipulationen falsche Beleuchtungsbefehle ausgeben kann, wird auch die Sicherheit beeinträchtigt. Für ein qualitatives Objekt, welches den Anforderungen standhält, empfehle ich die Grundaspekte und Ideen zu übernehmen, jedoch das ganze auf einer soliden Basis mittels einer Metallkonstruktion zu bauen und die Konstruktion so zu entwerfen, dass erstens eine falsche Anbringung von Rep-Tafeln gar nicht mehr möglich wird und zweitens die Elektronik unzugänglich gemacht und vor äusseren Einflüssen geschützt wird.

Ausserdem ist es unabdingbar, die Tafelstationen visuell gut zu markieren und sämtliche MA, welche mit Rep-Tafeln arbeiten zu instruieren.

Drucksensor:

Während der Betriebserprobung hat der Kraftsensor gute Ergebnisse geliefert. Durch die Eigenkonstruktion wurde jedoch keine saubere Lösung gefunden, den Sensor über Jahre hinweg schaltbar zu machen. Die Abnutzung ist an der im Bild markierten Stelle, wo die Druckmatte des Sensors eingeklemmt wird, bereits sichtbar.

Es bleibt eine Frage der Zeit, bis eine neue Druckmatte eingebaut werden muss. Somit ist auch gleich die Frage der Robustheit beantwortet. Ein weiterer Nachteil am Sensor ist, dass kein Referenzwert zum Ist-Wert erfasst werden kann. Das bedeutet, dass er nicht überwacht werden kann. Aufgrund der tragenden Rolle im System scheidet er somit im Rennen gegen den Schnappschalter aus.



**Abbildung 3-19 Abnutzung des
Kraftsensors**

Kabelverlegung:

Aktuell ist die Kabelverlegung nicht optimal konzipiert, da sich die Steuerung nicht im Grubenbereich des Gleises befindet. Für die DA wurden Übergangsbrücken beschafft, welche die Beschädigung der verlegten Kabel minimieren. Dennoch müssen die Kabel so verlegt werden, dass keinerlei Hürden oder Barrieren entstehen können.

Als Lösung schlage ich vor, die Steuerung jeweils am Anfang oder am Ende des Gleises zu montieren. Von dort aus können die Kabel für die richtigen Gruppen auf die richtigen Gleise verlegt werden, ohne dass dabei eine sichtbare Gleisüberquerung gezogen werden muss. Dies erfordert jedoch ein Vielfaches an Kabelmenge und muss bei weiteren Umsetzungen unbedingt berücksichtigt werden.



Abbildung 3-20 Verlegen von Kabelbrücken

3.5 Fortführung des Projekts

Bereits vor dem Startschuss der DA bestand durch den Standort grosses Interesse, eine Lösung zu der Problematik zu finden. Mit der jetzigen Umsetzung ist der Grundstein für die Ausweitung des Projekts im ganzen Depot geschaffen.

Nach der Vorstellung des Prototyps an Auftraggeber und Standortleitung wird das Projekt im nächsten Schritt an die interne Projektabteilung für Anlagen übergeben. Sie überprüfen die Anlagenbeschaffung, die Standardisierung, die Betriebseinrichtung sowie die Portfolioentwicklung der Serviceanlage. Dann entscheidet die Abteilung UHR, ob sie die Beschaffung der Anlage in Auftrag geben möchte, bevor die bauliche Ausreifung und allenfalls benötigte Risikoanalysen umgesetzt werden können.

Ich für meinen Teil werde mich aus dem Projekt zurückziehen und mich wieder meinen eigenen Arbeitstätigkeiten und Pflichten widmen. Wann immer ich kann, werde ich mich allerdings im Projekt einbringen und Weiterentwicklungsmöglichkeiten vorschlagen, wie z.B. die Ansage der Zugseinfahrten über Lautsprecher, oder das Teilen der gemachten Erfahrungen beim Aufbau der Anlage.

4 Abschluss

4.1 Mehrwert für Auftraggeber

Die Arbeit hat für den Auftraggeber viele positive Aspekte welche sich unter anderem direkt auf die Arbeitssicherheit beziehen:

- Es wird bereits seit geraumer Zeit nach Lösungen für die Visualisierung von Fahrzeugbewegungen gesucht. Dabei lag der Fokus auf einer Anzeige BEVOR die eigentlichen Bewegungen stattfinden. Ich konnte diese Lösungen entwickeln und liefern.
- Oftmals wird das Anbringen der Rep-Tafel vergessen und ein Fzg ohne Rep-Tafel kann immer bewegen. Die Steuerung bittet die Rep-Tafel auf eine Art und Weise in das System ein, dass ein Tafelanbringungszwang entsteht: solange die Tafel nicht von ihrer Station genommen wird, blinkt das Gleis.
- Lange Fzg welche aus dem Depot schauen, stellen immer ein Risiko dar, da man während den Arbeiten im Depot nicht sieht, was sich vor dem Depot abspielt. Daher wird die Warnbeleuchtung permanent angesteuert, sodass falls aus irgendeinem Grund Arbeiten unter dem Fzg stattfinden sollten, man sich der Gefahr bewusst ist.
- Bisher werden MA bei einer Bewegung während des UH mündlich gewarnt. Durch die Visualisierung werden MA direkt gewarnt, so kann niemand vergessen werden.
- Am Prototyp können weitere Tests, neue Lösungen, vorgesehene Änderungen und Verbesserungen direkt physisch durchgeführt werden.
- Alle erarbeiteten Vorlagen können für den Ausbau weiterer Gleise verwendet werden

4.2 Projektbeurteilung, Herausforderungen und Reflexion

4.2.1 Projektbeurteilung

Die Beurteilung des Projekts erfolgt anhand der Erreichung der Ziele. Das Projektrichtziel, bis zum 29.09.2025 eine Anlage zu entwickeln, zu bauen, zu prüfen und zu dokumentieren ist erreicht. Dies ist bereits ein grosser Indikator des Projekterfolgs.

Das Interesse von Abteilungen quer durch die SBB zeugt ebenfalls davon, dass es sich nicht nur um eine DA handelt, welche für den Schulabschluss benötigt wird und dann in einer Akte verschwindet, sondern dass es sich um einen dringenden Bedarf handelt, welcher ich mit dieser Arbeit stillen konnte.

Nachfolgend erfolgt die Überprüfung der gesetzten Ziele:

Tabelle 4-1 Überprüfung der Ziele

	Rang	Ziel	Erreicht	Begründung
MUSS	1	Prüfung und Protokollierung der Funktionen	✓	Protokoll gemäss Anhang
	2	Kosten < 5000.- CHF	✓	Kosten von 3'847.72
	3	Funktion Einfahren	✓	Funktion geprüft und protokolliert
	3	Funktion Ende der Bewegung	✓	Funktion geprüft und protokolliert
	3	Aufbau zur Erprobung	✓	Gemäss Kapitel 3.1
	6	Funktion Ausfahren	✓	Funktion geprüft und protokolliert
	7	Implementation eines Rechners	✓	Software gemäss Anhang
	8	Dokumentation bis 29.09.2025 erstellt	✓	Gemäss Abgabedossier
	9	Störungserfassung	✓	Integriert gemäss Software im Anhang
	10	Präsentation bis 14.10.2025 erstellt	✓	Bilder und Videos für Präsentation erstellt
	11	Erstellen eines Handbuchs	✓	Handbuch nach internen Richtlinien gemäss Anhang
	12	Komponentenbeurteilung auf Industrietauglichkeit	✓	Erstellt gemäss Kapitel 3.4
KANN	1	Umschalter Hand - Automatisch	✓	Integriert gemäss Schema im Anhang
	2	Störungserfassung von min. 3 Störungen	✓	Integriert gemäss Software im Anhang
	3	Konzept für Standardisierung erarbeitet	✗	Wird durch Projektabteilung und UHR geführt
	4	Signalton nebst Visualisierung	✓	Integriert gemäss Schema im Anhang
	5	Auswahl serialisierte Komponenten	✗	Wird durch Projektabteilung und UHR geführt

4.2.2 Herausforderungen/ Lessons Learned

Viele Herausforderungen wurden bereits in der Realisierung beschrieben. Es gab aber auch erwähnenswerte Herausforderungen, auf die ich noch nicht eingegangen bin:

Die erste Herausforderung erwartete mich bereits bei der Initialisierung des Projekts: es musste einen Weg gefunden werden, wie man einen Überblick über die Fluten an Informationen so gestalten kann. Denn es gab kein einzelnes Dokument, welche alle Richtlinien der DA beinhaltet. Daher habe ich mir einen Ordner angelegt, welcher sämtliche Dokumente der TEKO mit Informationen über die DA beinhaltet, und mir wichtige Infos hervorgehoben. Anschliessend habe ich die Informationen mit dem bereits am 12.06.2025 eingereichten Pflichtenheft abgeglichen, veränderte Punkte der Initialisierung mit in die DA genommen und mir so den Zeitplan erarbeitet.

Eine weitere Herausforderung war die Einarbeitung in die SPS. Bereits das herstellen einer Verbindung zwischen Computer und SPS äusserte sich als nicht sehr trivial. So verging fast ein Tag, bis ich schlussendlich mit einem Windows 10 anstatt eines Windows 11 Computers, die Erstverbindung zur SPS endlich herstellen konnte. Danach war die SPS initialisiert und sie konnte von allen mir zur Verfügung stehenden Betriebssystemen verbunden werden. Die Einarbeitung in die Software fiel mir dann ziemlich leicht, da das Programm sehr intuitiv aufgebaut ist.

Das Engineering der Tafelstation war für mich eine Premiere: zuvor habe ich noch nie etwas entwickelt, was den Industrieumgebungen standhalten muss. Bis zur aktuellen Lösung war es ein langer Weg. Unter anderem auch, da unser Standort für den UH an Fzg ausgelegt ist und zur Entwicklung von neuen Objekten eher schlecht ausgerüstet ist. So habe mit dem gearbeitet, was mir zur Verfügung stand und was sonst so im Bauparkt erhältlich ist. Da ich zuhause eine gut ausgestattete Werkstatt besitze, konnte ich dort ausarbeiten was im Geschäft nicht möglich war.

4.2.3 Reflexion

Die DA ist eine sehr anspruchsvolle Aufgabe, da sie viel Zeit in Anspruch nimmt. Besonders komplex wird es, wenn man trotz eines ausgereiften Zeitmanagements neben der DA unerwartete Alltagstätigkeiten erledigen muss, um den Betrieb aufrecht zu erhalten. Insgesamt habe ich viel über die SPS-Programmierung gelernt, mir einige Komponenten der ST-Programmierung angeeignet und anhand der Kabelverlegung Einblicke in die Infrastruktur des Gebäudes erhalten, welche ich ohne DA nicht haben konnte.

Obwohl ich bereits seit der ersten Woche immer wieder an der Doku schreibe, merke ich wie die Zeit immer knapper wird und die Doku noch nicht auf dem Stand ist, auf dem ich sie gerne haben möchte. Somit habe ich gelernt, bei einer Arbeit mit hohen Erwartungen besonders viel Zeit, einzuplanen.

Obwohl ich auf einige Schwierigkeiten gestossen bin, konnte ich stets eine Lösung zu deren Bewältigung finden. Besonders gut gefiel mir die eigenständige Entwerfung vom Konzept über die Programmierung bis hin zum physischen Aufbau. Wenn man schlussendlich vor einer eigens entworfenen Anlage steht, welche funktioniert, erfüllt einem das mit Stolz.

Rückblickend habe ich wertvolle Erfahrungen und Fertigkeiten im Bereich Projektgestaltung, Engineering, SPS-Programmierung, Protokollierung und Dokumentation sowie im Anlagenbau sammeln können. Mit diesem gut gepackten Rucksack an Wissen fühle ich mich exzellent für die Zukunft gerüstet und freue mich bereits jetzt auf viele weitere Projekte.

4.3 Schlusswort und Danksagung

An dieser Stelle will ich mich bei allen bedanken, die mich während der Diplomprüfungsphase unterstützt haben.

Ein besonderer Dank gilt meiner Frau Sharon, welche mir während der gesamten Arbeit den Rücken freigehalten hat und mir viele Alltägliche arbeiten abgenommen hat. Sie ermutigte mich immer wieder weiterzumachen, auch wenn es Rückschläge oder

Ohne unsere interne Haustechnik wäre die DA nicht möglich gewesen. Durch die Unterstützung von Pascal Limacher wurde mir Zugang zu bestehenden Systemen erteilt, und immer eine helfende Hand geboten, wenn es sich um Baustellenarbeiten drehte. Daher spreche ich an dieser Stelle ein grosses Danke aus.

Ein wichtiger Beitrag leistete mein Diplomdozent David Hosslin durch seine Beantwortung von Fragen rund um die DA, seine Inputs betreffend die Dokumentation und seinen Besuch in unserem Depot, wo er die Anlage physisch als einer der ersten betrachten konnte.

Ich möchte meinen Schulkameraden danken, welche während der DA immer wieder in die Schule gekommen sind um sich auszutauschen und eigene Erfahrungen zu teilen. Dies hat stets einen wichtigen Beitrag zur Motivation aller anwesenden beigetragen.

Als letztes gilt ein Dank an meinen zwei Katzen Merlin und Mosi, welche mir beim Programmieren und beim Schreiben der Dokumentation durchgehend auf dem Schoss sassen und mich so in aufbrausenden Situationen abgehalten haben, den Kopf zu verlieren und stattdessen ruhig weiterzuarbeiten.

4.4 Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, Jonas Burn, Studierender an der TEKO im 6. Semester in der Klasse TEL22A, dass ich die am 29.09.2025 abgegebene DA mit dem Titel "Visualisierung von Fahrzeugbewegungen in Depots" in selbstständiger Tätigkeit geschrieben habe. Dazu habe ich nur angegebene Hilfsmittel verwendet. Fotos, Bilder, Tabellen und Schemas wurden durch mich erstellt und mittels PowerPoint designt oder bearbeitet. Alle Stellen, welche wörtlich oder sinngemäss aus fremden Quellen stammen, sind entsprechend als solche markiert.

Des Weiteren bestätige ich, keine fremde Hilfe in Anspruch genommen zu haben um Lösungen zu entwickeln und Software zu programmieren. Für die gesamte Arbeit wurde bewusst auf den Einsatz von KI verzichtet. Alle elektronischen Formulierungen, Tabellen und Abbildungen wurden eigenständig erarbeitet. Für physische Arbeiten wurde in dokumentierten Fällen Hilfe in Anspruch genommen, wenn die Tätigkeit alleine nicht möglich war.

Zuletzt versichere ich, dass bis zum jetzigen Zeitpunkt weder eine andere Arbeit, welche diesen oder einen ähnlichen Inhalt wiedergibt, existiert, noch bereits vorgängig dieselbe Arbeit durch mich durchgeführt wurde.

4.5 Literatur- und Quellenverzeichnis

AGILLOX. (2011). <https://www.agillox.com/>. Von <https://www.agillox.com/de/rfid/> abgerufen

Eidgenössisches Starkstrominspektorat ESTI. (1.. August 2011). *System SEV 1011*. Von https://www.esti.admin.ch/inhalte/pdf/MUB/Dokumente/Info_SEV1011_de-fr-it-en.pdf abgerufen

finder Relaying Innovation. (9.. Januar 2023). *findernet.com*. Von <https://www.findernet.com/de/deutschland/news/finder-opta-the-unique-new-programmable-logic-relay/> abgerufen

IDUINO. (2017). User Manual For ACS712 20A Range Current Sensor Module for Arduino(ME067) . Anhang_I Datenblätter.

Kirchhofer, B. (2007). <http://kinformatik.ch/>. Von <http://kinformatik.ch/Tools/Praeferenzmatrix/Praeferenzmatrix.htm> abgerufen

Projekt-Kosmos. (12. September 2024). <https://www.projekt-kosmos.de/>. Von <https://www.projekt-kosmos.de/blog/kostenlose-excel-vorlage-zur-risikoanalyse-in-projekten> abgerufen

Zündkorn GmbH. (2023). *Bedürfnisse und Ziele ermitteln*. TEK0: Giuseppe Costabile.

Zündkorn GmbH. (2023). *Lösungen konzipieren Folie 160*. TEK0: Giuseppe Costabile.

Zündkorn GmbH. (2023). *Projektmanagement Folie 32*. TEK0: Giuseppe Costabile.

Wacky Engineering. (2025). Programming Arduino Opta with Arduino PLC IDE Lesson 1-5. <https://www.youtube.com/@wackyengineering/videos>

5 Anhang

Im Anhang befinden sich die Dokumente, auf welche jeweils aus der Dokumentation heraus verwiesen wird. Im separat abgegebenen Ordner befinden sich folgende Anhänge:

Anhang A	Pflichtenheft
Anhang B	Arbeitspakete
Anhang C1	Elektroschema
Anhang C2	Apparateliste
Anhang C3	Änderungen Schema Torsteuerung
Anhang D	Materialtabelle
Anhang E	Software
Anhang F	Prüfprotokoll
Anhang G	Handbuch
Anhang H	Tagesjournal
Anhang I	Datenblätter