

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## Diplomarbeit Bildungsgang Systemtechnik HF

B20-st6.1

**Projektteam CCA**

**Claudio Imstepf (CIM)**

**Curdin Brandenburger (CBR)**

**Alejandro Scheifele (ASH)**



**Auftraggeber**

SABO Software & Engineering GmbH



**Coach ABBTS**

Martin Pischtschan

**ABB Technikschule**

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

**Projektstart:** 04.04.2023

**Projektende:** 12.09.2023

### Digitaler Zwilling - Elektrohängelift



Abbildung 1: Elektrohängelift (SABO Software & Engineering GmbH, 2023)

## Management Summary

### Problem als Ausgangspunkt

Um Inbetriebnahmen, Optimierungen oder Anpassungen an Industrie-Anlagen durchzuführen, ist meistens nur ein kurzes Zeitfenster vorhanden, da die Anlagen dagehend betrieben werden. Unproduktive Zeitfenster verursachen hohe Kosten. Somit besteht in der Industrie ein grosses Interesse an Lösungen, welche die Stillstandszeiten verringern können. Mit dieser Thematik wird auch die SABO Software & Engineering GmbH konfrontiert. Ihr Tätigkeitsgebiet umfasst die Elektrohängelbahnen (EHB), die im Bereich der Intralogistik zum Einsatz kommen. Eine EHB ist ein automatisiertes Transportsystem, das in Produktions- und Lagerhallen eingesetzt wird, um den Materialfluss zu optimieren und den Transport von Gütern effizienter zu gestalten. Sie basiert auf einem Schienensystem, auf dem elektrisch betriebene Transportwagen entlangfahren.

### Situationsanalyse und Zielsetzung

Die Aufgabe der Elektrohängelbahn besteht darin, die Waren von den Belade- zu den Entladestellen zu transportieren. Der Auftraggeber besitzt derzeit keine digitale Version einer Elektrohängelbahn. Die Software der Steuerung wird vor Ort getestet und während Wartungsfenstern optimiert. Sie wird auf der Entwicklungsplattform STEP 7 geschrieben und läuft auf einer Siemens Simatic S7 SPS. Zudem werden 2-D Zeichnungen verwendet, um potenziellen Kunden die EHB aufzuzeigen. Für die Umsetzung wird eine CAD-Zeichnung und die Software im STEP 7 einer EHB-Anlage zur Verfügung gestellt.

Das Projekt hat das Hauptziel, einen realistischen digitalen Zwilling einer EHB zu schaffen. Dieser soll Aussehen und Funktionalität präzise wiedergeben. Durch die digitale Nachbildung können verschiedene Aspekte wie Fahrbewegungen, Energieversorgung, Steuerungssysteme und Interaktionen simuliert und analysiert werden. Dies ermöglicht die frühzeitige Identifikation von Optimierungsmöglichkeiten und die Erprobung von Lösungen. Der digitale Zwilling bietet zudem die Option, Betriebsszenarien zu simulieren und Wartungsstrategien zu planen, um Effizienz und Gesamtleistung der EHB zu steigern. Dieses Projekt strebt an, ein wertvolles Tool für Planung, Betrieb und Wartung zu entwickeln, das einen realistischen Einblick in die Erscheinung und Funktion einer Elektrohängelbahn gewährt. Des Weiteren möchte der Auftraggeber den Zwilling bei Gesprächen mit potenziellen Kunden einsetzen, um die Leistungsfähigkeit der EHB visuell aufzuzeigen.

### Lösungssuche

Die Umsetzung dieses Projekts erfordert zunächst die Auswahl einer geeigneten Softwareplattform, um die Elektrohängelbahn in einer virtuellen Umgebung präzise zu modellieren. Darüber hinaus ist die sorgfältige Untersuchung von Schnittstellen erforderlich, da diese in der virtuellen Umgebung andere Anforderungen und Implementierungsweisen aufweisen als im realen Aufbau. Um eine umfassende Darstellung der EHB zu ermöglichen, erfolgt die Erweiterung der virtuellen Anlagen. Dies beinhaltet die kundenseitigen Belade- und Entladestellen, die als Übertragungsglied zwischen der EHB und dem Hochregallager fungieren.

### Bewertung und Entscheidung

Bei der Auswahl der Softwareplattformen sind zwei wesentliche Faktoren maßgeblich. Erstens wird vom Auftraggeber das TIA Portal als bevorzugte Plattform für die Umsetzung der Steuerung-Software vorgegeben. Zweitens stellt die ABBTS eine Lizenz für die Entwicklungsplattform iPhysics zur Verfügung, die kostenfrei für die Dauer der Diplomarbeit genutzt werden kann.

# ABB Technikerschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

Die Vorgabe dieser beiden Plattformen führt zur Auswahl der passenden Schnittstelle. Seitens TIA Portal erweist sich die Anwendung PLCSIM Advanced als zweckmäßig. Diese Schnittstelle ist mit der Proxyschnittstelle von iPhysics kompatibel.

Die Entscheidung zur Verwendung des TIA Portals ermöglicht zudem die Gestaltung einer Bedienoberfläche mit einem virtuellen HMI. Dieses virtuelle HMI bietet die Möglichkeit, kundenseitige Aufträge zu simulieren und eine visuelle Übersicht über die Signale der EHB bereitzustellen.

## Umsetzung

Die erfolgreiche Realisierung eines digitalen Zwilling einer Elektrohängebahn wird durch den gezielten Einsatz verschiedener Softwareplattformen ermöglicht. Durch Autodesk Inventor werden präzise CAD-Zeichnungen der EHB-Anlage verwendet, die als Grundlage für die virtuelle Nachbildung dienen. Dank der Software iPhysics kann der virtuelle Aufbau der EHB unter Berücksichtigung der physikalischen Gegebenheiten detailgetreu entwickelt und aufgebaut werden. Im TIA Portal wird der Quellcode für die Steuerung der EHB programmiert, um reibungslose Abläufe und Bewegungen der Hängefahrzeuge sicherzustellen. Zudem wird eine benutzerfreundliche Bedienoberfläche erstellt, die die Simulation von Aufträgen und Tests des Automatikbetriebs der EHB ermöglicht. Mit WinCC Runtime kann die virtuelle Bedienoberfläche simuliert werden. Mit PLCSIM Advanced kann eine virtuelle SPS erzeugt werden. Sie dient als Schnittstelle zwischen der Steuerung der EHB und dem virtuellen Aufbau, um eine umfassende Simulation der Anlage zu gewährleisten.

Die Integration dieser Softwareplattformen spielt eine zentrale Rolle bei der erfolgreichen Umsetzung des Projekts zur Schaffung eines digitalen Zwilling mit erweiterten Funktionen. Infolgedessen entsteht die Möglichkeit zur Optimierung und Verbesserung des Anlagenbetriebs ohne physische Eingriffe.

## Empfehlung / Fazit

Der digitale Zwilling, als virtuelle und detailgetreue Nachbildung einer Anlage, eröffnet eine neue Ära der Effizienz und Innovationskraft. Die Möglichkeit, Arbeiten und Tests vor der physischen Inbetriebnahme durchzuführen, ist von unschätzbarem Wert. Sie ermöglicht nicht nur die Identifizierung von Problemen im Vorfeld, sondern bietet auch die Gelegenheit, Optimierungen und Innovationen am digitalen Zwilling zu testen.

Unsere Erfahrung zeigt, dass diese Herangehensweise Zeit und Ressourcen spart. Sie minimiert das Risiko teurer Fehler und beschleunigt den Innovationsprozess. Daher empfehlen wir nachdrücklich, den digitalen Zwilling als integralen Bestandteil jeder Anlagenentwicklung und -optimierung zu betrachten. Die Investition in diese Technologie wird sich nicht nur in wirtschaftlicher Hinsicht auszahlen, sondern auch die Wettbewerbsfähigkeit und Flexibilität des Unternehmens erheblich steigern.

# ABB Technikerschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS UND GLOSSAR .....</b>	<b>6</b>
<b>2 EINLEITUNG .....</b>	<b>8</b>
2.1 ELEKTROHÄNGEBAHN .....	8
2.2 AUFTRAGGEBER .....	8
<b>3 AUFGABENSTELLUNG / PROJEKTAUFTAG .....</b>	<b>9</b>
3.1 PROJEKTAUFTAG .....	9
3.2 ZIEL DER DIPLOMARBEIT.....	10
3.3 AUFGABENSTELLUNG .....	10
3.4 PROJEKTABLAUF.....	11
3.5 RAHMENBEDINGUNGEN .....	11
<b>4 PROJEKTMANAGEMENT.....</b>	<b>13</b>
4.1 PROJEKTORGANISATION .....	13
4.2 KONTAKTINFORMATIONEN .....	14
4.3 ANFORDERUNGEN.....	15
4.4 STRUKTURPLAN .....	16
4.5 TERMINPLAN / ABLAUFPLAN .....	17
4.6 RESSOURCEN- KAPAZITÄSPLAN .....	18
4.7 ARBEITSPAKETE / KANBAN.....	19
4.8 PROJEKTKOSTEN .....	20
4.9 RISIKOANALYSE.....	21
4.10 KOMMUNIKATIONS- / MEETING-PLAN .....	23
4.11 QUALITÄTSMANAGEMENT .....	24
4.12 PFlichtenheft .....	26
4.13 MEILENSTEINE.....	27
<b>5 SITUATIONSANALYSE .....</b>	<b>31</b>
5.1 AUSGANGSLAGE.....	31
5.2 SCHNITTSTELLEN .....	32
5.3 SWOT - ANALYSE.....	34
<b>6 ZIELSETZUNGEN .....</b>	<b>35</b>
6.1 ZIELERREICHUNG.....	36
<b>7 LÖSUNGSSUCHE.....</b>	<b>37</b>
7.1 GROBKONZEPTANALYSE .....	37
7.2 KONZEPTANALYSE .....	44
<b>8 LÖSUNGSWAHL .....</b>	<b>53</b>
8.1 SOFTWARE.....	53
8.2 VIRTUELLER AUFBAU .....	55
8.3 BEDIENOBERFLÄCHE / AUFTRAGSABWICKLUNG .....	56
8.4 SCHNITTSTELLEN .....	56
<b>9 DETAILKONZEPTENTWICKLUNG.....</b>	<b>58</b>

# **ABB Technikerschule**

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

9.1	SOFTWARE.....	58
9.2	VIRTUELLER AUFBAU .....	60
9.3	BEDIENOBERFLÄCHE / AUFRAGSABWICKLUNG .....	61
9.4	SCHNITTSTELLEN .....	63
<b>10</b>	<b>REALISATION .....</b>	<b>64</b>
10.1	SIEMENS TIA-PORTAL.....	64
10.2	SIEMENS PLCSIM ADVANCED .....	75
10.3	SIEMENS WINCC RUNTIME .....	78
10.4	AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL / I PHYSICS.....	88
10.5	VERBINDUNG SIEMENS PLCSIM ADVANCED UND I PHYSICS PLCSIM PROXY .....	93
<b>11</b>	<b>WIRTSCHAFTLICHKEIT UND RISIKOANALYSE FMEA.....</b>	<b>94</b>
<b>12</b>	<b>SCHLUSSWORT .....</b>	<b>96</b>
<b>13</b>	<b>AUSBLICK.....</b>	<b>97</b>
13.1	KOSTEN NACH DEM PROJEKT.....	97
13.2	ERWEITERUNG.....	99
<b>14</b>	<b>PRESSEBERICHT .....</b>	<b>101</b>
<b>15</b>	<b>ANHÄNGE.....</b>	<b>103</b>
<b>16</b>	<b>VERZEICHNISSE .....</b>	<b>104</b>
16.1	QUELLENVERZEICHNIS.....	104
16.2	ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	106
16.3	TABELLENVERZEICHNIS .....	108

# ABB Technikerschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 1 Abkürzungsverzeichnis und Glossar

Abkürzung	Bedeutung
ABBTS	ABB Technikerschule
AWL	Anweisungsliste Programmiersprache für Speicherprogrammierbare Steuerungen
Backend	Datenverarbeitung und -speicherung im Hintergrund von Software, Apps und Webseiten, welcher für Anwender nicht sichtbar ist.
Blockentriegelung, Blockverriegelung	Anlange ist in Blöcke unterteilt, um die Standorte der Fahrzeuge zu ermitteln. Falls sich ein Fahrzeug in einem Block befindet, wird der Block verriegelt und das folgende Fahrzeug muss im dahinterliegenden Block anhalten. Sobald das vordere Fahrzeug weiterfährt, wird der Block entriegelt und für das darauffolgende Fahrzeug freigegeben.
CPU	Central Processing Unit Zentraleinheit, Hauptprozessor des Rechners
Digitaler Zwilling	Nachbau einer real existierenden Anlage im virtuellen Bereich
EHB	Elektrohängebahn
Frontend	Software-Anwendung Applikation (z.B. Webseite), die für den Anwender sichtbar ist.
Fz.	Fahrzeug
Hängefahrzeug	einzelnes Fahrzeug bestehen aus Metallkonstruktion, Rollenförderer für Paletten Transport, Antriebsmotoren, Stromabnehmer und Fahrzeugsteuerung
HIL	Hardware-in-the-Loop bezeichnet ein Verfahren, bei dem ein eingebettetes System über seine Ein- und Ausgänge an ein angepasstes Gegenstück angeschlossen und getestet wird. (WikiUserXXXXL, 2023)
HMI	Human Machine Interface Schnittstelle für die Interaktion zwischen Mensch und Maschine.
HTML	Hyper Text Markup Language textbasierte Auszeichnungssprache zur Strukturierung elektronischer Dokumente, Texte mit Hyperlinks, Bildern und anderen Inhalten (Molily, 2023)
Intralogistik	logistische Material- und Warenflüsse, die sich innerhalb eines Betriebsgeländes abspielen (Jkrohrbaech, 2023)
INT	Datentyp INTEGER (32Bits) Datentyp als ganze Zahl in der range von -2147483648 bis 2147483647
iPhysics	Softwareplattform von machineering für die Erstellung der virtuellen Anlage, auch industrialPhysics genannt
OPC UA	Open Platform Communications Unified Architecture Machine-to-Machine-Kommunikationsprotokoll für die industrielle Automatisierung (Software AG, 2023)
PCM	Pulse Code Modulation (Pulsmodulationsverfahren) Umwandlung von zeit- und wertkontinuierlichem analogem Signal in zeit- und wertdiskretes digitales Signal. (Madagaskar, 2023)
Phyton	universelle, üblicherweise interpretierte, höhere Programmiersprache (Simon04, 2023)
PL	Projektleiter
Proxy	Kommunikationsschnittstelle

# ABB Technikerschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

	Vermittlung und Verwaltung von Kommunikation zwischen verschiedenen Netzwerken, Systemen, Anwendungen.
RFID	Radio-Frequency Identification Sender-Empfänger-Systeme zum automatischen und berührungslosen Identifizieren und lokalisieren von Objekten mit Radiowelle (Niemeyerstein, 2023)
SABO	SABO Software & Engineering GmbH
SPS / PLC	Speicherprogrammierbare Steuerung / Programmable Logic Controller System zur Automatisierung von Steuerung und Regelung von Maschinen, Anlagen und Prozesse in industriellen Umgebungen. (Luber, 2023)
STEP 7	Siemens Transmitter-Electronic Pneumatic 7 Engineering-Softwareumgebung von Siemens für die Programmierung und Konfiguration von SPS-Systemen
TIA Portal	Totally Integrated Automation Portal Engineering-Softwareumgebung von Siemens für die Programmierung und Konfiguration von SPS-Systemen
UINT	Datentyp UNSIGNED INTEGER (32 Bits) Datentyp als ganze Zahl in der Range von 0 bis 4294967295
VR	Virtual Reality Virtuelle Realität
Web Visu (CODESYS)	Konfiguration einer webbasierten Darstellungsvariante Visualisierung von Steuerungseinheit in einem Webbrowser

*Tabelle 1: Glossar*

## 2 Einleitung

### 2.1 Elektrohängelbahn

Die Elektrohängelbahn (EHB) ist ein schienengebundenes Fördermittel mit autonomen Hängefahrzeugen. Das automatisierte Transportsystem wird in dem Intralogistik-Bereich, wie z.B. Produktions- und Lagerhallen, eingesetzt (siehe Abbildung 2).

Folgende Beschreibungen zeigen auf, wie eine Elektrohängelbahn funktioniert und aufgebaut ist:

- **Schienensystem:** Die Elektrohängelbahn besteht aus einem Netzwerk von Fahrschienen. Die Fahrschienen sind entweder an der Hallendecke oder einer Stahlkonstruktion montiert. Die Schienen verlaufen in vordefinierten Routen oder Schleifen, um die einzelnen Arbeitsbereiche, Produktionslinien oder Lagerflächen miteinander zu verbinden. Autonome Weichen ermöglichen die Abzweigungen auf der Strecke.
- **Hängefahrzeuge:** Die schienengebundenen, autonomen, Hängefahrzeuge transportieren unterschiedliche Güter/Paletten. Das Gehänge ist individuell anpassbar und kann für den Transport von Paletten, Gitterboxen oder individuelle Ladungsträger dienen.
- **Elektrische Energieversorgung:** Die Stromschienen (Schleifleitungen) sind an den Fahrschienen montiert. Die Energieversorgung der Hängefahrzeuge erfolgt über mehrere Stromabnehmer, die das elektrische Antriebssystem speisen.
- **Steuerungssystem:** Die Steuerung der Elektrohängelbahn erfolgt über eine zentrale und mehrere dezentrale Steuerungseinheiten, die den Transportverkehr regeln. Die Auftragsabwicklung erfolgt automatisch, da die Anlagensteuerung die entsprechenden Aufträge an die Hängefahrzeuge zuweist. Die Anlage kann aber auch manuell gesteuert werden, z.B. bei Störungen.
- **Flexibilität und Erweiterbarkeit:** Elektrohängelbahnen bieten eine hohe Flexibilität und Erweiterbarkeit. Das Schienensystem kann an die räumlichen Gegebenheiten angepasst und bei Bedarf erweitert werden, um neue Bereiche oder Produktionslinien zu integrieren. Zudem können die Transportwagen leicht umgerüstet oder ausgetauscht werden, um sich den unterschiedlichen Transportanforderungen anzupassen.

Die Elektrohängelbahn ermöglicht eine effiziente und automatisierte Gestaltung des Materialflusses, was zu einer verbesserten Produktivität, geringeren Betriebskosten und einer insgesamt optimierten Logistik führt. (Irrgang, 2019)



Abbildung 2: Einsatzgebiet EHB

### 2.2 Auftraggeber

Die Firma SABO Software & Engineering, mit Sitz in Schenkon, ist im Intralogistikbereich angesiedelt. Ihr Kerngeschäft umfasst die Konzeption, Planung, Realisierung und Wartung von Elektrohängelbahnen. Dies schließt die Bereiche Mechanik, SPS-Programmierung und Steuerungssysteme ein. Seit November 2017 bietet sie auch Dienstleistungen im Bereich Fahrstrom an. (SABO Software & Engineering GmbH, 2023)

# ABB Technikerschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 3 Aufgabenstellung / Projektauftrag

### 3.1 Projektauftrag

Der Projektauftrag wird im Dokument MD04A beschrieben. Die Freigabe des Projektauftrages ist in der Abbildung 3 ersichtlich. Der komplette Projektauftrag ist als Anhang Nr.01 beigefügt.

#### ABB Technikerschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

##### Projektauftrag zur Diplomarbeit

Systemtechnik

**Projekttitle** Entwicklung Digitaler Zwilling - Elektrohängelbahn

**Auftraggeber** SABO Software & Engineering GmbH

**Kontaktperson** Iselin Dominik

**Projektteam**  
Brandenburger Curdin  
Imstepf Claudio  
Scheifele Alejandro

**Coach** Pischtschan Martin

**Ausgabedatum / Ort** 04.04.2023 ABB Technikerschule

**Abgabedatum / Ort** 12.09.2023 ABB Technikerschule

**Projektentschädigung**  
Gemäss Absprache zwischen Herrn Iselin Dominik (Auftraggeber) und Herrn Flamur Selmani (ABB-TS) wurde eine Projektentschädigung von CHF 5'000.- festgelegt. Wird das Projektziel nicht vollständig erreicht, kann die Entschädigung in Absprache zwischen Auftraggeber und ABB Technikerschule angepasst werden.

Datum

Unterschrift

Auftraggeber

17.03.2023

Coach

M. P.

Bildungsgangleiter

22.03.2023

Abbildung 3: Ausschnitt MD04A Projektauftrag unterschrieben

### 3.2 Ziel der Diplomarbeit

Ziel der Diplomarbeit ist die Entwicklung eines digitalen Zwilling einer Elektrohängeliftanlage. Dies beinhaltet den Aufbau der virtuellen Anlage, die Programmierung der Software und die Übertragung der Daten via Schnittstellen. Ebenfalls steht die Erweiterung mit Rollenförderern im Fokus, um die Anlage zu komplettieren.

Die erfolgreiche Umsetzung ermöglicht dem Unternehmen, die Optimierung von Prozessen, die frühzeitige Erkennung von potenziellen Problemen und die effiziente Planung von Erweiterungen und Änderungen in der realen Produktionsanlage.

### 3.3 Aufgabenstellung

Die Arbeit umfasst verschiedene Arbeitspakete, die es ermöglichen sollen, einen digitalen Zwilling einer Elektrohängeliftanlage zu entwickeln und diesen erfolgreich in Betrieb zu nehmen. Folgenden sind die einzelnen Aufgaben detailliert beschrieben:

- **Erstellung eines Pflichtenheftes:** In diesem Arbeitspaket wird ein umfassendes Pflichtenheft erstellt, das alle Anforderungen und Spezifikationen für den digitalen Zwilling der EHB enthält. Das Pflichtenheft wird von allen beteiligten Personen sorgfältig geprüft und anschließend unterzeichnet, um Klarheit und Einverständnis zu gewährleisten.
- **Implementierung der vorhandenen Inventor Dateien in iPhysics:** Die bereits vorhandenen 3D-Modelle der Produktionsanlage, erstellt mit Inventor, sollen in das iPhysics-Simulationstool überführt werden. Hierbei ist eine detaillierte Überprüfung der Modelle auf Korrektheit und Vollständigkeit erforderlich, um eine präzise Abbildung im Digitalen Zwilling zu gewährleisten.
- **Programmierung der Anlagensteuerung auf dem TIA Portal:** Die Anlagensteuerung erfolgt aktuell über STEP 7, doch im Rahmen dieses Projekts soll sie auf das TIA Portal umgestellt werden. Hierbei müssen sämtliche Steuerungsabläufe und Prozesse angepasst und optimiert werden, um die volle Funktionalität des digitalen Zwilling zu gewährleisten.
- **Umsetzung und Inbetriebnahme des digitalen Twins:** In diesem Arbeitspaket wird der Digitale Zwilling der EHB vollständig umgesetzt und in Betrieb genommen. Es werden Tests und Simulationen durchgeführt, um die Funktionalität und Interaktionen mit verschiedenen Szenarien zu überprüfen und sicherzustellen, dass der Digitale Zwilling realitätsgetreu arbeitet.
- **Erweiterung der Anlage mit Rollenförderer:** Die Produktionsanlage soll mit Rollenförderer erweitert werden, um die vollständigen Abläufe der EHB im Digitalen Zwilling zu simulieren. Die Integration der Rollenförderer erfordert eine sorgfältige Planung und Implementierung, um eine nahtlose Interaktion mit der Anlage zu gewährleisten.
- **Erstellung des Leitfadens und der technischen Dokumentation:** Abschließend wird ein detaillierter Leitfaden erstellt, der die Nutzung und Bedienung des Digitalen Zwilling erläutert. Zudem wird eine umfassende technische Dokumentation erstellt, die alle Aspekte des Projekts dokumentiert und eine solide Grundlage für zukünftige Weiterentwicklungen und Wartungsarbeiten bietet.

# **ABB Technikerschule**

**Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →**

## **3.4 Projektablauf**

### **3.4.1 Vorgehensplan**

Zu Beginn der Diplomarbeit erstellt das Projektteam ein Vorgehensplan mit den wichtigsten Meilensteinen. Der Vorgehensplan ist vom Coach der ABB Technikerschule zu genehmigen und muss zwingend folgende Inhalte aufweisen:

- Projektorganisation, Projektplan, Terminplan
- Ist- und Sollzustand
- Zeit- und Kapazitätsplanung
- Qualitätsanforderungen
- Datum der Schlusspräsentation beim Auftraggeber. Diese Präsentation sollte vor dem Abgabetermin der Diplomarbeit durchgeführt werden. In Absprache mit dem Auftraggeber und dem Bildungsgangleiter kann die Präsentation der Diplomarbeit auch kurz nach dem Abgabetermin erfolgen.

### **3.4.2 Fortschrittskontrollen**

Der Coach führt periodisch mit den Studierenden Fortschrittskontrollen durch. Dabei können technische und organisatorische Fragen geklärt werden.

Müssen während der Projektrealisierung bestimmte technische Daten und Vorgaben angepasst werden, darf dies nur in Rücksprache mit dem Auftraggeber und dem Coach der ABB Technikerschule geschehen. Die Gründe für die Änderungen müssen dokumentiert werden. Die Folgen, welche die betreffenden Änderungen verursachen, sind ebenfalls schriftlich festzuhalten.

### **3.4.3 Arbeitsumfeld**

Die Arbeit wird im Auftrag des Auftraggebers durchgeführt. Die zur Realisierung erforderlichen Instrumente, Apparaturen und Software-Tools müssen vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt werden.

Die Studierenden sollen in Absprache mit Auftraggeber und Coach den Arbeitsort und die Arbeitszeiten bestimmen. Die Arbeit kann soweit nötig und möglich in den Räumen des Auftraggebers ausgeführt werden. Die Gruppenmitglieder haben die Freiheit, sich selber zu organisieren und den Arbeitsplan den Anforderungen entsprechend anzupassen.

(jpe, 2021)

## **3.5 Rahmenbedingungen**

### **3.5.1 Vertraulichkeit**

Es ist selbstverständlich, dass alle Erkenntnisse und Ergebnisse der Diplomarbeit dem Auftraggeber zugänglich gemacht werden. Dies muss immer in Verschwiegenheit gegenüber Dritten erfolgen. Es ist strikte untersagt, firmenspezifische Informationen in irgendeiner Form (Datenträger, Notizen, Mails, mündlich etc.) zu verbreiten.

Für die Veröffentlichung eines Pressetextes ist das «GUT ZUR PUBLIKATION» vom Auftraggeber einzuholen. Den Vorschriften und Vereinbarungen ist strikte Folge zu leisten.

Das «GUT ZUR PUBLIKATION» ist im Anhang Nr. 14 beigelegt.

### **3.5.2 Allgemeine Hinweise**

Die Gesamtverantwortung für die ausgeführten Arbeiten trägt der Auftraggeber. Die ABB Technikerschule ist eine Bildungsinstitution. Sie kann die nachfolgenden Punkte nicht gewährleisten (nicht abschliessend):

- Patentrechtliche Abklärungen
- Rechtliche Verifikation (Gesetzeskonformität national/international)
- Garantie
- Werkstattdokumentationen mit firmeninternen Normen
- CE- oder EMV-Konformitäts-Garantie resp. Erklärung
- Sicherheitsüberprüfungen bzw., SUVA-Konformitätsprüfungen
- Garantierte Festigkeitsnachweise/Sicherheitsgarantien
- Zertifizierungen wie ISO, EFQM etc.
- Abnahmetests (formelle nationale/internationale Richtlinien)

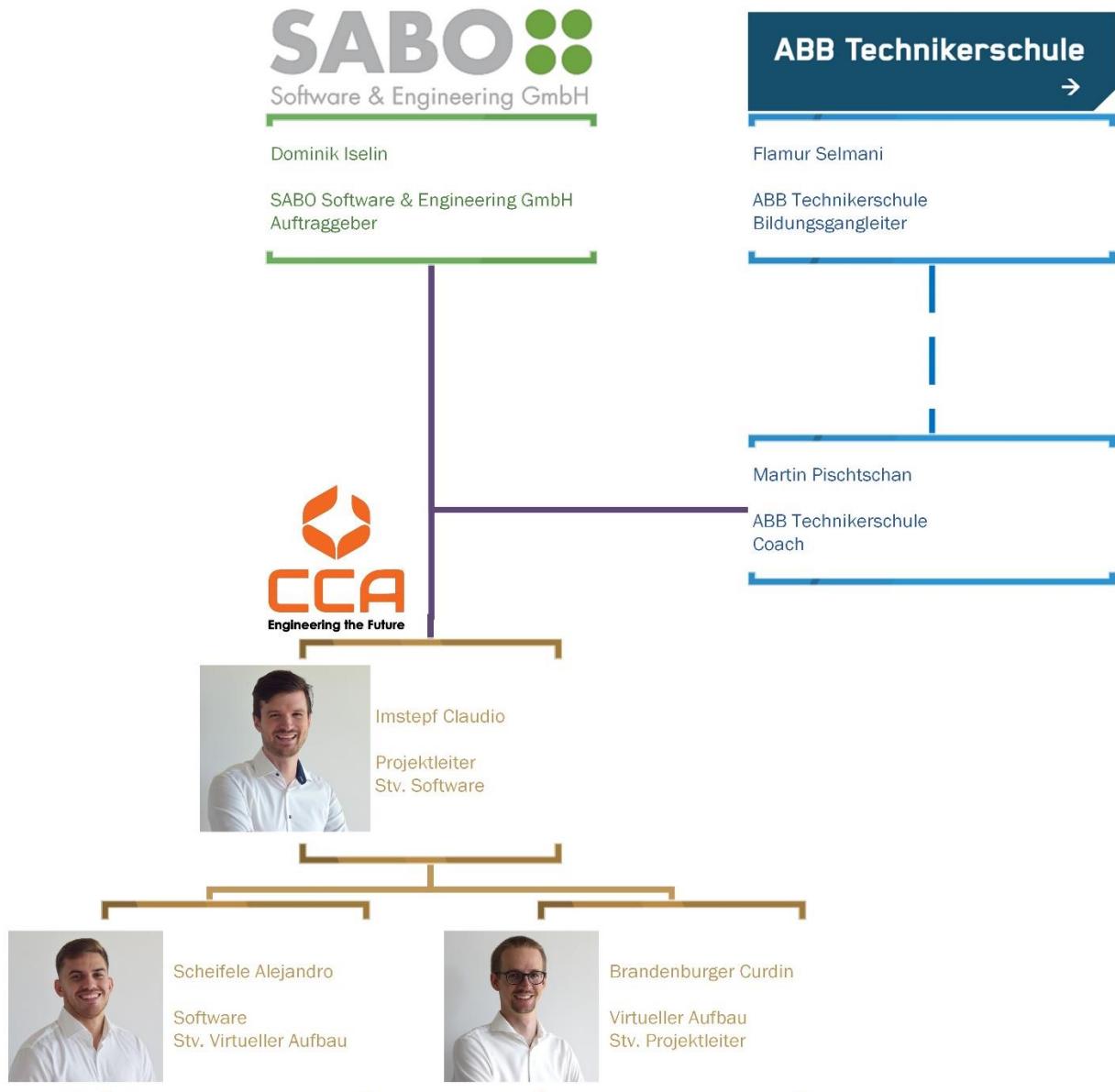
(jpe, 2021)

# ABB Technikerschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 4 Projektmanagement

### 4.1 Projektorganisation



# ABB Technikerschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 4.2 Kontaktinformationen

### 4.2.1 Projektteam

Claudio Imstepf	Curdin Brandenburger	Alejandro Scheifele
Lindenstrasse 20	Hagacherweg 12	Hinterdorfstrasse 16
8500 Frauenfeld	8966 Oberwil-Lieli	8918 Unterlunkhofen
<a href="mailto:claudio.imstepf@stud.abmts.ch">claudio.imstepf@stud.abmts.ch</a>	<a href="mailto:curdin.brandenburger@stud.abmts.ch">curdin.brandenburger@stud.abmts.ch</a>	<a href="mailto:alejandro.scheifele@stud.abmts.ch">alejandro.scheifele@stud.abmts.ch</a>
+41 79 723 61 50	+41 79 469 24 30	+41 79 820 54 75

### 4.2.2 Auftraggeber

Dominik Iselin  
SABO Software & Engineering GmbH  
Grenzstrasse 5B  
6214 Schenkon  
[dominik.iselin@sabo-eng.ch](mailto:dominik.iselin@sabo-eng.ch)  
+41 79 455 19 20

### 4.2.3 Coach der ABB Technikerschule

Martin Pischtschan  
FHNW  
Fellstrasse 12E  
5413 Birmenstorf  
[martin.pischtschan@doz.abmts.ch](mailto:martin.pischtschan@doz.abmts.ch)  
+41 79 515 52 27

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 4.3 Anforderungen

### 4.3.1 Rahmenbedingungen

Die projektbezogenen Rahmenbedingungen (siehe Tabelle 2), seitens des Auftraggebers und der ABBTS, wurden zu Projektbeginn erfasst.

#	Welche Rahmenbedingungen müssen beachtet / eingehalten werden?	Woher kommen sie?
1	Software mit Siemens TIA Portal (vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt)	SABO
2	Musteranlage im iPhysics aufbauen (Software von der ABB TS zur Verfügung gestellt)	SABO
3	Programmiersprache in AWL	SABO
6	Zeitaufwand von 720 Stunden (Pro Student 240 Stunden)	ABBTS
7	Abgabe Termin / Projektende: 12.09.23 drei Ordner und ein USB-Stick mit Video, Präsentation und Anhang	ABBTS
8	Präsentationstermin: 12.09.23 10 Minuten Präsentationszeit pro Mitglied	ABBTS
9	Sämtliche Daten, wie z.B. der Bericht (.pdf), der Quellcode der Anlage (SPS-Projekt) und auch zusätzlich erarbeitete Funktionen (z.B. Python-files), müssen in elektronischer Form via USB-Stick abgegeben werden.	ABBTS

Tabelle 2: Rahmenbedingungen

### 4.3.2 Anforderungskatalog

Basierend auf den Rahmenbedingungen wurde ein Anforderungskatalog erstellt. Die Aufstellung in der Tabelle Nr. 3 zeigt, welche Anforderungen verbindlich umgesetzt werden müssen, sowie diejenigen, die als notwendig erachtet werden. Zusätzlich werden auch wünschenswerte Anforderungen aufgeführt.

Nr.	Bezeichnung	Qualifizierung Werte, Daten	F=Forderung W=Wunsch	Erfüllung %
1	Virtueller Aufbau einer EHB-Anlage	15.04.2023	F	100
2	Funktionierende Software für die Simulation der Anlage	15.04.2023	F	100
3	Funktionierende Bedienoberfläche für die Ansteuerung der Anlage	15.04.2023	W	100
4	Für verschiedene Projekte anwendbar	15.04.2023	W	100
5	Dokumentation in Form eines Berichts	15.04.2023	F	100
6	Erstellen eines Presseberichts mit «Gut zur Publikation»	15.04.2023	F	100
7	Erstellen eines Plakats mit «Gut zur Publikation»	15.04.2023	F	100

Tabelle 3: Projektanforderungen

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 4.3.3 Change Log

Gemäss Aufgabenstellung MD04A wurde definiert, dass ein modularer Aufbau vom Auftraggeber gewünscht wird. Da in den CAD-Zeichnungen kein modularer Aufbau vorhanden war und die Inventor Datei nur eine grobe Struktur beinhaltete (Lieferobjekt vom Auftraggeber) wurde, in Absprache mit dem Auftraggeber, die Aufgabenstellung angepasst. Zusätzlich wurde vereinbart, dass die Inventor-Datei vom Projektteam erweitert wird. Diese Punkte wurden in einem Change Log (siehe Tabelle 4) festgehalten.

Basis-Information zum Änderungsantrag				Auswirkung der Änderung			Antwort auf den Änderungsantrag		
#	Datum	Antrag steller	Beschreibung der gewünschten Änderung	Prio	H / M / T	Beschrei- bung der Auswirkung	Bewilligt von	Datum der Be-willigung	Status / nächste Schritte
1	09.5. 2023	DIS	Inventor Dateien von Projektteam erweitern lassen	h	H	Zusatz-aufwand für Projekt-team	CBR, CIM	05.05. 2023	Inventor Datei erweitern
2	05.5. 2023	CBR	Keine modulare Anlage, sondern eine Muster-anlage simulieren	h	M	das Ziel der Diplom-arbeit wird geändert	DIS	05.05. 2023	Inventor Datei auf-bereiten

Tabelle 4: Change Log

## 4.4 Strukturplan

Die Arbeitspakete wurde mit dem Projektstrukturplan erarbeitet (siehe Abbildung 5). Der PSP dient als Grundlage für die Termin- und Ablaufplanung, die Ressourceneinplanung und die Kostenplanung. Die Arbeitspakete wurden in PM, Inventor/iPhysics, Software, Schnittstellen und Dokumentation aufgeteilt. Der Projektstrukturplan ist als Anhang Nr. 02 beigelegt.

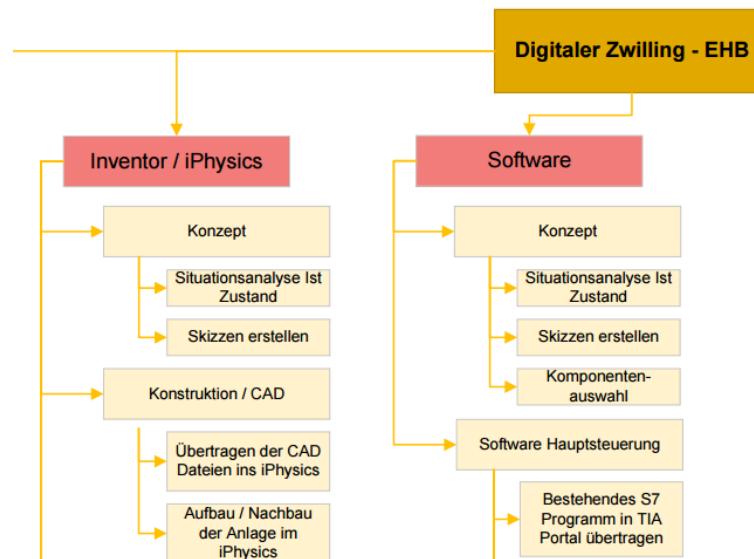


Abbildung 5: Ausschnitt Projektstrukturplan

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 4.5 Terminplan / Ablaufplan

Der Terminplan (siehe Abbildung 6) wurde anhand der geschätzten Zeiten und den zugeordneten Ressourcen erstellt. Der Terminplan bietet eine Übersicht in welchem Zeitraum ein Arbeitspaket abgearbeitet werden soll und wieviel Zeit eingeplant wurde. Zusätzlich wurden die Meilensteine in den Terminplan eingefügt. Der komplette Terminplan ist als Anhang Nr.03 beigefügt.

Arbeitspakete	Gesamt	Terminplan (Kalenderwochen)																
		CI	CB	AS	April			Mai			Juni							
	Soll	Soll	Soll	Soll	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Meilensteine Realisierung (Nr.3-7), Abschluss (9)																		
Allgemein	65	25	20	20														
Informationsbeschaffung	15	5	5	5														
Meetings (Kick-Off, Status-, Meilensteinmeeting)	50	20	15	15														
Projektmanagement	106	68	28	10														
Situationsanalyse Ist-/Soll Zustand	11	5	4	2														
Aufgabenverteilung / Organigramm erstellen	4	2	1	1														
Rahmenbedingungen ermitteln	3	2	1															
Anforderungskatalog erstellen	4	2	2															
Projektstrukturplan erstellen	8	6	2															
Kritische Erfolgsfaktoren definieren	2	2																
Risikoanalyse und Sofortmassnahmen definieren	8	5	2	1														
Zielkatalog erstellen	8	5	2	1														

Abbildung 6: Ausschnitt Ressourcen- und Terminplan

Der Ablaufplan (siehe Abbildung 7) zeigt die wichtigsten Eckdaten, wie Meilensteine, mit den dazugehörigen Terminen. Als Vorgehensmodell wurde das Wasserfallmodell ausgewählt. Der nächste Meilenstein wird freigegeben, sobald der vorgängige Meilenstein erreicht und kontrolliert wurde. Zur Kontrolle dient der Prüfplan. Der Prüfplan ist als Anhang Nr.04 beigefügt.

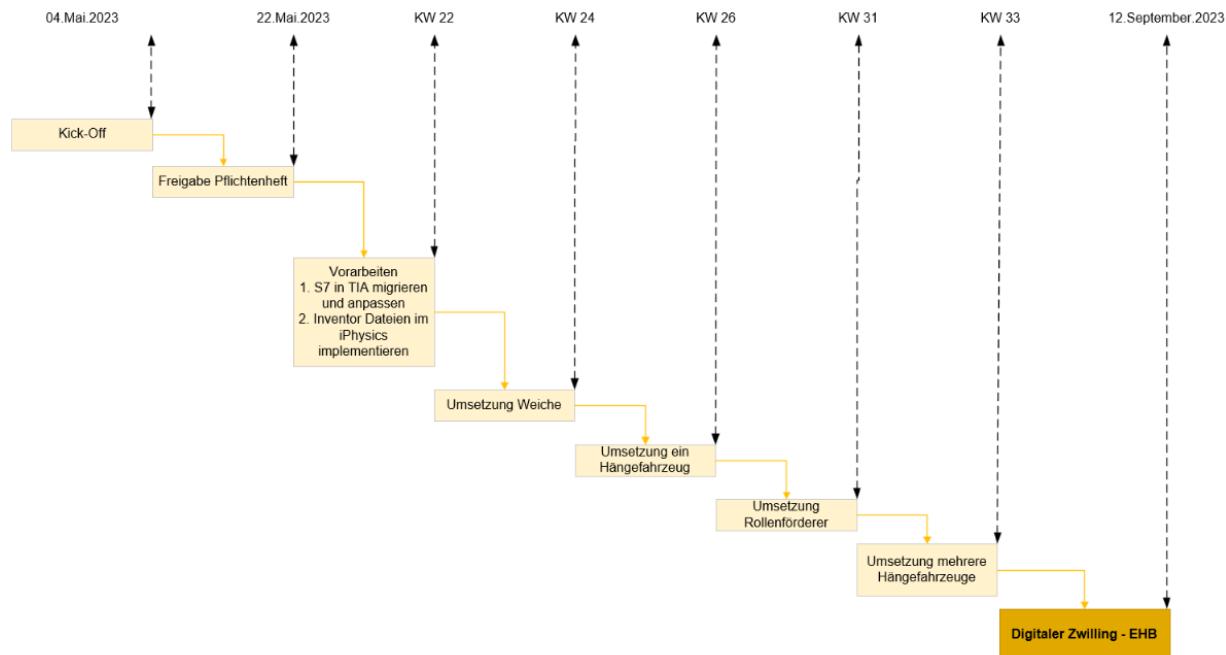


Abbildung 7:Ablaufplan

# ABB Technikerschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 4.6 Ressourcen- Kapazitätsplan

Von der ABB TS wurden insgesamt 240 Stunden pro Studierenden vorgegeben, was einen Gesamtaufwand von 720 Stunden ergibt. Die Ressourcen wurden entsprechend geplant und umgesetzt, wobei mehr Stunden als vorgegeben, eingeplant wurden. Dies war aufgrund der Verwendung unbekannter Tools und Software erforderlich, da der Aufwand schwer abzuschätzen war. Ausreichend Zeit wurde eingeplant, um das erforderliche Wissen zu erlangen und den Projekterfolg sicherzustellen. Tabelle 4 zeigt die Verteilung der Stunden auf die Hauptgebiete und die Studierenden.

Der Soll/Ist-Vergleich zeigt auf, wie viele Stunden tatsächlich für jedes Hauptgebiet verwendet wurden. Der detaillierte Soll/Ist-Vergleich ist im [Anhang Nr. 05](#) beigefügt. Die aufgewendeten Stunden wurden im Arbeitsrapport dokumentiert, dieser ist im [Anhang Nr. 06](#) beigefügt.

Hauptgebiete	Gesamt		CIM		CBR		ASH	
	Soll	Ist	Soll	Ist	Soll	Ist	Soll	Ist
Allgemein (Informationsbeschaffung, Meetings, usw.)	65	<b>85</b>	25	<b>40</b>	20	<b>28</b>	20	<b>18</b>
Projektmanagement	106	<b>88</b>	68	<b>61</b>	28	<b>24</b>	10	<b>4</b>
Virtueller Aufbau (Inventor / iPhysics)	143	<b>185</b>	15	<b>14</b>	115	<b>147</b>	13	<b>25</b>
Schnittstelle Paletten Anforderung	19	<b>57</b>	17	<b>30</b>	3	<b>9</b>	10	<b>18</b>
Software (TIA Portal)	200	<b>285</b>	43	<b>32</b>	12	<b>1.5</b>	145	<b>252</b>
Funktionstests	63	<b>93</b>	21	<b>24</b>	21	<b>25</b>	21	<b>45</b>
Abgabe Dokumente (Dokumentation, Plakat, usw.)	192	<b>316</b>	73	<b>138</b>	71	<b>107</b>	48	<b>72</b>
Gesamt	799	<b>1110</b>	262	<b>338</b>	270	<b>340</b>	267	<b>432</b>

Tabelle 5: Aufwand Soll / Ist Vergleich

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 4.7 Arbeitspakete / Kanban

Die Arbeitspakete wurden in einem Kanban-Board dargestellt, wozu die Software «aWork» verwendet wurde. Die Arbeitspakete wurden gemäss dem Terminplan terminiert und mit einer geschätzten Anzahl von Stunden versehen (siehe Abbildung 8).



Abbildung 8: Beispiel Arbeitspaket

In Abbildung 9 ist das Kanban-Board des Projektmitglieds «Claudio» dargestellt. Die Status eines Arbeitspakets wurden in «To Do», «in Bearbeitung», «Testing & Feedback» und «Fertig» unterteilt. Dadurch hatte jedes Projektmitglied jederzeit einen Überblick über seine aktuellen Aufgaben. Der Arbeitsrapport und die aufgewendeten Stunden konnten direkt dem entsprechenden Arbeitspaket zugeordnet werden.

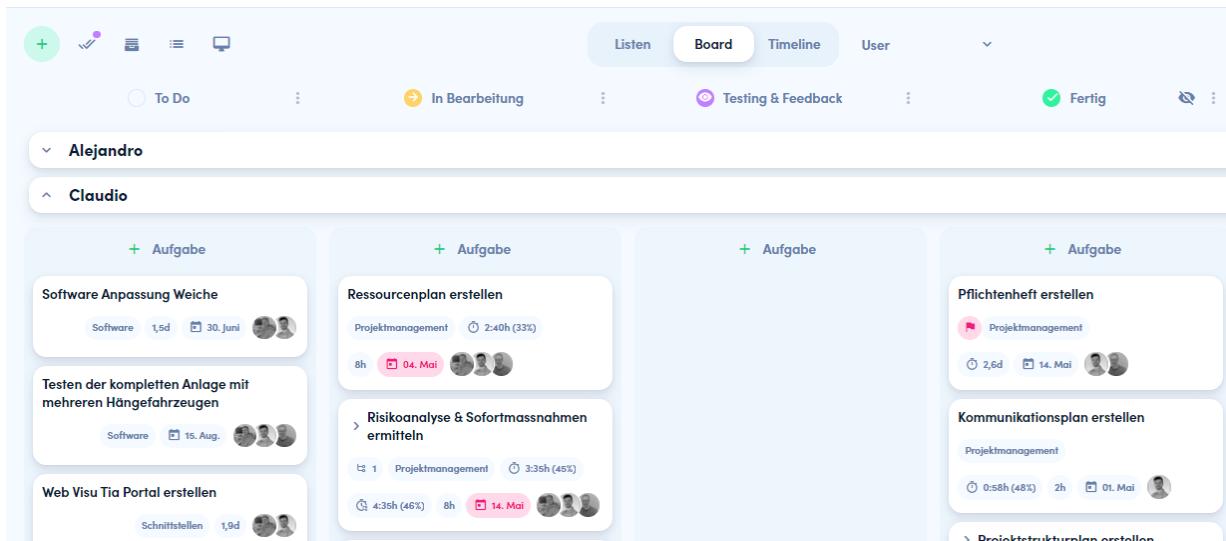


Abbildung 9: Kanban Board

# ABB Technikerschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 4.8 Projektkosten

Die Projektkosten (siehe Tabelle 6) berücksichtigen sämtliche Ausgaben, die für den Auftraggeber während der Projektdurchführung entstanden sind.

Zur Realisierung des Projektes wurde eine Pauschale von CHF 5000.00 von der ABBTS in Rechnung gestellt, dies beinhaltet den Aufwand der Technikerschule und die Lizenz iPhysics Ultimate.

Um die Softwareplattform iPhysics im Rahmen des Projekts nutzen zu können, waren Schulungen erforderlich, die zu einem vergünstigten Studentenpreis bezogen werden konnten.

Die Softwareplattformen TIA Portal und Inventor wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt.

Die Simulationssoftware PLCSIM Advanced wurde während des Projektes in Form von einer TRIAL Version genutzt. Diese Version ist kostenfrei, jedoch zeitlich begrenzt und kann nach Projektabschluss nicht mehr verwendet werden.

Material	Kosten
Kosten ABB Technikerschule (Pauschale)	CHF 5'000.00
iPhysics (Lizenz von der ABBTS)	CHF 0.00
Schulung iPhysics (CHF 150.00 pro Stunde)	CHF 750.00
TIA Portal (Lizenz vorhanden)	CHF 0.00
Inventor (Lizenz) vorhanden)	CHF 0.00
PLCSIM Advanced (TRIAL Version)	CHF 0.00
<b>Gesamtkosten</b>	<b>CHF 5'750.00</b>

Tabelle 6: Projektkosten

## 4.9 Risikoanalyse

Die Risikoanalyse (siehe Tabelle 7) beinhaltet die Betrachtung der kritischen Erfolgsfaktoren, welche den Projekterfolg beeinträchtigen könnten. Zu jedem kritischen Erfolgsfaktor wurde eine Sofortmassnahme zugewiesen. Dies ermöglicht die Eliminierung oder zumindest die Reduzierung der kritischen Erfolgsfaktoren.

#	Kritische Erfolgsfaktor	Massnahme
	Die Grösse und die Dauer des Projekts	Erfordert eine gute Planung, sowie eine stetige Steuerung und Überwachung. Der Informations-Austausch findet gemäss Informationsplan in den bestimmten Sitzungen statt.
2	Die zeitliche Rahmenbedingung einhalten	Einhalten des Zeitplans. Gute Aufteilung. Erlangtes Wissen den Projektmitgliedern gezielt weitergeben.
3	Das fehlende fachliche Know-how der Teammitglieder	Gute Kommunikation, ausreichendes Beschaffen von Wissen und Informationen.
4	Auswahl, Verfügbarkeit und Preise von Komponenten und Material	Zeitnahe Informierung, Auswahl und Beschaffung der erforderlichen Komponenten. Zur Verfügung stehendes Budget ermitteln.
5	Neue und unbekannte Tools (iPhysics, TIA Portal)	Informationen zu den Tools studieren und gezielt umsetzen. Schulungen durchführen. Sowie einen Kontakt finden, der bei Problemen unterstützen kann.

Tabelle 7: *kritische Erfolgsfaktoren*

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 3.9.1 Risiken und Massnahmenplan

Der Massnahmenplan (siehe Tabelle 8) beinhaltet weitere Risiken, die während dem Projekt auftreten könnten. Es wurden Massnahmen definiert, die beim Eintreten des Risikos helfen können, den Projekterfolg garantieren zu können.

W = Wahrscheinlichkeit  
S = Schadensausmass  
R = Risiko  
V = Verantwortlichkeit

T = Team  
C = Coach  
A = Auftraggeber  
PL = Projektleiter

3	Hoch
2	Mittel
1	Tief

### Risiken im Projektmanagement

#	Risiko Beschreibung	Konsequenzen	Ursachen	W	S	R	Massnahmen	V
1	Die Grösse und die Dauer des Projekts	Verspätung / Nicht Erfüllung der Ziele	Fehlende Erfahrung, Ungenügende Planung	1	2	2	Informationsbeschaffung zu dem Auftrag, sowie ausführliche Planung (Terminplan, Arbeitspakete, usw.)	PL
2	Verpassen der Termine (Meilensteine, Endtermin)	Verspätung / Nicht Erfüllung der Ziele	Fehlendes Knowhow,	1	2	2	Wöchentlicher Informationsaustausch innerhalb des Projektteams zur Kontrolle des Projektfortschrittes und zum Besprechen von Problemen.	PL
3	Unklare Zielformulierung	Nicht Erfüllung der Anforderungen	Ziel nicht klar formuliert.	2	2	2	Bei Unklarheiten zu den Anforderungen dies beim Auftraggeber abklären. Messbare Ziel definieren. Zu jedem Ziel einen Prüfschritt/Prüfplan erstellen	PL

### Personelle Risiken

4	Mitglied fällt aus	Mehr Last auf den Anderen	Krankheit/ Unfall	1	3	2	Stellvertreter vorgängig definieren. Ständiger Informationsaustausch unter den Projektmitgliedern.	T
5	Ferienbedingte Abwesenheit	Arbeit bleibt liegen. Ansprechperson fehlt. Verspätungen.	Nicht erreichbar	1	1	1	Stellvertreter wird auf dem Laufenden gehalten. Speziell vor geplanten Abwesenheiten wird ein Wissenstransfer durchgeführt. Geplante Abwesenheiten werden im Terminkalender berücksichtigt.	T
6	Coach oder Auftraggeber fällt aus	Ansprechperson fehlt	Krankheit/ Unfall / Sonstiges	1	1	2	Coach: Bildungsgangleiter kontaktieren Auftraggeber: keine Massnahme definierbar	T, C, A

### Technische Risiken

7	Probleme mit iPhysics	Zeitzöggerungen oder sogar nicht erreichen des Projektziels	Unerfahrenheit mit der Software	2	3	2	Anleitungen im Selbststudium abarbeiten. Schulung durchführen, sowie eine Ansprechperson bei Problemen definieren.	T
8	Probleme mit Tia-Portal	Zeitzöggerungen oder sogar nicht erreichen des Projektziels	Unerfahrenheit mit der Software	2	2	2	Anleitungen im Selbststudium abarbeiten. Parallel zum bekannten bestehenden S7. Ansprechperson bei Problemen definieren.	T
9	Datenverlust	Erneut erarbeiten	Störungen/ Upload Fehler	1	2	2	Regelmässiges abspeichern und synchronisieren der Daten	T
10	Unübersichtlichkeit Projektdateien	Viele verschiedene Versionen, sowie mehrere Projektmitglieder die darauf zugreifen	Unstrukturiertes Vorgehen	1	1	1	Ordnerstruktur wird klar und ersichtlich nach Gebiet unterteilt. Bei mehreren Versionen einer Datei wird diese mit «DA 6.Sem - Beispiel_V1» benannt. Versionennummer aufsteigend.	T

### Soziale Risiken

11	Mangelhafte Kommunikation innerhalb des Teams	Verspätung / Nicht Erfüllung der Ziele	Fehlendes Knowhow,	1	2	2	Statusmeeting vorbereiten und wöchentlich durchführen. Besprochene Themen in einem Protokoll festhalten.	T
12	Mangelhafte Motivation	Verspätung / Nicht Erfüllung der Ziele	Andere Verpflichtigen, Länge des Projektes sowie die Grösse des Aufwandes	1	2	1	Als Projektteam zusammenhalten und einander unterstützen und motivieren. Wenn möglich Meetings und Arbeitstage zusammen vor Ort anstatt im Teams durchführen.	T

Tabelle 8: Massnahmenplan

# ABB Technikerschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 4.10 Kommunikations- / Meeting-Plan

Um einen reibungslosen Ablauf des Projekts sicherzustellen, wurde ein Kommunikationsplan (siehe Tabelle 9) erstellt. Dies ermöglichte die Kontrolle des Projektfortschritts und vereinfachte den Austausch zwischen den Projektmitgliedern.

Die Statusmeetings wurden zu Beginn des Projekts, bis Juni, alle zwei Wochen abgehalten. Ab Juni, bis zum Ende des Projekts, fand der Austausch wöchentlich statt und wurde jeweils am Donnerstag durchgeführt. Die Statusmeetings wurden protokolliert und sind im Anhang Nr. 07 einsehbar. Durch regelmäßige Meetings wurde eine effiziente Kommunikation im Projekt gewährleistet.

#	Was / Inhalte	Ziel	Verantw. + Mitwirkende	Empfänger / Ort (Info. vor Ort)	Intervall / Termine	Form
1	Kick Off/ Aufgabenstellung	Ausgangslage, Erwartungen, Anforderungen, Rahmenbedingungen	<u>ABBTS</u> <u>Bildungsgang-</u> <u>leiter</u>	Projektteam / ABBTS	04.04.2023	Bericht
2	Kick Off SABO / Zielkatalog und Planung	Info. über Projekt- Planung: Lieferobjekte, Projekt- Organisation, Termine, Aufwand	PL + Projektteam	Auftraggeber und Coach / Schenkon	05.05.2023	Meeting
3	Statusmeeting / Projektfortschritt	Informationsaustausch über den Projektstand, Fortschritt Arbeitspakete, nächste Schritte besprechen	PL	Projektteam / ABBTS oder Teams	Jeden Donnerstag ab 18:00	Meeting
4	Meilensteinmeeting	Überprüfung des Projektstandes. Kontrolle, ob Meilenstein erreicht, somit nächste Projektphase beginnen kann	PL + Projektteam	Auftraggeber und Coach / Schenkon	27.06.2023 08.08.2023 01.09.2023	Meeting
5	Präsentation / Demonstration bei SABO	Vorführen des Projektergebnisses	PL + Projektteam	SABO / Schenkon	01.09.2023	Meeting
6	Abschluss-Bericht	Erfüllung der Projekt- Anforderungen + Erwartungen	PL + Projektteam	ABBTS	12.09.2023	Bericht
7	Präsentation der Arbeit	Resultat: Lieferobjekte, Termine, Aufwand/Kosten, Abweichungen	PL + Projektteam	ABBTS, Coach und Experten	24.10.2023	Meeting

Tabelle 9: Kommunikationsplan

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 4.11 Qualitätsmanagement

### 4.11.1 Prüfplan

Um die Qualität des Endergebnisses zu gewährleisten, wurde ein Protokoll der Qualitätsprüfungen erstellt, um die Qualität jeder Zielsetzung zu überprüfen und zu bestätigen.

In der Spalte «Ziel Nr.» wird das Ziel erwähnt, welches in der Zielsetzung ([Kapitel Nr.6.1](#)) definiert wurde. Tabelle 10, 11 und 12 zeigen die Ergebnisse, anhand der definierten Prüfschritte auf.

#### Protokoll der Qualitätsprüfungen

Projektname: Entwicklung Digitaler Zwilling - Elektrohängelbahn



Ziel Nr.	Prüfschritt	Prüfung bestanden am	Bemerkungen
1.1	<ul style="list-style-type: none"><li>- 1 Hängefahrzeug fährt mindestens zwei Runden im iPhysics-Modell</li><li>- Fz. erfüllt die physikalischen Gegebenheiten der Realität: Geschwindigkeit von max. 2 m/s wird eingehalten, Schwenkt nicht zu stark bei Kurven, kein Crash oder herausfallen aus der Schiene. Start- und Warteposition der Fz. wurde definiert.</li></ul>	17.06.2023	Hängefahrzeug fährt erfolgreich 3 Runden. Das Hängefahrzeug fährt mit einer Geschwindigkeit von 1.7m/s. Bei 2 m/s gerät das Fahrzeug in den Kurven ins Schwanken. Start und Warteposition wurde auf der geraden Strecke der kleinen Strecke definiert.
1.2	<ul style="list-style-type: none"><li>- Umschaltung der Weiche ist visuell ersichtlich.</li><li>- 1 Hängefahrzeug überquert die umgeschaltete Weiche und fährt mindestens eine Runde im iPhysics-Modell</li></ul>	17.06.2023	Weiche fährt ein und aus. Somit kann das Hängefahrzeug die Große und die kleine Runde fahren. Hängefahrzeug fährt erfolgreich 3 x die grosse Runde und 3x die kleine Runde.
1.3	<ul style="list-style-type: none"><li>- Verschiedene Hängefahrzeuge werden anhand der Fz.-ID über die RFID</li><li>- 5 Aufträge sind parallel abwickelbar</li></ul>	28.08.2023	Fz. Nr wird über RFID Lesegeräte eingelesen und im HMI visuell angezeigt. 5 Aufträge parallel abwickelbar
1.4	<ul style="list-style-type: none"><li>- Rollenförderer erfüllt physikalische Gegebenheiten: Geschwindigkeit</li><li>- Signalübertragung Sensor «Rollenförderer besetzt» vorhanden</li><li>- Signalübertragung Sensor «Rollenförderer nicht besetzt» vorhanden</li><li>- Signalübertragung Sensor «Hängefahrzeug beladen» vorhanden</li><li>- Signalübertragung Sensor «Hängefahrzeug nicht beladen» vorhanden</li></ul>	06.08.2023	Rollenförderer befördert die Paletten mit einer Geschwindigkeit von...
1.5	<p>HMI zeigt die Feedbacks der Rollenförderer</p> <p>Einen Auftrag abwickeln und die Änderung der Feedbacks im Web Visu kontrollieren</p> <p>Feedbacks: Rollenförderer besetzt, Rollenförderer nicht besetzt, Hängefahrzeug beladen, Hängefahrzeug nicht beladen</p>	27.08.2023	Feedbacks Fz beladen und entladen der 5 Fahrzeuge werden korrekt angezeigt im HMI. Ebenfalls die Rückmeldung Rollenförderer besetzt. Es wurden alle neun möglichen Auftragsmöglichkeiten betrachtet.
1.6	<ul style="list-style-type: none"><li>- 5 Aufträge sind parallel abwickelbar. Die zusätzlichen Aufträge werden gespeichert und nach und nach abgearbeitet.</li><li>- Die Rückmeldungen bei «Be- und Entladen» werden an die Steuerung übertragen</li><li>- Gesamte Anlage erfüllt die physikalischen Gegebenheiten der Realität: Geschwindigkeit von max. 2 m/s wird eingehalten, Schwenkt nicht zu stark bei Kurven, keine Crashes oder herausfallen aus der Schiene</li></ul>	29.08.2023	Sämtliche Rückmeldungen der Fahrzeuge (beladen und entladen) werden korrekt an die Steuerung übertragen. Rückmeldungen im TIA-Portal und im HMI einsehbar.
1.7	<ul style="list-style-type: none"><li>- Paletten werden angefordert im iPhysics (Palette visuell sichtbar)</li><li>- Feedback von der Position der Palette ist im Frontend sichtbar</li><li>- Sensordaten der Rollenförderer werden in die Software übertragen (Kontrolle der Ein- / Ausgänge)</li></ul>		nicht umgesetzt

Tabelle 10: Überprüfung der Qualität Ziele 1.1 bis 1.7

# ABB Technikschule

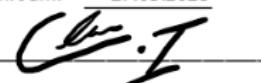
Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

Ziel Nr.	Prüfschritt	Prüfung bestanden am	Bemerkungen
2.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Das Format der Datei entspricht Microsoft Word (nicht PDF)</li> <li>- Titel ist kurz, prägnant, bündig und weckt das Interesse</li> <li>- Das Dokument beinhaltet max. 2000 Zeichen</li> <li>- Erreichung der Ziele beschrieben</li> <li>- Die 6 W-Fragen (Wer, Wie, Was, Wo, Warum, Wann) werden beantwortet</li> <li>- Ein aussagekräftiges Bild oder eine Grafik ist separat beigelegt. (Name des Urhebers angegeben)</li> <li>- Bildqualität ist genügend (ca. 3MB) Format = .jpg</li> <li>- Bildlegende hat max. 2 Zeilen</li> </ul>	09.09.2023	<p>Korrekte Formatt! Word! Titel gemäss Projektauftrag gewählt und angepasst. Das Dokument beinhaltet 1995 Zeichen! Zielerreichung wird beschrieben.</p> <p>Es wird auf die 6W-Fragen eingegangen. Bild zeigt die Ausgangslage und das Endprodukt in einem Vergleich auf. Bildqualität ist genügend (1.5 MB) Bildlegende hat die Länge von einer Zeile</p>
2.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Das Format des Plakats ist A0. Es beinhaltet Titel der Arbeit, Auftraggeber, Projektteam, Ausgangslage, Zielsetzung, Ergebnis, Herausforderungen und ev. Besonderes.</li> </ul>	09.09.2023	<p>Größe des Plakats ist A0. Der Titel zeigt den Projektauftrag auf. Der Auftraggeber wird erwähnt. Erwähnte Themen werden abgedeckt. Qualität der Bilder und Logos ist gut und nicht verpixelt.</p>
2.3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Das Projektteam muss vor einer Veröffentlichung das «GUT ZUR PUBLIKATION» vom Auftraggeber einholen (schriftliche Freigabe)</li> </ul>	09.09.2023	Gut Zur Publikation wurde am 8.9.23 per Mail erhalten. Siehe Anhang Nr. 14.
2.4	<p>Die Dokumentation beinhaltet folgende Kapitel:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Management Summary</li> <li>- Aufgabenstellung</li> <li>- Projektmanagement</li> <li>- Zielsetzungen</li> <li>- Lösungssuche</li> <li>- Lösungswahl</li> <li>- Detailliertentwicklung</li> <li>- Wirtschaftlichkeit und Risikoanalyse</li> <li>- Anhang</li> </ul> <p>Kapitel auf Vollständigkeit und Rechtschreibung überprüfen</p>	09.09.2023	<p>Kapitel sind vollständig gemäss Vorgabe Management Summary ist einfach verständlich Aufgabenstellung gemäss Projektauftrag PM über den Projektverlauf ist gut beschrieben Ziele sind klar definiert und die Erreichung beschrieben Kapitel Lösungssuche ist klar gegliedert Lösungswahl wird verständlich erklärt Geplante Ideen sind im Konzept sichtbar Wirtschaftlichkeitsanalyse wurde gemacht Anhänge sind vollständig angehängt Korrekturlesen beseitigte letzte offensichtliche Fehler</p>
2.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Videoqualität genügend (im Vollbildschirmmodus testen)</li> <li>- Nachvollziehbarkeit der Umsetzung kontrollieren</li> </ul>	09.09.2023	Videoqualität ist gut. Klar ersichtlich wie das Funktionsprinzip des digitalen Zwilling funktioniert. Inkl. der Bedienoberfläche.

Tabelle 11: Überprüfung der Qualität Ziele 2.1 bis 2.5

Prüfung der Sensoren			Prüfung der Auftragsabwicklung			
Rückmeldung			Rückmeldung			
Signal iPhysics	TIA	HMI	Signal iPhysics	TIA	HMI	Fall
Weiche 1 gerade	i.O	i.O	Sensor 17	i.O	i.O	1
Weiche 1 abgebogen	i.O	i.O	Sensor 18	i.O	i.O	2
Weiche 2 gerade	i.O	i.O	Sensor 19	i.O	i.O	3
Weiche 2 abgebogen	i.O	i.O	Sensor 20	i.O	i.O	4
Fz 1 beladen	i.O	i.O	Sensor 21	i.O	i.O	5
Fz 1 entladen	i.O	i.O	Sensor 22	i.O	i.O	6
Fz 2 beladen	i.O	i.O	Sensor 23	i.O	i.O	7
Fz 2 entladen	i.O	i.O	Sensor 24	i.O	i.O	8
Fz 3 beladen	i.O	i.O	Sensor 25	i.O	i.O	9
Fz 3 entladen	i.O	i.O	Sensor 26	i.O	i.O	
Fz 4 beladen	i.O	i.O	Sensor 27	i.O	i.O	
Fz 4 entladen	i.O	i.O	Sensor 28	i.O	i.O	
Fz 5 beladen	i.O	i.O	Sensor 29	i.O	i.O	
Fz 5 entladen	i.O	i.O	Sensor 30	i.O	i.O	
Sensor 1	i.O	i.O	Sensor 31	i.O	i.O	
Sensor 2	i.O	i.O	Sensor 32	i.O	i.O	
Sensor 3	i.O	i.O	Sensor 33	i.O	i.O	
Sensor 4	i.O	i.O	Sensor 34	i.O	i.O	
Sensor 5	i.O	i.O	Sensor 35	i.O	i.O	
Sensor 6	i.O	i.O	Sensor 36	i.O	i.O	
Sensor 7	i.O	i.O	Sensor 37	i.O	i.O	
Sensor 8	i.O	i.O	Sensor 38	i.O	i.O	
Sensor 9	i.O	i.O				
Sensor 10	i.O	i.O				
Sensor 11	i.O	i.O				
Sensor 12	i.O	i.O				
Sensor 13	i.O	i.O				
Sensor 14	i.O	i.O				
Sensor 15	i.O	i.O				
Sensor 16	i.O	i.O				

Tabelle 12: Abschlussprüfungen Ein- und Ausgänge



# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 4.12 Pflichtenheft

Im Pflichtenheft werden die Anforderungen, Spezifikationen und Funktionen des Produktes detailliert beschrieben. Es dient als verbindliche Grundlage für die Umsetzung, Entwicklung oder Beschaffung und legt fest, was erwartet wird und welche Kriterien erfüllt werden müssen. Es wird klar abgegrenzt, was der Projektumfang beinhaltet und was nicht.

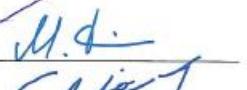
Die Version 2 des Pflichtenhefts ([Anhang Nr.08](#)) wurde am 03.06.2023 vom Auftraggeber unterschrieben und freigegeben ([Anhang Nr.09](#)).

### Pflichtenheft

Projekt: Entwicklung Digitaler Zwilling – Elektrohängelbahn  
Auftraggeber: Dominik Iselin, SABO Software & Engineering GmbH  
Projetteam: Claudio Imstepf  
Curdin Brandenburger  
Alejandro Scheifele  
Coach: Martin Pischtschan



Abbildung 1: Elektrohängelbahn (Hoffmann, 2017)

Person	Datum	Unterschrift
Auftraggeber Dominik Iselin	03.06.2023	
Coach Martin Pischtschan	26.05.23	
Projektleiter Claudio Imstepf	03.06.23	

### Dokumentenversionen

Version	Datum	Autor	Änderungsgrund / Bemerkungen
1	10.05.2023	Imstepf, Brandenburger	Ersterstellung
2	19.05.2023	Imstepf, Brandenburger	Überarbeitung Kapitel 1 - 5

Abbildung 10: Ausschnitt Pflichtenheft V2 Freigabe

## 4.13 Meilensteine

Die definierten Meilensteine (siehe Tabelle 13) wurden terminiert, um den Projektstand anhand des Terminplans überprüfen zu können. Als Vorgehensmodell wurde das Wasserfallmodell gewählt. Das Vorgehensmodell ist anhand des Terminplans (siehe Anhang Nr. 03) gut erkennbar. Wurde ein Meilenstein erreicht, konnte der nächste Meilenstein anvisiert werden.

Planung	
(1) Kick-Off Meeting bei dem Auftraggeber	04.05.2023
(2) Erstellung und Freigabe des Pflichtenhefts	22.05.2023
Realisierung	
(3) Systemelemente von den verfügbaren Inventor Dateien ins iPhysics implementiert, SPS-Programm von STEP 7 auf TIA Portal überführt	30.05.2023
(4) Funktionstest mit einem Hängefahrzeug bestanden	15.06.2023
(5) Funktionstest Weichen bestanden	30.06.2023
(6) Erweiterung der Anlage mit Rollenförderern implementiert	02.08.2023
(7) Funktionstest mit fünf Hängefahrzeugen bestanden	15.08.2023
Abschluss	
(8) Video erstellt	30.08.2023
(9) Dokumentation abgabebereit	12.09.2023
(10) Abschlusspräsentation / Demonstration bei SABO	07.09.2023

Tabelle 13: Meilensteine

### 4.13.1 Meilensteinmeetings

#### Meilensteinmeeting 1 (Kick-Off)

Das Kick-Off war das erste Meilensteinmeeting. Das Meeting fand am 4 Mai 2023 beim Auftraggeber in Schenkon statt. Dem Auftraggeber konnte die geplante Umsetzung sowie der der Terminplan aufgezeigt werden. Offene Fragen seitens des Auftraggebers oder des Projektteams konnten in diesem Meeting geklärt werden. Zudem diente das Kick-Off für ein erstes Kennenlernen aller Projektbeteiligten und die Abgabe des Pflichtenhefts wurde auf den 22.Mai 2023 terminiert.

Der Präsentation vom Meilensteinmeeting 1 ist als Anhang Nr.10 beigefügt.

#### Meilensteinmeeting 2

Dem Auftraggeber konnte wie geplant eine erste Version des virtuellen Aufbaus gezeigt werden. Ein Hängefahrzeug wurde implementiert und könnte mit der Software gestartet und gestoppt werden. Ebenfalls konnten die zwei Weichen vor- und zurückgeschoben werden. Somit konnte aufgezeigt werden, wie das Hängefahrzeug die kleine und die grosse Runde fahren kann. Dies beinhaltet nur den manuellen Betrieb.

Der Präsentation vom Meilensteinmeeting 2 ist als Anhang Nr.11 beigefügt.

## Meilensteinmeeting 3

### Teil 1

Das Meilensteinmeeting Nr.3 fand am 8.8.2023 per Teams statt. Ziel des Meetings war es die Kontrolle des Meilensteins Nr.6 aufzuzeigen. Dieser beinhaltet die Funktionalität der EHB im Zusammenhang mit den Rollenförderern auf Kundenseite.

Es konnte bereits der gesamte Aufbau des virtuellen Aufbaus im iPhysics aufgezeigt werden. Es wurden alle Komponenten implementiert und sind im iPhysics intern gemäss Vorgaben bedienbar. Die Komponenten sind vollumfänglich mit den Signalen der Software verknüpft und stehen bereit, um Tests durchführen zu können.

Ebenfalls konnte die Bedienoberfläche im WinCC Runtime aufgezeigt werden, mit den vier Bedienungsseiten (Startseite, Auto-Betrieb, Hand-Betrieb und Ein- und Ausgangsliste). Es wurde aufgezeigt wie die Seiten aufgebaut sind und welche Funktionen implementiert oder vorbereitet wurden. In Abhängigkeit mit der Software konnte die Funktionalität der Bedienoberfläche nicht vollumfänglich aufgezeigt werden. Der Auftraggeber schlug vor, die Sensorbezeichnungen von 1-38 auf die Bezeichnungen des realen Aufbaus, gemäss der Blockbenennungen, abzuändern.

Der angestrebte Meilenstein Nr. 6 konnte noch nicht in vollem Umfang erreicht werden. Dies ist auf Verzögerungen bei der Umsetzung der Software zurückzuführen, wodurch es nicht möglich war, den Meilenstein im automatischen Betrieb der Software vorzuführen. Zahlreiche Abhängigkeiten im automatischen Betriebsmodus, wie beispielsweise die Auftragsabwicklung oder das Einlesen der Fahrzeugnummer mittels RFID, verzögerten den geplanten Ablauf. Diese Abhängigkeiten erfordern, dass einzelne Komponenten nur im Gesamtzusammenhang der Umsetzung vollständig getestet werden können.

Während des Meetings wurde auch die Problematik im Zusammenhang mit der RFID-Implementierung besprochen. In der Software des realen Systems werden geschützte Funktionsblöcke verwendet, die nur in Verbindung mit der CPU im realen Aufbau genutzt werden können.

Da der Projektfortschritt nicht dem ursprünglichen Zeitplan entsprach, wurde beschlossen, ein zusätzliches Meeting abzuhalten, um die Verzögerung aufzuholen und die Demonstration des automatischen Betriebs nachzuholen zu können.

Der Präsentation vom Meilensteinmeeting 3 ist als Anhang Nr.12 beigefügt.

### Teil 2

Das zusätzliche Meeting fand am 22.8.2023 per Teams statt, bei dem die vorgeschlagenen Änderungen in der Bedienoberfläche präsentiert wurden. Diese Änderungen wurden im vorherigen Meeting (Meeting 3, Teil 1) erörtert. Statt der generischen Bezeichnung «Sensor 1-38» werden die Sensoren nun entsprechend ihrer realen Bezeichnung benannt.

Obwohl der Automatikbetrieb noch nicht in seiner Gesamtheit demonstriert werden konnte, wurden bereits einige Fortschritte erzielt. Jetzt ist es möglich, über die HMI-Benutzeroberfläche Aufträge zu erstellen, die anschliessend verarbeitet werden. Das Fahrzeug bewegt sich zur gewünschten Beladestelle, lädt die Palette korrekt auf und setzt seine Fahrt fort. Zudem wurde die Funktionsweise der Blockstellenverriegelung aufgezeigt. Die Umsetzung und der Test des Abladevorgangs sind jedoch noch nicht vollständig abgeschlossen. Deshalb wurde ein weiterer Termin festgelegt, um die vollständige Funktionalität des Automatikbetriebs vor dem geplanten Übergabetermin vorzuführen.

# ABB Technikerschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## Teil 3

Am 29.08.23 fand ein zusätzliches Meeting statt. Dem Auftraggeber konnte die Funktion der EHB mithilfe von zwei Fahrzeugen präsentiert werden. Dabei wurde die Funktionalität des Automatikbetriebs demonstriert, indem die Fahrzeuge die Paletten gemäss den Aufträgen erfolgreich beladen und entladen haben. Dies verdeutlichte die erfolgreiche Umsetzung des offenen Punktes aus dem Meeting 3, Teil 2. Es traten jedoch noch einige Herausforderungen auf, insbesondere bei der gleichzeitigen Abwicklung mehrerer Aufträge. Dies verlief nicht immer reibungslos, was teilweise auf technische Probleme bei der Datenübertragung über Teams zurückzuführen war. Die Nutzung von Anwendungen wie iPhysics, Tia-Portal und Teams können bei unzureichender Hardware zu einer Überlastung führen. Des Weiteren wird noch ein Feinschliff vorgenommen, um die Zuverlässigkeit des digitalen Zwillings zu steigern.

Trotz dieser Herausforderungen zeigte sich der Auftraggeber zufrieden über das erhaltene Feedback und gewann dadurch ein positives Gefühl für das anstehende Abschlussmeeting.

## Meilensteinmeeting 4

Das letzte und abschließende Meilensteinmeeting fand beim Auftraggeber vor Ort in Schenkon statt. Ziel des Meetings war die Kontrolle der letzten ausstehenden Meilensteine sowie die Übergabe der Lieferobjekte an den Auftraggeber.

Die offenen Meilensteine «Bestehen des Funktionstests mit 5 Hängefahrzeugen» und «Erstellung eines Videos» wurden während des Meetings präsentiert. Auf diese Weise konnte die gesamte Funktionalität des digitalen Zwillings demonstriert werden.

Zusätzlich wurde dem Auftraggeber eine weitere Möglichkeit der visuellen Darstellung präsentiert. Über ein iPad besteht die Möglichkeit, die virtuelle Anlage zu betrachten, sich in sie hineinzuversetzen und sie zu erkunden. Dies vermittelt den Eindruck, sich direkt in der Anlage zu befinden und die Funktionalität hautnah zu erleben. Diese visuelle Darstellung eröffnet eine zusätzliche Möglichkeit, die EHB einem potenziellen Kunden zu präsentieren. Die Begeisterung und Zustimmung des Auftraggebers waren entsprechend positiv. Als einzige Erweiterungsmöglichkeit wurde die Erwähnung eines Hologrammprojektors genannt, der das Erlebnis noch verstärken würde und als zukünftige Erweiterungsoption betrachtet wird.

Die Übergabe des digitalen Zwillings verlief erfolgreich. Einziger Wermutstropfen war die Zuverlässigkeit der Verbindung, da es gelegentlich zu Datenverlust kam, wodurch der digitale Zwilling in einen Fehlerzustand versetzt wurde. Diese Unzuverlässigkeit wurde während des gesamten Projektverlaufs beobachtet und könnte durch die Verwendung eines leistungsfähigeren Computers minimiert werden. Die Anforderungen an den Computer wurden dem Auftraggeber erläutert.

Trotz dieses Problems betrachtet der Auftraggeber den erstellten digitalen Zwilling als den ersten Schritt in die richtige Richtung, auf den aufgebaut werden kann. Der digitale Zwilling eröffnet neue Möglichkeiten, die in der Praxis genauer erforscht werden können, um in zukünftigen Projekten und Inbetriebnahmen davon zu profitieren.

Der Präsentation vom Meilensteinmeeting 4 ist als Anhang Nr.13 beigefügt.

# ABB Technikschule

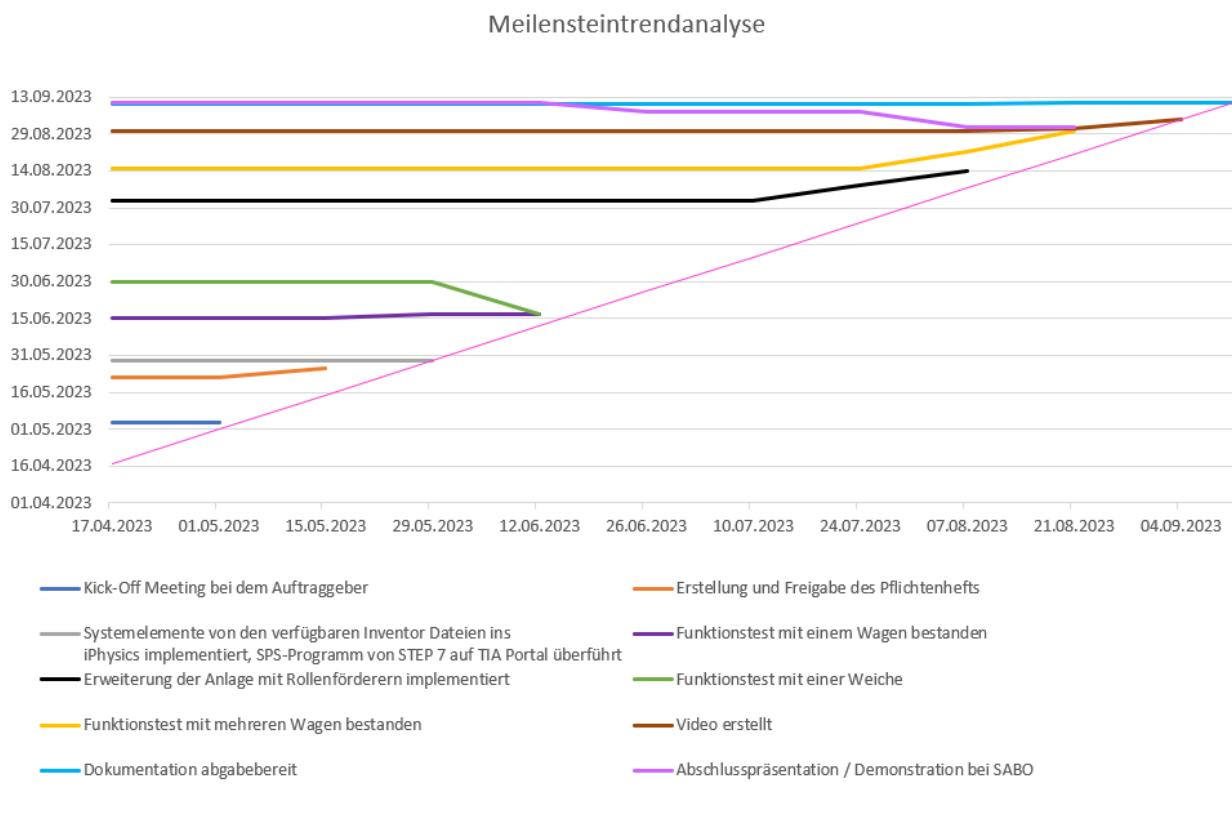
Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 4.13.2 Meilensteintrendanalyse

Der Projektverlauf und die Einhaltung der Termine der Meilensteine wurde in der Meilensteintrendanalyse aufgenommen und kontrolliert. Im Terminplan ([siehe Anhang Nr. 03](#)) und der Meilensteintrendanalyse (siehe Abbildung 11) wurden die Teilaufgaben erfasst, sowie die Projektfortschritte analysiert. Die Auswertung der Meilensteintrendanalyse erfolgte im zwei-Wochen-Rhythmus. Diese wurden an den Projektleiter weitergeleitet und jeweils an den Meetings besprochen. Die Meilenstein-Trendanalyse zeigt nochmals grafisch auf, was bereits bei den Meilensteinmeetings ([siehe Kapitel 4.13.1](#)) aufgezeigt und besprochen wurde.

Zu Beginn des Projekts konnten die ersten Meilensteine (bis Ende Juni) gemäss Terminplan erreicht werden. In der Endphase des Projektes (ab August) gab es einen Rückstand aufzuholen. Grund dafür war, dass bei der Umsetzung der Software diverse Herausforderungen erst bei den Tests aufgetreten sind. Dies fiel nicht derart schwer ins Gewicht, da bei der Terminplanung darauf geachtet wurde, einen Zeitpuffer zwischen Mitte bis Ende August zu haben. Zudem konnte der Rückstand mithilfe einer engagierten Leistung aufgeholt werden.

Ausserdem wurde die Abschlusspräsentation beim Auftraggeber um eine Woche vorverschoben. Trotz diesen Abweichungen wurde das Projektergebnis nicht negativ beeinflusst und konnte gemäss Zielsetzungen geliefert werden.



## 5 Situationsanalyse

### 5.1 Ausgangslage

Der Zweck der Elektrohängeliftbahn besteht darin, Waren (Paletten) von einer Ausgangsposition A (Beladestelle) zu einer Zielposition B (Entladestelle) zu befördern. An den Beladestellen werden die Hängefahrzeuge von den Rollenförderer mit den Waren versorgt und liefern diese an den Entladestellen ab. Die Waren an den Belade- und Entladestellen werden mithilfe verschiedener kundenspezifischer Lagerverwaltungssysteme geliefert oder abgeholt.

Gegenwärtig besitzt der Auftraggeber keine digitale Version einer EHB. Mit Hilfe von 2D-Plänen und Videos von bestehenden Anlagen werden der Aufbau und die Funktionen der EHB, den potenziellen Kunden aufgezeigt und vorgeführt. Mit diesen Mitteln kann weder auf die einzelnen Funktionen eingegangen werden, noch ist eine Interaktion durch den Kunden möglich.

Die Software der Anlagensteuerung wird, bei Optimierungen und Inbetriebnahmen, an der physischen Anlage (beim Kunden) getestet. Dies birgt zum Teil grosse Risiken, da Softwarefehler nicht frühzeitig erkannt werden können.

Eine Software der Anlagensteuerung steht für die Realisierung zur Verfügung. Die Software der Anlagensteuerung läuft momentan auf einer SPS von Siemens Simatic S7 und wurde in der Engineering-Softwareumgebung STEP 7 entwickelt. Die STEP 7-Datei enthält die Hardware-Konfiguration der realen Anlage. Darüber hinaus umfasst sie sämtliche Funktionsbausteine, Funktionen, Datenbausteine, Organisationsbausteine, PLC-Datentypen sowie PLC-Variablen.

Eine CAD-Zeichnung im Inventor-Format bildet die Grundlage für den virtuellen Aufbau. Abbildung 12 zeigt die vom Auftragsgeber gelieferte CAD-Datei. Diese beinhaltet zwei Weichen, fünf Rollenförderer, fünf Fahrzeuge und die gesamte Schienenkonstruktion.

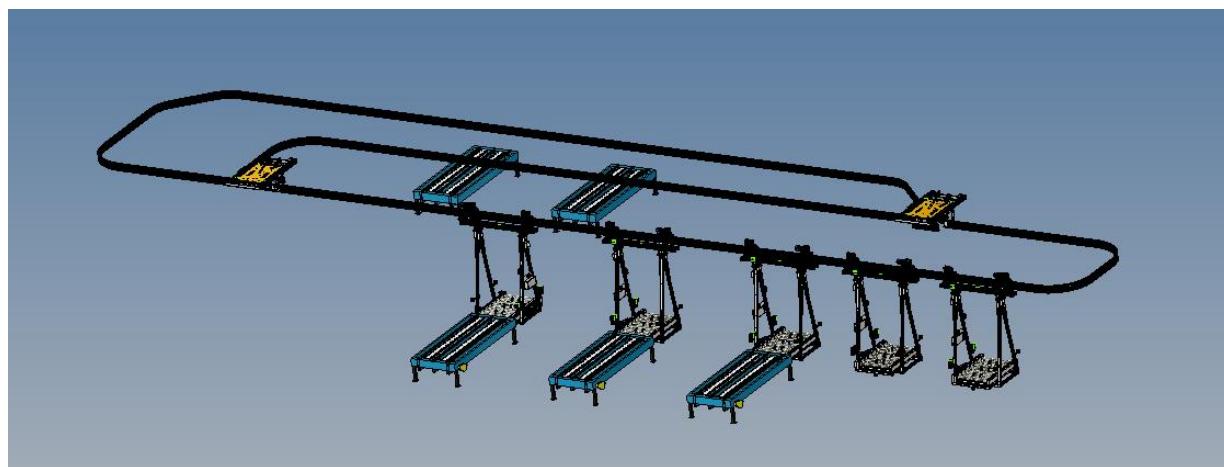


Abbildung 12: gelieferte Inventor Datei

## 5.2 Schnittstellen

Die Hardware-Schnittstellen und Kommunikationswege des realen Aufbaus werden in Abbildung 13: Übersicht Signalübertragung realer Aufbau anhand eines Blockschaltbilds aufgezeigt. Es wird unterschieden zwischen der Anlage seitens SABO (orange Blöcke), welches die EHB selbst betrifft, sowie die Anlage seitens des Kunden (blaue Blöcke), welche die Rollenförderer und die dazugehörige Steuerung beinhalten.

### Anlagensteuerung - Hängefahrzeug

Die Signalverarbeitung (4) auf dem Hängefahrzeug wird von der Fahrzeugsteuerung verarbeitet. Die Fahrzeugsteuerung befindet sich auf dem Hängefahrzeug, welches sich auf den Schienen der Fahrbahn bewegt. Um die Datenübertragung von einer sich bewegenden Komponente (Hängefahrzeug) zu einer stationären Komponente (Schiene) zu bewerkstelligen sind acht Stromschenen in der Fahrbahnschiene integriert. Bei den ersten vier Stromschenen handelt es sich um die Übertragung des Wechselstroms (L1, L2, L3 und PE), die für die Ansteuerung der Motoren benötigt wird. Die übrigen vier Stromschenen dienen zur Datenübertragung. Das Hängefahrzeug ist mit einem Stromabnehmer mit Kohlenschleifkontakte (3) ausgestattet. Diese ermöglichen während der Bewegung die kontinuierliche Übertragung von elektrischem Strom von einer festen Quelle auf eine sich bewegende Komponente. Da bei diesem System nur eine begrenzte Anzahl von Leitern zur Übertragung möglich ist, findet die Datenübertragung über ein PCM-Signal statt. Somit werden die Daten auf der Fahrzeugsteuerung in ein PCM-Signal umgewandelt und beim PCM-Modul (2) wieder zurück umgewandelt. Die vom PCM-Modul umgewandelten Daten werden mit einer Profibus-Schnittstelle (1) zu der Anlagensteuerung transportiert. Die dargelegte Datenübertragungsmethode ist bidirektional anwendbar, was bedeutet, dass sie sowohl für den Datenfluss in eine bestimmte Richtung als auch für den entgegengesetzten Datenfluss gilt. In der vorherigen Erklärung wurde jedoch nur eine der beiden Richtungen zur Veranschaulichung herangezogen.

### Anlagensteuerung – RFID

Ebenfalls eine Profibus-Schnittstelle (1) ist für die Übertragung der eingelesenen Fahrzeugnummer zuständig. Die RFID-Lesegeräte sind entlang der Schiene der Fahrbahn positioniert. Diese Lesegeräte ermöglichen der Steuerung, die Position jedes Fahrzeugs in einem bestimmten Abschnitt zu erkennen. Jedes Hängefahrzeug ist mit dem RFID-Schreibeblock ausgestattet, worauf sich die vorprogrammierte Nummer befindet.

### Anlagensteuerung – Sensoren (Weichen und Blockstellen)

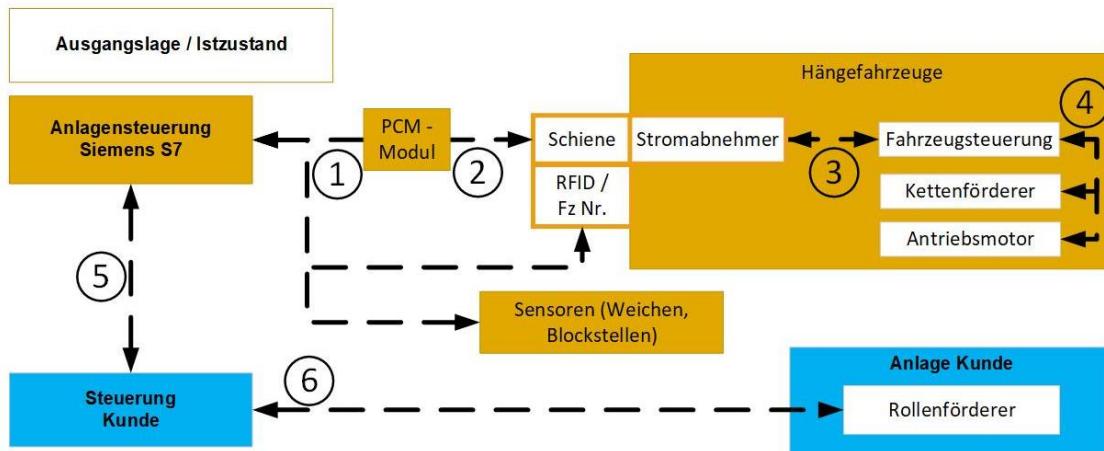
Die Signalübertragung der Sensoren wird mit einem Digitaleingang in der Ansteuerung verarbeitet. Eine Kupferleitung bestehend aus der Einspeisung, einem Hin- und Rückleiter, führt zum entsprechenden Sensor. Wenn der Sensor aktiviert wird, schliesst sich der Kontakt und sendet ein diskretes Signal zurück an die SPS.

### Anlagensteuerung – Kundensteuerung

Um das gesamte EHB-System vollständig in einem digitalen Zwilling aufzeigen und simulieren zu können, muss die Steuerung des Kunden ebenfalls integriert werden. Dies beinhaltet die Rollenförderer welche eine kundenseitige Datenübertragung (6) beinhaltet, sowie die Abwicklung von Aufträgen. Zwischen der Kundensteuerung und der Anlagensteuerung dient eine Ethernet-Schnittstelle (5) für den Datenaustausch.

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →



*Abbildung 13: Übersicht Signalübertragung realer Aufbau*

## Beschreibung der Signalpfade:

## 1. Datenübertragung über Kabel via Datenbus

Die Anlagensteuerung überträgt die Daten gebündelt via Profibus-Schnittstelle auf das PCM-Modul. Zu den Sensoren (Weichen, Blockstellen) führt eine Kupferleitung in Form eines Kabels. Die auf den Schienen platzierten RFID-Lesegeräte werden ebenfalls mit einer Profibus-Schnittstelle verbunden.

## 2. Kabelgebundene Datenübertragung

Von dem PCM-Modul führen Kupferleitungen in Form eines Kabels auf den Anschluss an den acht Stromschiene. Die Stromschiene haben unterschiedliche Aufgaben in der Datenübertragung.

### **3. Kabelgebundene Datenübertragung**

Via Anschluss an den Stromabnehmern führen Kupferleitungen in Form eines Kabels auf die Fahrzeugsteuerung.

#### 4. Kabelgebundene Datenübertragung

Die jeweiligen Komponenten werden von der Fahrzeugsteuerung in Form eines Kupferkabels angesteuert. Dies beinhaltet die Komponenten wie Motoren und Sensoren.

## 5. Datenübertragung über Datenbus

Die Kommunikation zwischen der Anlagensteuerung und der Kundensteuerung erfolgt über eine Ethernet-Schnittstelle.

## 6. Datenübertragung kundenseitig

In die Schnittstelle zwischen Rollenförderer und Steuerung des Kunden ist keine Einsicht möglich.

# ABB Technikerschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 5.3 SWOT - Analyse

Durch die Erstellung der SWOT-Analyse (siehe Abbildung 14) konnten die internen Stärken und Schwächen, sowie die Chancen und Risiken des Projekts identifiziert werden. Auf diese Weise wurde ein umfassendes Verständnis der gegenwärtigen Situation erlangt und potentielle Herausforderungen wurden aufgedeckt. Dies ermöglicht strategische Entscheidungen daraus abzuleiten.

SWOT-Analyse		Unternehmensanalyse (interne Faktoren)	
Umweltanalyse (externe Faktoren)	Stärken (Strengths)		Schwächen (Weaknesses)
	<p><b>S1:</b> Besonders guter Führungsstil und gute Planung <b>S2:</b> Motiviertes Projektteam <b>S3:</b> Know-how im Bereich Elektrohängelbahnen <b>S4:</b> Strukturiertes Vorgehen</p>		<p><b>W1:</b> Abhängigkeit von anderen Projektmitglieder <b>W2:</b> Grosse Know-how Differenzen <b>W3:</b> Fehlendes Know-how mit iPhysics und TIA <b>W4:</b> Fehlende Kapazitäten</p>
	<p><b>Chancen (Opportunities)</b> O1: Gruppenzusammenhalt stärken O2: Neue Technologien kennenlernen O3: Bereits erlerntes Anwenden O4: Neue Tools kennenlernen (TIA und iPhysics)</p>	<p>SO1: Gute Arbeitsaufteilung. Zufriedenstellendes Projektergebnis SO2-3: Persönliche Weiterentwicklung</p>	<p>WO1: Kommunikationsfähigkeiten verbessern WO2-4: Recherche und einander unterstützen</p>
<p><b>Risiken (Threats)</b> T1: Verzögerungen T2: Datenverlust T3: Programmierfehler T4: Ausfall Projektmitglied</p>	<p>ST1: Kontrolle in Statusmeetings durchführen ST2: Regelmäßige Backups/Datensicherung ST3: Kenntnisse gezielt einsetzen ST4: Stv. bestimmen und informieren</p>	<p>WT1: Proaktive Kommunikation Teamgedanken stärken WT2-3: Sich weiterhelfen lassen durch Spezialisten WT4: Einsatzerhöhung der übrigen Projektmitglieder</p>	

Abbildung 14: SWOT-Analyse

Folgende Strategien und Massnahmen werden aus der SWOT-Analyse abgeleitet:

### Stärke / Chance:

Die Motivation des Projektteams, eine kreative Idee umzusetzen ist sehr hoch. Mit einem besonders guten Führungsstil kann der Gruppenzusammenhalt gestärkt werden.

### Stärke / Risiko:

Die Projektmitglieder verfügen über das Wissen, das in den vorherigen Semestern aufgebaut wurde und können so Programmierfehler minimieren. Außerdem reduziert ein strukturiertes Vorgehen die Gefahr eines grösseren Datenverlustes.

### Schwäche / Chance:

Grosse Know-how Differenz können durch gezielte Aufteilung der Arbeiten und Support minimiert werden. Projektmitglieder, die das Know-how im Bereich Elektrohängelbahnen mitbringen, können unterstützen. Den Stärken entsprechend wird jedes Projektmitglied einem Verantwortlichkeitsbereich zugeteilt.

### Schwäche / Risiko:

Fehlende Kapazitäten werden mit einer ordentlichen Terminplanung minimiert. Die Abhängigkeit von andern Projektmitgliedern wird durch eine Planung mittels Kanban-Board weitgehend verhindert. Die Aufgabenstellung wird systematisch in Ziel-, Anforderungskatalog und den Rahmenbedingungen aufgeteilt.

## 6 Zielsetzungen

Das Hauptziel des Projekts besteht darin, einen digitalen Zwilling einer Elektrohängeliftbahn (EHB) zu erstellen. Der digitale Zwilling soll eine realitätsnahe Darstellung einer EHB bieten und deren Aussehen sowie Funktionsweise veranschaulichen. Dabei wird besonderer Wert darauf gelegt, dass die Umsetzung des digitalen Zwillings den Eigenschaften und Merkmalen einer bestehenden Anlage entspricht.

Durch die Erstellung des digitalen Zwillings können verschiedene Aspekte einer EHB simuliert und analysiert werden. Beispielsweise die Fahrbewegungen, die Steuerungssysteme und die Interaktionen mit anderen Komponenten. Dies ermöglicht das Verhalten der EHB zu verstehen, Optimierungsmöglichkeiten zu identifizieren und vorab zu testen.

Ein realitätsnaher digitaler Zwilling bietet zudem den Vorteil, die EHB virtuell zu erkunden, verschiedene Betriebsszenarien zu simulieren und Wartungsstrategien zu planen. Dadurch können Effizienzsteigerungen erzielt, Wartungszeiten optimiert und die Gesamtleistung der EHB verbessert werden.

Das Projekt zielt darauf ab, einen hochwertigen digitalen Zwilling der EHB zu erstellen. Der digitale Zwilling dient als wertvolles Werkzeug für Planung, Betrieb und Wartung. Ebenfalls bietet er einen realistischen Einblick und die Funktionalität einer Elektrohängeliftbahn kann aufgezeigt werden.

Zudem möchte der Auftraggeber die Möglichkeit erschaffen bei einem Gespräch mit einem potenziellen Neukunden die Leistungsfähigkeit der EHB visuell aufzeigen zu können.

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 6.1 Zielerreichung

#	Ziele	Qualifizierung/ Quantifizierung	Ergebnis	Termin
<b>1</b>	Digitalen Zwilling einer EHB entwickeln			
1.1	Hängefahrzeug ins iPhysics implementieren und Kommunikation sicherstellen	Hängefahrzeug fährt mind. 2 Runden	erfüllt	1.9.23
1.2	Weiche ins iPhysics implementieren und Kommunikation sicherstellen	Weiche fährt mehrmals vor und zurück mittels SPS Signal	erfüllt	1.9.23
1.3	Mehrere Hängefahrzeuge ins iPhysics implementieren und Kommunikation sicherstellen	Hängefahrzeuge fahren nicht auf und gewährleisten Abstand durch Blockentriegelung und Blockverriegelung	erfüllt	1.9.23
1.4	Rollenförderer über TIA Portal ansteuern	Rollenförderer gibt Paletten ab und nimmt sie auf, über Signalaustausch mit SPS	erfüllt	27.8.23
1.5	Paletten Anforderung über Web Visu simulieren	Aufträge werden vom iPhysics ausgeführt	erfüllt	27.8.23
1.6	Der Ablauf des digitalen Zwillings entspricht der realen Anlage	Datenübertragung zwischen TIA Portal und Physics funktioniert. An- und Abmeldung der Fz in den Blöcken vorhanden	erfüllt	1.9.23
1.7	Paletten Anforderung über ein Phyton Skript simulieren	Datenübertragung via OPCUA funktioniert	nicht umgesetzt	-
<b>2</b>	Vorgaben ABB Technikschule			
2.1	Aussagekräftiger Pressebericht erstellen	Kurz und prägnant verfassen	erfüllt	7.9.23
2.2	Aussagekräftiges Plakat erstellen	Übersichtlich und informativ darstellen	erfüllt	7.9.23
2.3	Vertraulichkeit gewährleisten	«Gut zur Publikation» einholen	erfüllt	7.9.23
2.4	Umfangreiche und inhaltlich aussagekräftige Dokumentation erstellen	Gute Grafiken, Struktur einbinden	erfüllt	8.9.23
2.5	Video der umgesetzten Lösung erstellen	Funktionsweise klar ersichtlich	erfüllt	3.9.23
2.6	Aussagekräftige Präsentation erstellen	Besonderheiten/Zusatzfunktionen der Umsetzung miteinbeziehen	erfüllt	10.9.23
2.7	Digitalen Zwilling visuell in die Präsentation einbinden	Hologramm, VR-Brille verwenden	nicht umgesetzt	-

Tabelle 14: Zielkatalog

## 7 Lösungssuche

### 7.1 Grobkonzeptanalyse

In dieser Phase wird ein übergreifendes Grobkonzept (siehe Abbildung 15) erarbeitet, das als Grundlage für die Umsetzung des digitalen Zwillings dient. Das Ziel besteht darin, eine ganzheitliche Vorstellung davon zu entwickeln, wie der digitale Zwilling der EHB aussehen und funktionieren soll. Dementsprechend werden zuerst die Komponenten des realen Aufbaus betrachtet, um daraus die Definition der erforderlichen Systemkomponenten und die dazugehörigen Schnittstellen zu definieren. Im Fokus steht, dass der digitale Zwilling die gewünschten Funktionen und Eigenschaften gemäss dem realen Aufbau erfüllt.

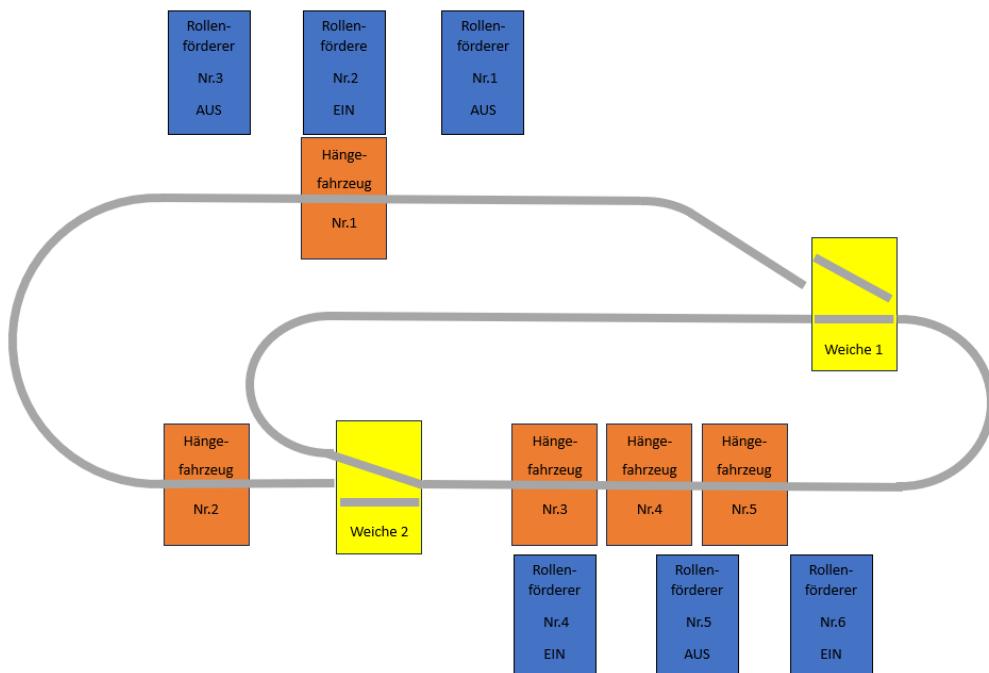


Abbildung 15: Grobkonzept digitaler Aufbau

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 7.1.1 Realer Aufbau

In diesem Kapitel werden die Systemkomponenten (siehe Abbildung 16) des realen Aufbaus betrachtet und erklärt.

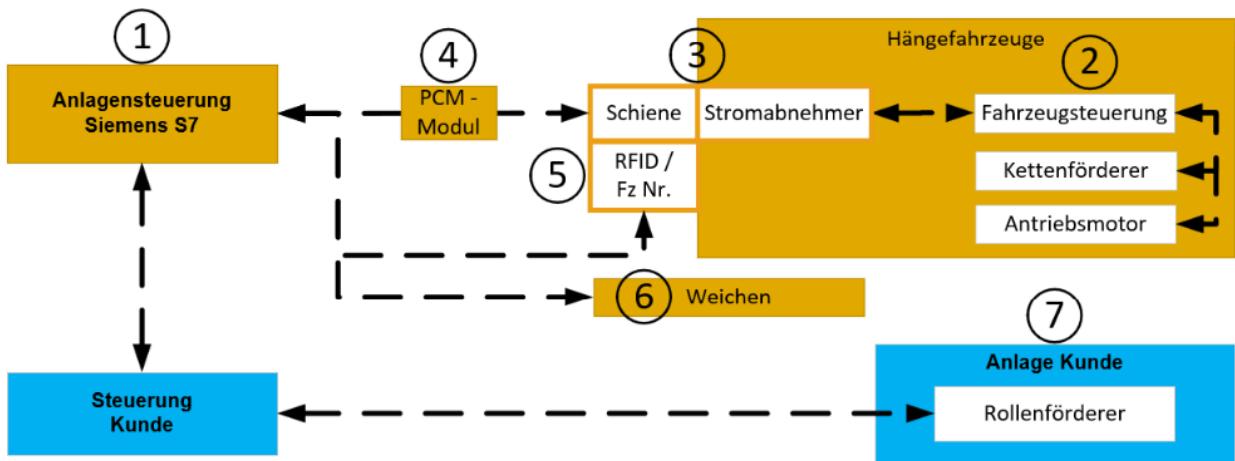


Abbildung 16: Komponenten realer Aufbau

### 1. Anlagensteuerung

Die Anlagensteuerung (siehe Abbildung 17) bildet das Herzstück der Anlage, sie ist für den ganzheitlichen Signalaustausch zuständig. Sie fungiert als Verbindungsglied zwischen der Kundensteuerung, der Fahrwerksteuerung und dem PCM-Modul. Ebenfalls die Steuerung der Weichenmotoren, die manuelle Steuerung der Betriebsart und die Einspeisung der Schienen werden von der Anlagensteuerung überwacht und gesteuert. Die Anlagensteuerung beinhaltet eine CPU, eine Input- sowie eine Output-Karte von Siemens. Da die Hardware bestehen bleibt ist eine Siemens-Softwareumgebung vorgesehen.



Abbildung 17: Steuerungseinheit

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 2. Hängefahrzeuge

Das Hängefahrzeug (siehe Abbildung 18) übernimmt den physischen Warentransport und ist durch ein Motorfahrwerk und ein Rollenfahrwerk an der Fahrbahnschiene befestigt. Zusätzliche Stabilität wird durch eine Führungsschiene unterhalb des Fahrzeugs gegen horizontale Kräfte gewährleistet.

Auf dem Fahrzeug befindet sich ein Kettenförderer-System, um die Ware zu transportieren. Vier Sensoren sind für die Rückmeldungen des Be- und Entladens verantwortlich. Der erste Sensor ist für die Kontrolle verantwortlich. Er ist zuständig für das Beenden des Belade- und des Entladevorgangs. Der zweite und dritte Sensor ist für die Rückmeldung «Fahrzeug beladen» zuständig. Der vierte Sensor fungiert als Sicherheitssensor, falls die vorderen Sensoren nicht reagieren. Am Ende des Förderers befindet sich ein mechanischer Anschlag, der verhindert, dass die Ware beim Beladen nicht herunterfällt. Die Rückmeldungen werden von der Fahrzeugsteuerung (siehe Abbildung 19) verarbeitet.

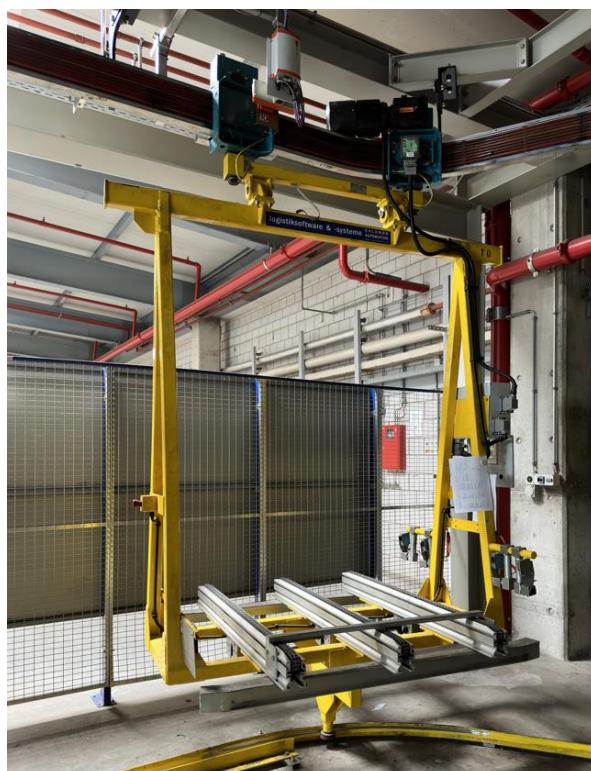


Abbildung 18: Hängefahrzeug

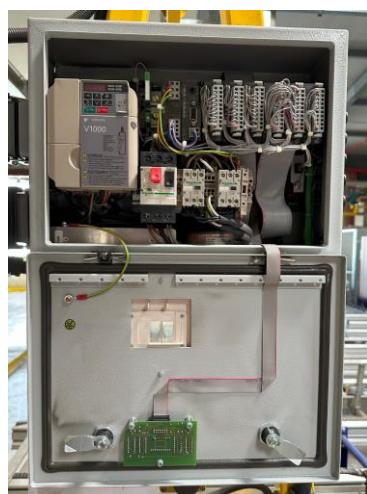


Abbildung 19: Fahrzeugsteuerung

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 3. Schienen / Stromabnehmer

Die Stromabnehmer (siehe Abbildung 20) sind für die Energieversorgung und die Signalübertragung zuständig. Die einzelnen Stromschielen sind wie folgt unterteilt:

- Stromschiene 1: L1
- Stromschiene 2: L2
- Stromschiene 3: L3
- Stromschiene 4: PE
- Stromschiene 5: Präsenzschiene (L1)
- Stromschiene 6: Z-Stop-Schiene
- Stromschiene 7: Steuerschiene (Pilot-PCM- Schiene)
- Stromschiene 8: Meldeschiene

Die ersten drei Stromschielen versorgen die Hängefahrzeuge mit 230 Volt Wechselstrom.

Stromschiene Nummer 4 ist der dazugehörige Erdungsleiter und sorgt für den Potenzialausgleich.

Stromschiene Nummer 5 dient als Präsenzschiene und Schiene Nummer 6 als Z-Stop-Schiene. Durch diese zwei Stromschielen werden Zusammenstöße verhindert, speziell im Bereich ohne Sensoren und ohne programmierte Blöcke.

Stromschiene Nummer 7 dient als Datenübermittler zwischen der Anlagensteuerung und der Fahrzeugsteuerung. Mithilfe von PCM Modulen wird ein Byte Signal in eine Frequenz umgewandelt. Dieses Signal wird von den PCM Modulen der Hängefahrzeuge eingelesen.

Stromschiene Nummer 8 ist für die Übertragung der Rückmeldung zwischen den Fahrzeugsteuerungen und der Anlagensteuerung zuständig.

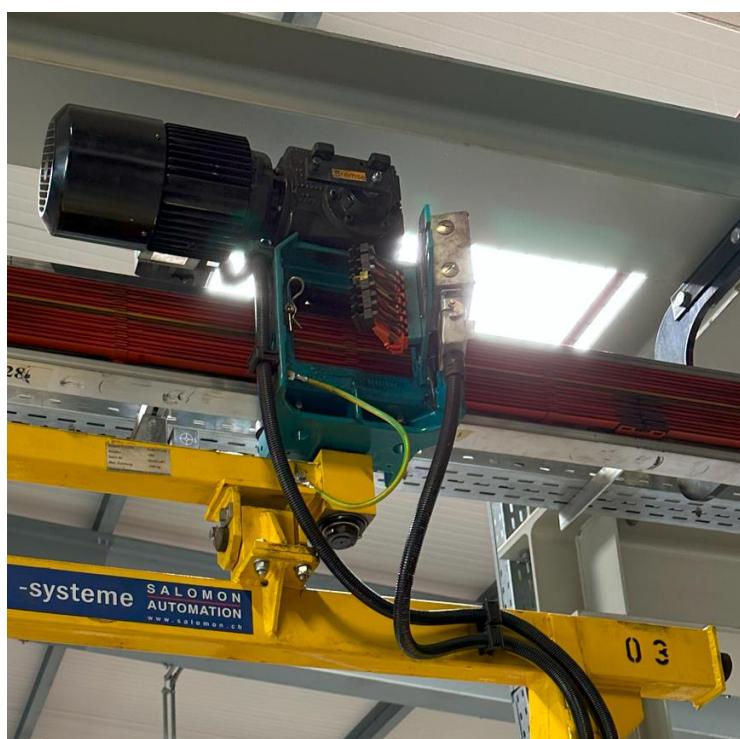


Abbildung 20: Motorfahrwerk mit Stromabnehmer

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 4. PCM-Modul

Die Datenübertragung von dem Hängefahrzeug zu der Anlagensteuerung wird über ein PCM-Signal abgewickelt. Hierbei werden die Signale über die Fahrbahn und die Stromabnehmer übertragen. Als Herzstück dient das PCM Modul (siehe Abbildung 21) welches die Signale zwischen der Anlagensteuerung und dem Hängefahrzeug verarbeitet. Die Signale werden in ein Binärsignal umgewandelt. Jedes PCM-Modul verfügt über 24 Ein- und Ausgänge. Diese dienen der Erfassung von Rückmeldungen der Anlagensensoren und übertragen die Informationen an die Anlagensteuerung.

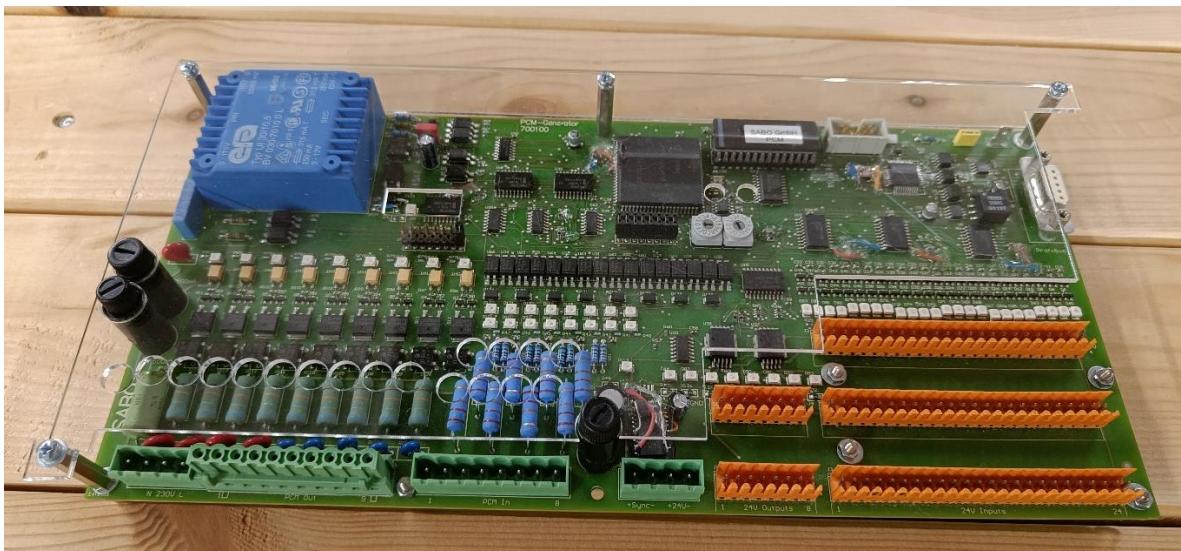


Abbildung 21: PCM Modul

## 5. RFID

Durch die Anwendung von RFID-Technologie werden die Fahrzeugnummern der passierenden Hängefahrzeuge erfasst. Dies gewährleistet eine kontinuierliche Überwachung der Standorte von den Fahrzeugen.

Die sechs RFID-Lesegeräte (siehe Abbildung 22) sind entlang der Fahrbahnschiene platziert, um eine effiziente Erfassung der Informationen sicherzustellen.



Abbildung 22: RFID Lesegerät

## 6. Weichen

Die Weichen (siehe Abbildung 23) können in zwei unterschiedliche Endpositionen gestellt werden: «gerade» und «abgebogen».

Der Weichenmotor wird mithilfe von Relaischaltungen gesteuert. Diese Relais erhalten Signale von der Anlagensteuerung, um den Weichenstatus zu ändern. Die Endanschlags-Sensoren übermitteln anschliessend ihre Zustandsinformationen über die nächstgelegene PCM-Schnittstelle an die Anlagensteuerung.

Die Anlagensteuerung trifft die Entscheidung über die Weichenstellung, damit die kürzeste Route für das Fahrzeug erzeugt werden kann.



Abbildung 23: Weiche in Position abgebogen

## 7. Externe Rollenförderer

Die externen Rollenförderer (siehe Abbildung 24) sind nicht Bestandteil der EHB. Diese werden jedoch in den digitalen Zwilling integriert, um den gesamten Ablauf der EHB abzubilden. Die Rollenförderer übernehmen, gemäß den Aufträgen; die Ware beim Be- und Entlade der Hängefahrzeuge. Die externen Rollenförderer leiten die Ware anschliessend in die Hochregale oder zum Wareneingang/-ausgang.



Abbildung 24: Externe Rollenförderer

## 7.2 Konzeptanalyse

Die verschiedenen Aufgabenbereiche, die für die Umsetzung einer EHB in einen digitalen Zwilling erforderlich sind, wurden aus dem Grobkonzept (siehe Abbildung 25) abgeleitet. Im Folgenden werden diese einzelnen Bereiche separat betrachtet und die ausgearbeiteten Umsetzungsoptionen präsentiert.

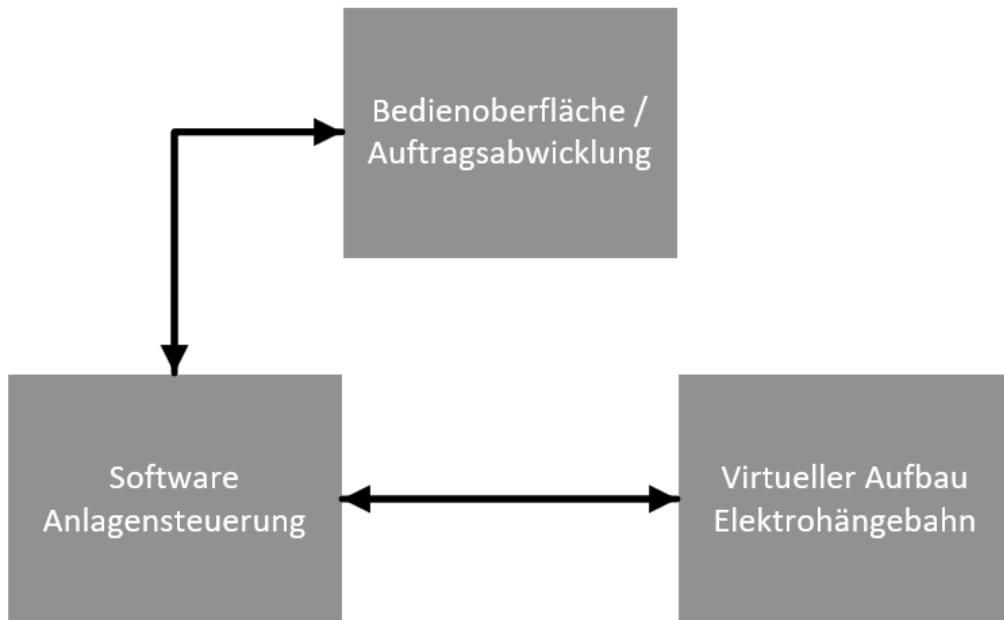


Abbildung 25: Übersicht Grobkonzept

### 7.2.1 Software

#### 7.2.1.1 Entwicklungsumgebung

Die entwickelte Software hat den Zweck, die EHB-Anlage in einem Automatik-Betrieb zu steuern. Für die Programmierung wird eine passende Softwareplattform benötigt, die sorgfältig ausgewählt werden muss. Im Rahmen der Lösungssuche wurden verschiedene Optionen in Betracht gezogen und analysiert:

##### Option 1:

Das **TIA Portal** ist eine leistungsstarke Engineering-Software von Siemens, die speziell für die Automatisierungstechnik entwickelt wurde. Es bietet eine umfassende Plattform für die Programmierung, Konfiguration, Inbetriebnahme und Wartung von Automatisierungslösungen. Die wichtigsten Merkmale und Aspekte über das TIA Portal sind:

**Entwicklungsumgebung:** Das TIA Portal bietet eine integrierte Umgebung, die verschiedene Aspekte der Automatisierung abdeckt, einschließlich Steuerungsprogrammierung, HMI-Design, Antriebstechnik und mehr. Dies ermöglicht eine nahtlose Integration aller Komponenten eines Automatisierungssystems. Ein weiterer Vorteil des TIA Portals ist, dass die bestehende STEP 7 Datei problemlos migriert werden kann.

**Unterstützte Steuerungen:** Das TIA Portal unterstützt verschiedene Siemens-Steuerungen, darunter SPS, HMI - Geräte und Antriebssysteme. Dies ermöglicht die Entwicklung von Automatisierungslösungen für eine Vielzahl von Anwendungen und Industriezweigen. Die bestehenden Anlagen des Auftraggebers sind mit Siemens Hardware ausgestattet. Daher ist die Nutzung einer Siemens Software wie das TIA Portal, sicherlich ein weiterer Vorteil.

# ABB Technikerschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

**Programmiersprachen:** Das TIA Portal unterstützt Programmiersprachen gemäß der IEC 61131-3-Norm, darunter Strukturierter Text (ST), Funktionsblockdiagramm (FBD), Ablaufsprache (AWL), Kontaktplan (KOP) und Aufwandsdiagramm (AS).

**Modularität und Wiederverwendbarkeit:** Das TIA Portal ermöglicht die Erstellung von wiederverwendbaren Funktionsbausteinen und Templates, die in verschiedenen Projekten eingesetzt werden können. Dies beschleunigt die Entwicklungszeit und verbessert die Konsistenz.

**Simulation:** Die Software stellt Simulationsfunktionen bereit, die Entwicklern ermöglichen, ihre Software vor der tatsächlichen Umsetzung zu testen. Dies trägt dazu bei, potenzielle Probleme frühzeitig zu identifizieren und zu lösen.

**Nutzererfahrung:** Die Studierenden haben bisher begrenzte Erfahrungen mit dieser Plattform sammeln können. Somit würde eine Umsetzung mit TIA Portal eine erhöhte Informationsbeschaffung mit sich bringen.

**Kosten:** Der Auftraggeber kann für das Projekt eine bereits vorhandene TIA Portal Lizenz zur Verfügung stellen.

(Siemens AG, 2023)

## Option 2:

**CODESYS** ist eine weit verbreitete Entwicklungsumgebung und Programmiersystem für die Automatisierungstechnik. Es ermöglicht Ingenieuren und Entwicklern, Steuerungssoftware für industrielle Automatisierungsanwendungen zu erstellen. Die wichtigsten Merkmale und Aspekte über CODESYS sind:

**Entwicklungsumgebung:** CODESYS bietet eine integrierte Entwicklungsumgebung (IDE), die es Entwicklern ermöglicht, Steuerungssoftware zu erstellen und zu testen. Die IDE umfasst Tools für die Programmierung, Konfiguration, Simulation und Dokumentation von Automatisierungslösungen.

**Unterstützte Steuerungen:** CODESYS unterstützt eine breite Palette von speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) von verschiedenen Herstellern, darunter Beckhoff, WAGO, Phoenix Contact, B&R Automation, Eaton und mehr.

**Programmiersprachen:** CODESYS unterstützt mehrere Programmiersprachen, darunter die IEC 61131-3-Normsprachen wie Strukturierter Text (ST), Funktionsblockdiagramm (FBD), Ablaufsprache (AWL), Kontaktplan (KOP) und Aufwandsdiagramm (AS).

**Modularität und Wiederverwendbarkeit:** Mit CODESYS können wiederverwendbare Funktionsbausteine erstellt werden, die in verschiedenen Projekten eingesetzt werden können. Dies fördert die Effizienz, da bereits entwickelter Code in neuen Projekten genutzt werden kann.

**Simulation:** Die Software bietet Simulationsfunktionen, mit denen die Software vor der eigentlichen Implementierung getestet werden können. Dies hilft, potenzielle Probleme frühzeitig zu erkennen und zu beheben.

**Nutzererfahrung:** Das CODESYS wurde bereits im 2,4 und 5 Semester, im Zusammenhang mit der Lernplattform, verwendet. Somit konnten die Studierenden bereits Erfahrungen mit der Programmierung dieser Plattform sammeln.

**Kosten:** Durch die Nutzung in der ABBTS, sind die Studierenden bereits im Besitz des CODESYS.  
(CODESYS GmbH, 2023)

### 7.2.2 Aufbau Software

Grundsätzlich stellt die Integration der Fahrzeugsteuerung in die Anlagensteuerung eine der herausforderndsten Aufgaben in der Softwareentwicklung dar. Es wird angestrebt, dass der Signalaustausch so nahe wie möglich an die Realität des tatsächlichen Aufbaus angepasst wird. In diesem Zusammenhang haben sich zwei Möglichkeiten ergeben, wie die Fahrzeugsteuerungen in das Gesamtsystem eingebunden werden können.

#### Option 1:

Die Software wird so umgesetzt, dass jedes Hängefahrzeug eine eigene Fahrzeugsteuerung hat. Durch dieses Verfahren ist jedes Fahrzeug an eine Steuerung gekoppelt, wodurch Probleme an einem Fahrzeug schneller identifiziert werden können. Die Herausforderung bei dieser Methode liegt in der Verschlüsselung der Signale, sodass nur die Steuerung des jeweiligen Hängefahrzeugs die von den Blockstellen ausgehenden Signale empfängt.

#### Option 2:

Die Software wird so programmiert, dass eine gemeinsame Steuerung für alle Hängefahrzeuge erstellt wird. Die Fahrzeugsteuerung wird dabei in die Anlagensteuerung integriert. Die Fahrzeugsteuerung wird in jedem Funktionsblock aufgerufen, der mit der Fahrzeugsteuerung interagieren soll. Auf diese Weise entstehen theoretisch so viele Fahrzeugsteuerungseinheiten, wie es Blöcke gibt.

Das Integrieren der Fahrzeugsteuerung in die Anlagensteuerung erleichtert die Verteilung der einzelnen Signale erheblich, wobei jedoch die Übersichtlichkeit etwas eingeschränkt ist. Dieses Problem kann durch die Erfassung der Fahrzeugnummer in den Blöcken gelöst werden. Dadurch wird nur der Teil in der Fahrzeugsteuerung aktiviert, der durch die übermittelte Fahrzeugnummer aktiv ist.

## 7.2.3 Virtueller Aufbau

Der virtuelle Aufbau ist ein essenzieller Bestandteil der Anlage. Er sollte so realistisch wie möglich erscheinen und die vorbereitete 3D-Zeichnung muss ohne grossen Aufwand in das Programm integriert werden können. Im Rahmen der Lösungssuche wurden zwei verschiedene Anwendungen in Betracht gezogen und analysiert.

### Option 1:

**iPhysics** ist eine fortschrittliche Simulationssoftware, die speziell für die industrielle Fertigung und Ingenieurwissenschaften entwickelt wurde. Sie ermöglicht es Ingenieuren, Produktdesignern, sowie Fachleuten in der Fertigungsindustrie, komplexe Simulationen von physikalischen Prozessen durchzuführen. Die wichtigsten Merkmale und Aspekte von iPhysics sind:

**Hersteller:** iPhysics ist ein Produkt von Machineering, einem unabhängigen Softwareanbieter für Mechatronik- und Robotiksimulation. Es konzentriert sich auf die Entwicklung von Lösungen zur Simulation und Optimierung von mechatronischen Systemen.

**Integrationsmöglichkeiten:** iPhysics ist unabhängig von anderen PLM- (Product Lifecycle Management) oder CAD-Systemen und kann in verschiedenen Entwicklungsumgebungen eingesetzt werden.

Die 3D-Zeichnungen können direkt über das Programm Inventor oder SolidWorks ins iPhysics implementiert werden.

**Anwendungsbereiche:** iPhysics eignet sich gut für eine breite Palette von mechatronischen Anwendungen, von Robotersimulationen bis hin zur Modellierung von Produktionsanlagen und Fertigungssystemen.

**Nutzererfahrung:** Der iPhysics Viewer wurde bereits im 4. Semester, für die Simulation eines Greifers, verwendet. Die Anbindung erfolgte über die Anwendung PuTTY und wurde mit CODESYS programmiert.

**Kosten:** Die Lizenz «iPhysics Ultimate» kann, für die Dauer der Diplomarbeit, kostenlos von der ABBTS bezogen werden.

(machineering GmbH & Co. KG, 2023)

### Option 2:

**Mechatronics Concept Designer (MCD)** ist eine Softwareanwendung, die in der Welt der Mechatronik und der industriellen Automatisierung weit verbreitet ist. Diese Software dient dazu, komplexe mechatronische Systeme zu entwerfen, zu simulieren und zu optimieren, bevor sie in der realen Welt implementiert werden. Die wichtigsten Merkmale und Aspekte über MCD sind:

**Hersteller:** MCD ist ein Produkt von Siemens, einem globalen Technologieunternehmen mit einem breiten Spektrum von Produkten und Dienstleistungen.

**Integrationsmöglichkeiten:** Der MCD ist eng in die Siemens-PLM-Umgebung integriert, was eine nahtlose Integration in den gesamten Produktentwicklungsprozess ermöglicht. Dies erleichtert die Validierung und den Übergang von Konzepten zur physischen Umsetzung. Die 3D Zeichnungen können über das Programm NX integriert werden.

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

**Anwendungsbereiche:** Der Mechatronics Concept Designer von Siemens ist in erster Linie auf die Konzeption und Validierung von mechatronischen Systemen für die Industrie ausgerichtet und bietet spezielle Funktionen für die Automatisierung, den Maschinenbau und verwandte Bereiche.

**Nutzererfahrung:** Es wurden bisher keine Erfahrungen mit dem MCD gemacht.

**Kosten:** Das MCD kostet 19'518.00 Euro pro Jahr.  
(Siemens AG, 2023)

## 7.2.3.1.1 3D-CAD-Software

**Autodesk Inventor Professional** ist eine-Software, die speziell für professionelle Ingenieure, Konstrukteure und Hersteller entwickelt wurde. Es bietet eine breite Palette von leistungsstarken Werkzeugen und Funktionen, die die Produktentwicklung und Konstruktion auf einem höheren Niveau unterstützen. Die wichtigsten Merkmale und Aspekte über Autodesk Inventor Professional sind:

**Produktentwicklung:** Eine der Schlüsselfunktionen von Autodesk Inventor ist die parametrische Modellierung, die es ermöglicht, Modelle mit intelligenten, voneinander abhängigen Parametern zu erstellen. Dies bedeutet, dass Änderungen an einem Teil des Modells automatisch auf alle damit verbundenen Teile übertragen werden, was den Konstruktionsprozess rationalisiert und Fehler minimiert. Baugruppenmodellierung erlaubt es, komplexe Konstruktionen aus einzelnen Komponenten zusammenzuführen und zu verwalten. Darüber hinaus können detaillierte Zeichnungen für die Fertigung und Dokumentation erstellt werden.

**Modellieren:** Autodesk Inventor bietet eine breite Palette von Modellierungswerkzeugen, darunter modellbasierte Definition, Inhaltscenter für Standardkomponenten, Formen-Generator für den Formenbau, flexible Modellierung für schnelle Anpassungen, Direktmodellierung für Änderungen ohne parametrische Abhängigkeiten, Freiform-Modellierung für organische Formen und komplexe Oberflächen, mechanisches Konzept und Layoutdesign sowie die Möglichkeit, Komponenten zu generieren und zu berechnen.

**Anwendungsbereiche:** Insgesamt richtet sich Autodesk Inventor Professional an professionelle Ingenieure und Konstrukteure, die erweiterte Funktionen und Werkzeuge benötigen, um komplexe Produkte zu entwickeln, zu entwerfen und herzustellen. Es ist in verschiedenen Branchen wie dem Maschinenbau, der Automobilindustrie, der Luft- und Raumfahrt, der Elektronik und anderen weit verbreitet.

**Nutzererfahrung:** Die Software Autodesk Inventor Professional wurde bereits im 4. Semester für die Semesterarbeit verwendet. Erste Erfahrungen wurden bereits in der Lehre als Polymechaniker gemacht.

**Kosten:** Der Auftraggeber kann für das Projekt eine bereits vorhandene Autodesk Inventor Professional Lizenz zur Verfügung stellen. Die Studenten der ABBTS sind im Besitz einer kostenlosen Studentenversion. (Autodesk Inc., 2023)

## 7.2.4 Bedienoberfläche / Auftragsabwicklung

In Zusammenhang mit der Auftragsabwicklung (siehe Abbildung 26) musste eine alternative Lösung gesucht werden. Um den vollständigen digitalen Zwilling präsentieren und testen zu können, ist eine Funktion zur Erstellung von Aufträgen erforderlich.

### Auftragsabwicklung realer Aufbau

Die Aufträge werden im realen Aufbau von der Kundensteuerung an die Anlagensteuerung der EHB weitergeleitet. Für jeden Auftrag werden sowohl eine Abholstelle (Beladestelle) zur Warenaufnahme als auch eine Lieferstelle (Entladestelle) zum Warentransport definiert. Die Anlagensteuerung empfängt Informationen darüber, von welchem Rollenförderer eine Palette abgeholt und zu welchem Rollenförderer sie transportiert werden soll. Die Rückmeldungen des Rollenförderers erfolgen ebenfalls auf der Kundenseite. Wenn ein Hängefahrzeug eine Palette zu einem Rollenförderer transportiert und erfolgreich ablädt, sendet es eine Rückmeldung an die Anlagensteuerung, um den Abschluss des Auftrags zu signalisieren. Anschließend kann sich das Hängefahrzeug in den Warteraum begeben oder direkt einen neuen Auftrag übernehmen.

### Auftragsabwicklung Digitaler Zwilling

Um den vollständigen digitalen Zwilling präsentieren und testen zu können, ist eine Funktion zur Erstellung von Aufträgen erforderlich. Da kein Zugriff auf die Kundensteuerung möglich war, musste eine alternative Auftragsabwicklung durchgeführt werden.

Um derartige Aufträge erstellen zu können, soll eine Bedienoberfläche geschaffen, in welche eine Funktion zur Auftragsabwicklung integriert werden soll. Dabei wird die Möglichkeit geschaffen, die Belade- und Entladestelle manuell einzugeben und zu bestätigen. Jeder Auftrag enthält Informationen über den Abholort und den Abladeort. Zum Beispiel könnte ein Auftrag lauten: Palette abholen am Rollenförderer Nr. 4 und bei Rollenförderer Nr. 1 wieder abladen.

Zusätzlich bietet die Implementierung einer Benutzeroberfläche eine Vielzahl weiterer Möglichkeiten. Zum Beispiel können einzelne Komponenten über den manuellen Betrieb gesteuert und die entsprechenden Rückmeldungen übersichtlich angezeigt werden. Oder es können Betriebs- und Störmeldungen angezeigt werden.

### Abgrenzung

Es ist wichtig zu betonen, dass die Weiterverarbeitung der Paletten zwischen der EHB und dem Hochregallager nicht Teil der Umsetzung ist. Diese Verarbeitung findet in einer unabhängigen Anlage auf der Kundenseite statt.

Für die Realisierung der Benutzeroberfläche wurden zwei folgende Optionen in Betracht gezogen.

#### Option 1:

Eine mögliche Art der Oberflächengestaltung ist die Nutzung einer «Benutzer-Maschine-Schnittstelle». Plattformen wie CODESYS oder das TIA Portal bieten die Möglichkeit, eine integrierte Visualisierung auf der Ebene der Softwareentwicklung zu entwerfen. Diese interagiert intern mit der Softwareumgebung und kann als webbasierte Ansicht visualisiert werden. In dieser Umgebung besteht außerdem die Möglichkeit, die Anlage zu steuern.

Ein Beispiel hierfür ist die Verwendung von Siemens TIA Portal, wo die Softwarelösung WinCC Runtime die Darstellung und Überwachung der Anlagensteuerung sowie anderer relevanter Informationen auf von Menschen bedienten Schnittstellen wie Bedien- und Anzeigepaneelen (HMI) ermöglicht.

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

WinCC Runtime ist eine Software, die es ermöglicht, eine projektierte HMI-Oberfläche zu testen, ohne dass tatsächliche Bedienhardware vorhanden sein muss. Dadurch können potenzielle Planungsfehler bereits vor der eigentlichen Inbetriebnahme erkannt und behoben werden. Diese Anwendung ist nahtlos in das TIA Portal integriert.

Es kann eine Visualisierung erstellt werden, die dem Bediener ermöglicht, den Zustand und Verlauf von Prozessen zu überwachen. Hierbei kommen grafische Elemente wie Schaltflächen, Diagramme, Anzeigen und Alarmanzeigen zum Einsatz. Außerdem ermöglicht es den Bedienern, über die Benutzerschnittstelle nicht nur Daten zu überwachen, sondern auch in die Prozesse einzugreifen.

Die Softwareoberfläche bietet eine genaue Darstellung des geplanten Bedienpanels. Somit können die Funktionstasten und Schaltflächen während der Simulation einfach durch Klicken mit der Maustaste ausgeführt werden, um die entsprechenden Ereignisse zu simulieren.

## Option 2:

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Bedienoberfläche über ein Frontend umzusetzen. Das Frontend stellt eine Webseite dar, die entweder lokal auf einem Rechner verwendet oder bei Einrichtung eines Servers «online» genutzt werden kann.

Das Frontend repräsentiert den sichtbaren Teil, den die Benutzer sehen und mit dem sie interagieren können. Hierzu gehören das Design, die Darstellung von Informationen, die Benutzeroberfläche sowie die Interaktionsmöglichkeiten. Diese erlauben den Benutzern Aktionen auszuführen, Daten einzugeben oder Informationen abzurufen. Das Frontend bildet die Benutzerschnittstelle der Website, die von den Benutzern interaktiv genutzt wird, um mit dem System zu interagieren.

Um die Kommunikation mit dem System zu ermöglichen, ist ein «Backend» erforderlich. Dieses ist für die Datenverarbeitung zuständig. Das Backend bildet den nicht sichtbaren Teil der Website, der hinter den Kulissen agiert. Es ermöglicht die logische Verarbeitung, Speicherung von Daten und Bereitstellung von Diensten für das Frontend. In anderen Worten, das Backend ist der technische «Motor» oder das «Gehirn» der Anwendung, während das Frontend die Benutzerschnittstelle darstellt.

Das Backend wird typischerweise in der Programmiersprache Python entwickelt, um die serverseitige Logik, Datenverarbeitung und Kommunikation in der Softwareanwendung zu implementieren. Das Frontend hingegen wird in HTML geschrieben, welches keine Programmiersprache im eigentlichen Sinne ist, sondern eine Standardauszeichnungssprache zur Strukturierung von Inhalten im Web darstellt.

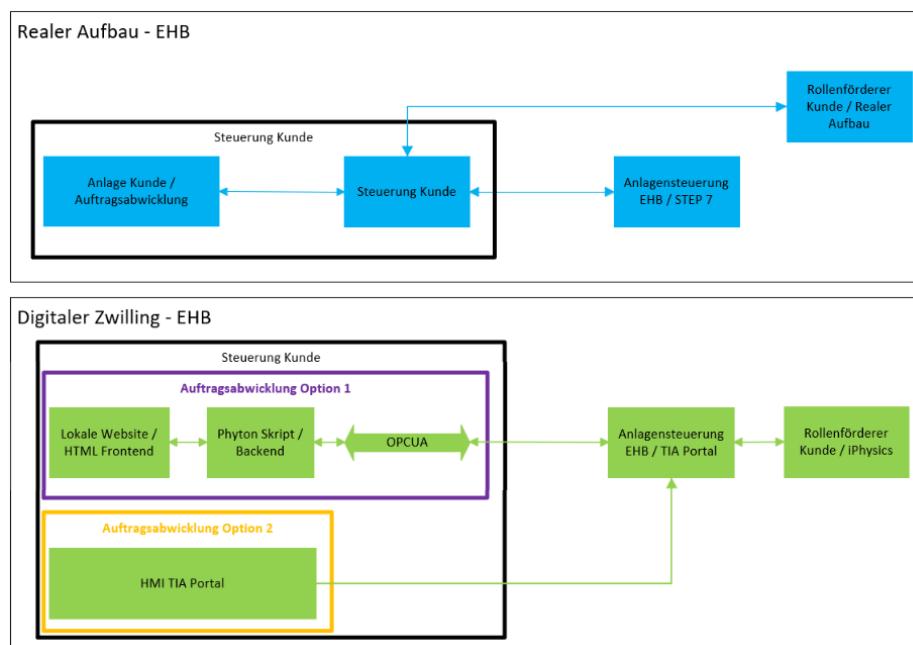


Abbildung 26: Auftragsabwicklung Vergleich Option 1 und 2

# ABB Technikerschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 7.2.5 Schnittstellen

Um die implementierte Software der Anlagensteuerung mit dem virtuellen Aufbau simulieren und testen zu können, werden die Schnittstellen von der Software zum virtuellen Aufbau genauer untersucht. Die Schnittstellen (siehe Abbildung Nr. 27) haben einen gemeinsamen Ausgangspunkt auf der Engineering Station. Von diesem Punkt aus findet die Kommunikation zwischen den verschiedenen Applikationen statt. Für jede dieser Schnittstellen wurden verschiedene Optionen in Betracht gezogen.

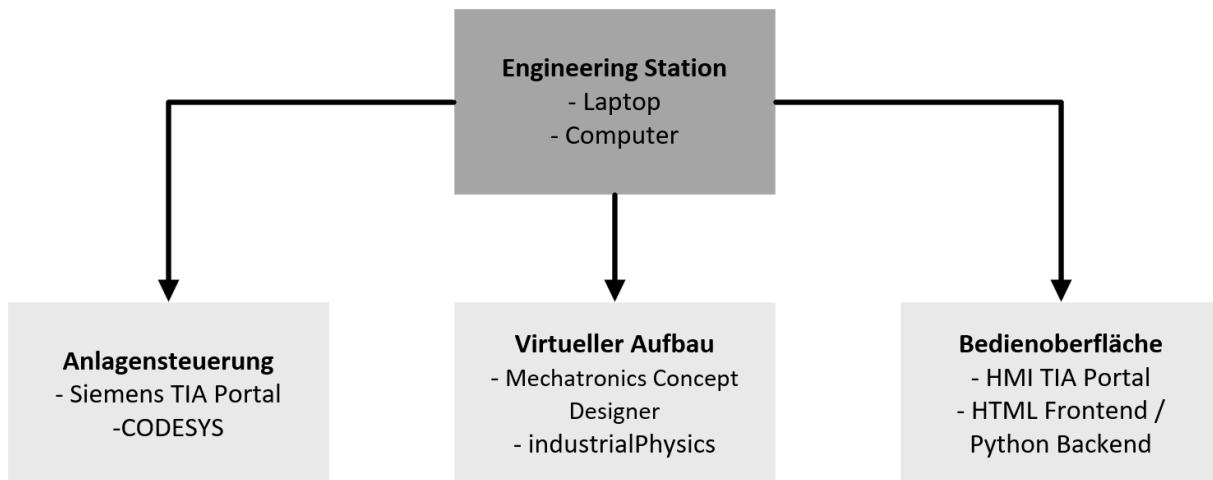


Abbildung 27: Übersicht Schnittstellen

### 7.2.5.1 Engineering Station – Anlagensteuerung/SPS

#### Option 1:

Hier bietet sich die Gelegenheit, eine physische SPS mit dem digitalen Zwilling zu verbinden. Jedoch geht diese Möglichkeit mit einer kostenintensiven Anschaffung von Hardware einher. Dies umfasst einerseits die benötigten SPS-Komponenten wie die CPU, Feldbuskarten und Ein-/Ausgangskarten. Zusätzlich wird für die entsprechenden Schnittstellen das erforderliche Material, wie Ethernet- und Buskabel, sowie passende Adapter benötigt, um diese an die Engineering Station anzuschließen.

#### Option 2:

Eine weitere Option bietet die Anwendung von PLCSIM Advanced. Diese Software ermöglicht die Simulation einer virtuellen SPS, die speziell für Testzwecke geeignet ist. PLCSIM Advanced ist eine erweiterte Version der Software-Simulation PLCSIM. PLCSIM ist die standardmäßig installierte Simulationsanwendung im TIA Portal. PLCSIM Advanced bietet zusätzliche Funktionen und Möglichkeiten zur Simulation von Steuerungsanwendungen. Es können komplexe und umfangreiche Automatisierungssysteme simuliert werden, einschließlich mehrerer SPS-Instanzen, verteilten I/Os und Netzwerkkommunikation. Die Simulation kann in Echtzeit erfolgen, wodurch eine realistische Nachbildung des Maschinenverhaltens ermöglicht wird. PLCSIM Advanced bietet auch die Möglichkeit, Simulationsdaten in andere TIA Portal-Tools, wie z.B. WinCC (HMI-Software), zu integrieren, um eine umfassende Systemsimulation zu ermöglichen.

Darüber hinaus bietet sich die Option zur Kommunikation mit externen Software-Tools, wie beispielsweise der Software für den virtuellen Aufbau. Dies ist der Hauptgrund, warum die standardmäßige PLCSIM-Software im TIA Portal für das Projekt nicht geeignet ist und die erweiterte Variante PLCSIM Advanced in Betracht gezogen wird.

(Siemens , 2023)

## 7.2.5.2 Anlagensteuerung – Virtueller Aufbau

In Zusammenhang mit der Auswahl der Software iPhysics für den virtuellen Aufbau wurden Schulungen beim Hersteller bezogen. Dementsprechend wurde bei der Wahl der Schnittstelle zwischen der Anlagensteuerung und dem virtuellen Aufbau eine Proxyverbindung empfohlen. Diese wird im iPhysics Softwarepaket angeboten und muss somit nicht zusätzlich angeschafft werden. Die iPhysicsPLCSimProxy Schnittstelle wäre zudem kompatibel mit der in [Kapitel 7.2.5.1](#) beschriebenen Anwendung PLCSIM Advanced. PLCSimProxy ermöglicht die Kommunikation zwischen iPhysics und PLSCIM Advanced. Über die API von PLCSIM Advanced können Ein- und Ausgänge der SPS angesprochen werden.

Ein Kommunikationsproxy ist eine Art von Zwischenstelle oder Vermittler in einem Netzwerksystem, der Kommunikation zwischen verschiedenen Endpunkten ermöglicht, steuert oder überwacht. Dementsprechend kann die Datenübertragung zwischen mehreren Engineering Station stattfinden. Der Proxy kann verwendet werden, um Sicherheit, Datenschutz, Lastenausgleich oder Protokollübersetzung in einer Netzwerkkommunikation zu gewährleisten. In einfacheren Worten handelt es sich um eine Art Mittelsmann, der die Kommunikation zwischen verschiedenen Geräten oder Systemen erleichtert und optimiert. Eine zusätzliche Eigenschaft ist die Echtzeitübertragung. Die Daten werden in Echtzeit zwischen verschiedenen Systemen übertragen, ohne das signifikante Verzögerungen auftreten. Außerdem kann ein Proxy Sicherheitsmaßnahmen wie Verschlüsselung und Authentifizierung implementieren, um die Kommunikation zwischen den Systemen abzusichern.

(NeonZero, 2023)

## 7.2.5.3 Anlagensteuerung/SPS - Bedienoberfläche

Es wurden zwei verschiedene Optionen für die Schnittstelle zwischen der Anlagensteuerung und der Bedienoberfläche betrachtet. Die Wahl hängte mit der Entscheidung für die Umsetzung der Bedienoberfläche zusammen.

### Option 1:

Bei der Implementierung eines virtuellen HMI im TIA Portal besteht die Möglichkeit, eine virtuelle Verknüpfung zur virtuellen SPS herzustellen. Eine virtuelle SPS kann mithilfe der Anwendung PLCSim Advanced erstellt werden, wie bereits in [Kapitel 7.2.5.1](#) beschrieben. Diese Verknüpfung kann mithilfe der Konfigurationseinstellungen im TIA Portal hergestellt werden. Bei dieser Option wird eine virtuelle Ethernet-Schnittstelle konfiguriert, um die beiden virtuellen Komponenten (HMI und CPU der SPS) miteinander zu verbinden.

### Option 2:

Bei einer Umsetzung der Bedienoberfläche mittels «Frontend/Backend» wird «OPC UA» als Schnittstelle angewendet. Mittels OPC UA können Daten zwischen einem Backend und einer SPS-Steuerung übertragen werden, indem sie einen standardisierten Kommunikationspfad nutzen. Das Backend sendet Daten über das OPC UA-Protokoll an die SPS, wobei die Daten in einem vereinbarten Format strukturiert sind. Die SPS empfängt die Daten, verarbeitet sie gemäß den definierten Logiken und kann auch Daten an das Backend zurücksenden. Dieser Datenfluss ermöglicht eine effiziente und sichere Kommunikation zwischen dem Backend und der SPS, unabhängig von den spezifischen Herstellern oder Plattformen.

## 8 Lösungswahl

Analog zu Kapitel 7 wurden die erwähnten Optionen vertieft untersucht und umfassend bewertet. Diese Analyse bildet die Grundlage für die Ausarbeitung des Detailkonzepts und ermöglicht die zielgerichtete Weiterentwicklung des Projekts. Die gezielte Untersuchung und Bewertung dieser Optionen soll eine fundierte Entscheidung für den nächsten Schritt der Projektdurchführung vorbereiten.

### 8.1 Software

#### 8.1.1.1 Entwicklungsumgebung

Die Entscheidung für das TIA Portal (Option 1) beruht darauf, dass der Auftraggeber bereits über eine Lizenz für das TIA Portal verfügt und die bestehenden Anlagen mit Siemens-Hardware ausgestattet sind. Diese Option erleichtert die nahtlose Übertragung des bestehenden STEP 7-Programms in die verwandte Softwareplattform TIA Portal, die ebenfalls von Siemens stammt. Die Wahl dieser Option ist eine logische Schlussfolgerung, da die Nutzung vorhandener Lizenzen nicht nur zusätzliche Kosten vermeidet, sondern auch die Übertragung des STEP 7-Programms in eine für den Auftraggeber vertraute Umgebung ermöglicht.

Die Integration in das TIA Portal bietet den Vorteil, dass von den bereits verfügbaren Ressourcen, Funktionen und Tools profitieren werden kann. Dies reduziert den Schulungsbedarf und erleichtert die Implementierung, da das Team des Auftraggebers bereits mit den Arbeitsabläufen und der Handhabung des TIA Portals vertraut ist.

Im Vergleich dazu kann die Wahl einer anderen Plattform, wie CODESYS, die nicht zur Siemens-Familie gehört, zusätzlichen Aufwand für die Konvertierung und Anpassung des STEP 7-Programms erfordern. Dies könnte potenziell längere Umstellungszeiten und Anpassungen bedeuten.

Zusammenfassend ermöglicht Option 1 durch die Nutzung der bestehenden TIA Portal Lizenz eine effiziente Übertragung und erleichtert die Zusammenarbeit mit einer bewährten und vertrauten Softwareumgebung. Dies führt zu einer reibungslosen Migration, optimiert die Arbeitsprozesse und maximiert die Nutzung der bereits vorhandenen Ressourcen.

## 8.1.1.2 Fahrzeugsteuerung

Ursprünglich bestand die Idee darin, für jedes Hängefahrzeug eine separate Fahrzeugsteuerung zu programmieren, was sich in der Praxis jedoch eher problematisch darstellt. Im realen Aufbau werden die Signale auf den einzelnen Schienen mit Frequenzen generiert, wobei die Schienen in einzelne Abschnitte unterteilt sind. Diese Signale waren unabhängig vom Fahrzeug und steuerten nur dasjenige Fahrzeug, welches sich gerade im jeweiligen Abschnitt befand. Dieser Ansatz kann im digitalen Zwilling nicht umgesetzt werden. Daher kam die Idee auf, die Fahrzeugsteuerung als Aufruffunktion in die Blockstellen zu integrieren. Der Funktionsblock der Fahrzeuge erfragt dabei an jeder Blockstelle die Fahrzeugnummer, woraufhin der korrekte Fahrbefehl oder auch der Be- und Entladebefehl für das entsprechende Fahrzeug übermittelt werden kann.

Durch dieses Vorgehen wird immer nur das jeweilige Fahrzeug angesteuert, das sich auf der Blockstelle befindet. Verlässt ein Fahrzeug nun die Blockstelle, wird die Fahrzeugnummer zur nächsten Blockstelle übertragen, es sei denn, es handelt sich dabei um eine Weiche als nächste Blockstelle. In diesem Fall wird die Fahrzeugnummer durch ein RFID-Lesegerät erneut eingelesen. Nach der Übertragung der Fahrzeugnummer auf die nächste Blockstelle werden die gespeicherten Werte wie beispielsweise die Fahrzeugnummer auf null gesetzt, damit das nächste Fahrzeug nicht durch die alten Signale irgendwelche Fehler aufgespielt bekommt.

Dementsprechend wurde Option 2 gewählt, um die speziellen Anforderungen des digitalen Zwillings zu erfüllen und eine effiziente, fehlerfreie Steuerung der Fahrzeuge sicherzustellen. Dies ermöglicht eine präzise und reibungslose Bewegung der Fahrzeuge im digitalen Zwilling.

## 8.2 Virtueller Aufbau

Die Wahl von iPhysics (Option 1) basiert auf den Erfahrungen, die im vierten Semester mit der Software gesammelt wurden, sowie auf den wirtschaftlichen Vorteilen durch die kostenlose Bereitstellung seitens der ABBTS.

Durch die Nutzung von iPhysics, im Bildungsprozess, ist bereits ein Verständnis für die Arbeitsweise und die Funktionen der Software vorhanden. Dies erleichtert den Einstieg und beschleunigt die Lernkurve bei der Integration in das aktuelle Projekt. Die kostenlose Bereitstellung der Software reduziert finanzielle Aufwendungen und ermöglicht eine kosteneffiziente Umsetzung des Projekts. Dies trägt zur Gesamtwirtschaftlichkeit bei und ermöglicht eine effizientere Nutzung der vorhandenen Ressourcen.

Zusammenfassend belegt die Wahl von iPhysics eine strategische Herangehensweise, die auf bereits vorhandenen Erfahrungen basiert und gleichzeitig wirtschaftlich sinnvoll ist. Diese Vorgehensweise erleichtert die Projektumsetzung und trägt zur erfolgreichen Umsetzung des Projekts bei.

Um die Programmkenntnisse im Umgang mit dem Programm iPhysics zu erlernen, werden mehrere Schulungstage bei der Firma Cadosu (externer machineering experte/ für die ABBTS zuständig) vereinbart.

### 8.2.1 3D-CAD-Software

Die Wahl dieses Programms wurde zu Projektbeginn getroffen, da bereits eine bestehende 3D-Zeichnung im Inventor Professional vorhanden war. Zusätzlich zur kostenlosen Studentenlizenz besteht die Option, dass der Auftraggeber Inventor Lizenzen bereitstellen kann, was diese Entscheidung ebenfalls begünstigt hat.

## 8.3 Bedienoberfläche / Auftragsabwicklung

Mit Option 1 kann das «WinCC Runtime» genutzt werden, um eine übersichtliche HMI-Darstellung zu erstellen und virtuell zu simulieren. Diese virtuelle HMI-Simulation bietet identische Funktionen wie ein physisches HMI. Die in der Software definierten Variablen können direkt mit dem HMI verknüpft werden, wodurch die Datenübertragung intern im TIA Portal erfolgt. Die Umsetzung einer optisch ansprechenden Bedienoberfläche gestaltet sich mit Runtime WinCC einfacher als mit einem Frontend.

Option 2 erfordert fortgeschrittene Kenntnisse im Bereich Frontend und Backend, was zu einem größeren Zeitaufwand führen könnte. Diese Variante könnte für das Projektteam von Interesse sein, da die im letzten Semester erworbenen Erfahrungen im Bereich Frontend/Backend-Programmierung erweitert werden könnte. Allerdings wird diese Option aufgrund des Projektzeitplans als optional betrachtet, da sie eher zu einem zusätzlichen Lerneffekt für die Studierenden führen könnte und nicht unmittelbar für das angestrebte Ergebnis benötigt wird.

Für die Wahl einer Bedienoberfläche mit WinCC Runtime sprach, dass diese bereits nahtlos im TIA Portal integriert ist. In [Kapitel 8.4.3](#) wird zudem der Vorteil der damit verbundenen Schnittstelle näher erläutert. Die Handhabung von WinCC Runtime gestaltet sich einfacher im Vergleich zu Frontend/Backend, da sie nicht auf Code basiert (siehe Abbildung 28). Dies erleichtert die Umsetzung und ermöglicht auch eine unkomplizierte Erweiterung in der Zukunft. Ein weiteres Argument für Option 1, dass im Verlauf dieses Projekts eine Rolle spielt, war der Faktor Zeit. Die Realisierung eines virtuellen HMIs erfordert weniger Zeitaufwand.

HTML Code

```
<h1>Registrierung</h1>
<p> </p>
<form action="Registrierung" method="post">

    {% if reg_name and reg_mail %}
        <h3 style="...>{(reg_name)} wurde erfolgreich registriert. </h3>
        <p> </p>
        <form method="get" action="home">
            <button type="submit" name="home_button">Weiter</button>
        </form>
        <p> </p>
    {% else %}
        <form>
            <label for = "Reg_Name" >Name :</label>
            <input placeholder="Name eingeben" type="text" name="reg_name" id="reg_name">
            <p> </p>
            <label for = "Reg_Mail" >E-Mail :</label>
            <input placeholder="E-Mail eingeben" type="text" name="reg_mail" id="reg_mail">
            <p> </p>
            <input type="Submit" name=reg_button value="Registrieren">
        </form>
    {% end if %}
</form>
```

Drag and Drop Tia Portal

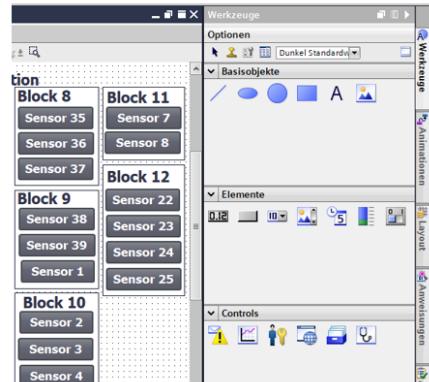


Abbildung 28: Vergleich HTML und TIA Portal HMI

## 8.4 Schnittstellen

### 8.4.1 Engineering Station – Anlagensteuerung/SPS

Die Option 1 mit einer physischen SPS ergab keinen Sinn, da sie dem Grundgedanken eines digitalen Zwilling widergespricht. Daher wurde eine Lösung mit PLCSIM Advanced (Option 2) angestrebt. Diese Variante ist nicht an Hardware gebunden, was eine flexiblere Handhabung ermöglicht. Die physische SPS hat zudem eine kürzere Lebensdauer, da sie einem gewissen Verschleiss während des Betriebs ausgesetzt ist oder bei einem Transport beschädigt werden könnte. Außerdem ist die Option 2 kostengünstiger und platzsparender. Die Verwendung von PLCSIM Advanced ermöglicht zudem eine erhöhte Mobilität bei der Anwendung. Außerdem ist sie mit der ausgewählten Schnittstelle zum virtuellen Aufbau kompatibel.

## 8.4.2 Anlagensteuerung – Virtueller Aufbau

Wie bereits in Kapitel 7.2.5.2 erwähnt, wurde bei der Schulung von iPhysics die dazugehörige Proxyverbindung empfohlen. Eine Besonderheit der Proxyverbindung ist die Echtzeitübertragung, welche bei einer sehr dynamischen Anlage, wie beim umgesetzten digitalen Zwilling, Sinn macht, um keine markanten Verzögerungen in der Datenübertragung zu haben. Außerdem sorgt eine Sicherheitsfunktion, dass Daten und Informationen während der Kommunikation zwischen dem Client und dem Server über einen Proxy-Server geschützt sind. Der Hauptzweck der Sicherheitsfunktion ist es, die Vertraulichkeit, Integrität und Authentizität der übertragenen Daten sicherzustellen und gleichzeitig potentielle Angriffe, Datenmanipulationen oder unbefugte Zugriffe zu verhindern.

Die Nutzung einer Proxyschnittstelle kann die Integration und Kommunikation in komplexen Umgebungen zwischen verschiedenen Systemen erheblich erleichtern und optimieren. Dadurch wird eine effiziente und verlässliche Zusammenarbeit ermöglicht, selbst wenn die Systeme unterschiedliche Technologien und Anforderungen aufweisen, wie es bei den Softwareplattformen TIA-Portal und iPhysics der Fall ist.

## 8.4.3 Steuerung/SPS – Bedienoberfläche

Im Kontext der Bedienoberflächenauswahl wurde die entsprechende Schnittstellenoption 2 gewählt. Dadurch wird eine virtuelle Ethernet-Verbindung zwischen der virtuellen SPS (PLCSIM Advanced) und dem HMI eingerichtet. Der Vorteil dieser Schnittstelle liegt darin, dass sie intern aufgebaut ist, im Gegensatz zur OPC UA-Schnittstelle, die zusätzliche Tools erfordert hätte und somit mehr potentielle Fehlerquellen eingeführt hätte.

Betrachtet auf den digitalen Zwilling ergeben sich folgende Schnittstellen (siehe Abbildung 29)

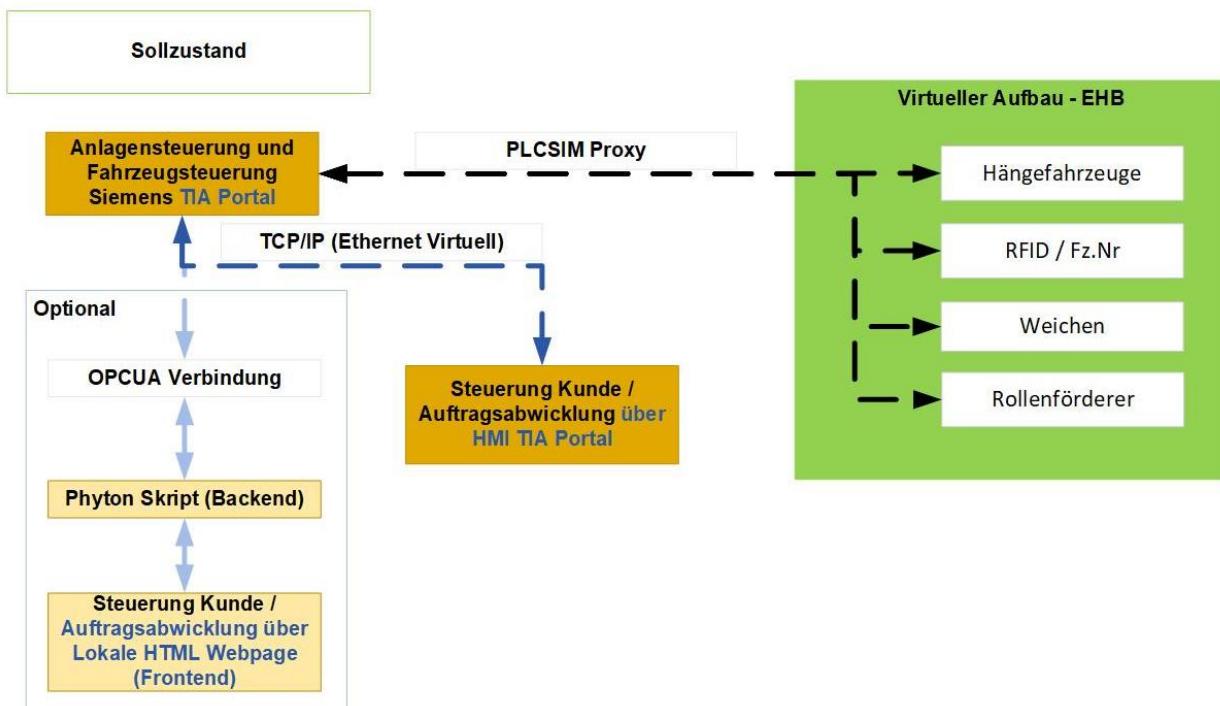


Abbildung 29: Schnittstellenwahl

## 9 Detailkonzeptentwicklung

Das aus der Lösungswahl resultierende Detailkonzept wird in Abbildung 30 dargestellt. Die im Rahmen der Lösungswahl betrachteten Alternativen wurden detailliert aufgeführt und in Bezug auf die definierten Zielsetzungen eingehend analysiert. Dieser Überblick stellt die Grundlage für die Erstellung des Detailkonzepts dar, um die kommende Realisierungsphase gezielt umsetzen zu können.

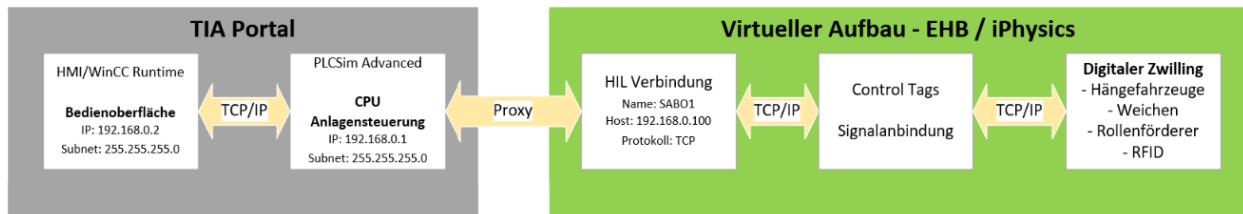


Abbildung 30: Detailkonzept digitaler Zwilling

### 9.1 Software

In einem ersten Schritt wird die STEP 7 mittels Migration ins TIA Portal implementiert. Im Zuge der Implementierung werden die mechanischen Komponenten in eine virtuelle Struktur eingebunden. Dabei wird keine Trennung mehr zwischen «Anlage Kundenseite» und «EHB» vorgenommen, stattdessen entsteht ein vereinigter virtueller Aufbau.

Zur Realisierung dieser Umstellung steht eine Software einer Referenzanlage zur Verfügung. Jedoch sind in den folgenden Bereichen Überarbeitungen erforderlich:

- RFID (Verarbeitung Fahrzeugnummer)
- Auftragsverarbeitung (Aufträge der Kundensteuerung simulieren)
- Signale Rollenförderer Entladen/Beladen (Simulieren der Kundensteuerung)
- Fahrzeugsteuerungen (Integration der fünf Fahrzeugsteuerungen)

#### 9.1.1 RFID

RFID ist eine Technologie für den kontaktlosen Datenaustausch zwischen einem RFID-Tags oder -Etiketten und einem Lesegerät. Diese Technologie wird für die Erkennung der Fahrzeuge genutzt. Um diese präzise Lokalisierung sicherzustellen, werden RFID-Lesegeräte strategisch vor und nach jeder Weiche installiert. Dies ist von entscheidender Bedeutung, da die Weichen die einzige Möglichkeit für Hängefahrzeuge darstellen, ihre Fahrtroute in der Anlage und somit auch die Reihenfolge der Fahrzeuge zu ändern. Durch die kontinuierliche Erfassung und Übermittlung von Daten an die Software ist gewährleistet, dass zu jedem Zeitpunkt der exakte Aufenthaltsort eines jeden Hängefahrzeugs bekannt ist. Durch die Identifikation der Hängefahrzeugnummer ermöglicht es auch, die genaue Fahrtroute des Fahrzeugs zu lokalisieren und festzulegen. Die Positionen der RFID sind auf der Abbildung 31: Detailkonzept virtueller Aufbau ersichtlich.

## 9.1.2 Auftragsverarbeitung

Im realen System erfolgt die Auftragsübermittlung von der Kundensteuerung in Form eines einzelnen Bytes. Im Zuge der Entwicklung des digitalen Zwillinges wird dieser Prozess nahtlos in die Steuerung des digitalen Zwillinges integriert. Diese Integration bietet den Vorteil, dass Aufträge manuell über die Bedienoberfläche eingegeben werden können. Die Aufträge sollen als Zahlenwerte gespeichert werden, wobei jede Zahl für einen bestimmten Auftrag gilt. Tabelle 15: Auswahlkombinationen Aufträge in Kapitel 9.3.2 zeigt die verschiedenen Auftragsmöglichkeiten auf sowie den Zahlenwert, welcher von der Steuerung verarbeitet werden soll.

## 9.1.3 Signale Rollenförderer Entladen/Beladen

Jede Blockstelle (Entladestelle/Beladestelle) wird mit einem neuen Ausgang und Eingang konfiguriert. Der Ausgang dient zur Steuerung des Rollenförderers in den Blockstellen, während der Eingang den Status des Sensors zurückgibt, um den aktuellen Status zu ermitteln, wo sich das Pallet befindet.

## 9.1.4 Fahrzeugsteuerungen

Der Programmcode der fünf verschiedenen Fahrzeugsteuerungen wird jeweils in einem eigenen Funktionsblock innerhalb der Anlagensteuerung integriert. Dadurch wird eine bessere Übersichtlichkeit und Koordination der Fahrzeugsteuerungen ermöglicht. Jeder Funktionsblock repräsentiert eine spezifische Fahrzeugsteuerung und die entsprechenden dazugehörigen Abläufe, die auf dem Hängefahrzeug verarbeitet werden.

Die Programmierung für die fünf verschiedenen Fahrzeugsteuerungen wird in einem Funktionsblock innerhalb der Anlagensteuerung integriert. Dies ermöglicht eine verbesserte und genauere Zuordnung der Signale der einzelnen Fahrzeugsteuerungen. Dieser Funktionsblock repräsentiert, durch das Erhalten der Fahrzeugnummer, eine spezifische Fahrzeugsteuerung und enthält die entsprechenden Prozesse, die auf dem Hängefahrzeug ausgeführt werden. Die klare Zuordnung und Verwaltung der verschiedenen Fahrzeugfunktionen fördern die gezielte Steuerung und Überwachung. Die Integration gewährleistet eine effiziente Gesamtsystemsteuerung und eine reibungslose Koordination der Fahrzeugsteuerung.

## 9.2 Virtueller Aufbau

Die gelieferten 3D-Dateien werden in das iPhysics integriert und anschliessend mit den physikalischen Eigenschaften versehen.

Der Spur für die Hängefahrzeuge muss erstellt werden.

Für die Bewegungen der einzelnen Anlageteile müssen Skripte (Anweisungen) verfasst werden. Die Skripte ermöglichen die Generierung von zusätzlichen Signalen und die Anbindung der Schnittstellen.

Die PLC-Tags (Signale vom TIA Portal) werden als «sdf» Datei aus dem TIA Portal generiert und mit den entsprechenden Variablen verbunden.

Der Kommunikationsaustausch erfolgt über die HIL-Verbindung und wird mit dem iPhysics Prox an das Siemens PLCSim Advanced angebunden.

In Abbildung 31 ist das Detailkonzept vom virtuellen Aufbau ersichtlich.

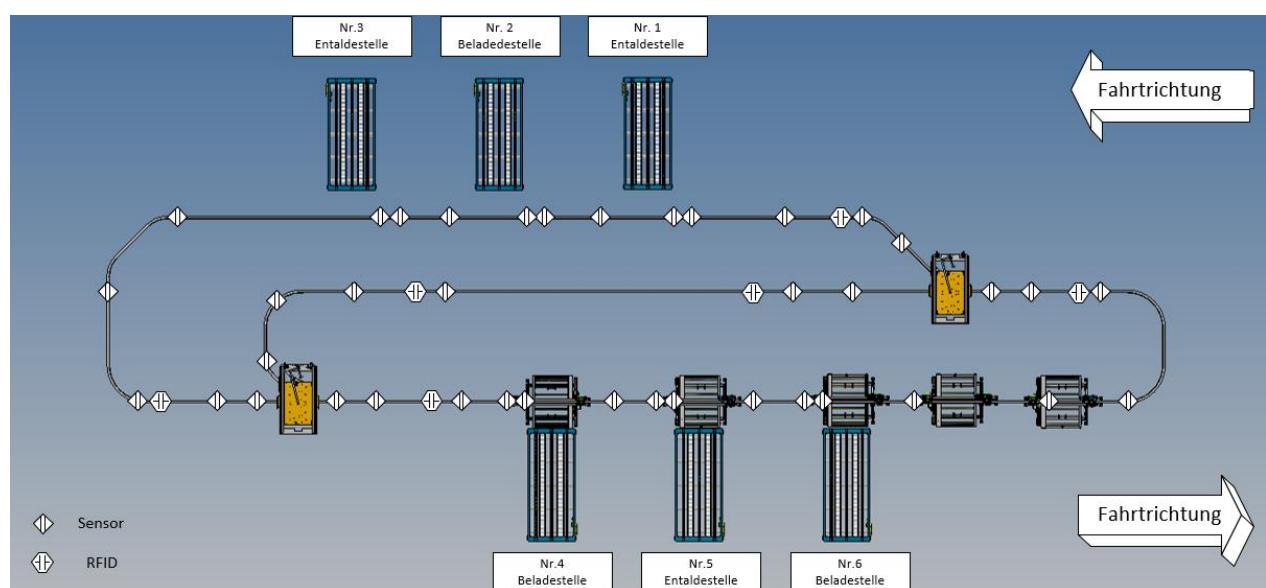


Abbildung 31: Detailkonzept virtueller Aufbau

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 9.3 Bedienoberfläche / Auftragsabwicklung

Die Bedienoberfläche der Anlage soll die Flexibilität bieten, sowohl automatisiert als auch manuell bedient zu werden, um eine vielseitige Nutzung zu gewährleisten. Im automatisierten Betrieb sollte es möglich sein, Aufträge zu initiieren und durchzuführen. Im manuellen Betrieb wiederum sollten die einzelnen Komponenten separat angesteuert werden können, was besonders während der Inbetriebnahme von Vorteil ist.

### 9.3.1 Betriebsarten

Folgende Betriebsarten werden in die Bedienoberfläche integriert, wobei die jeweiligen Anforderungen an den Aufbau der Seite ebenfalls aufgeführt werden:

#### Startseite:

- Einstiegsseite mit einer Gesamtübersicht über die Anlage (Fahrbahn, Weichen und Rollenförderer)
- Auswahl der Betriebsart: Hand- / Automatikbetrieb

#### Automatikbetrieb:

- Auswahl der Betriebsart: Hand- / Automatikbetrieb
- Visuelle Gesamtübersicht über die Anlage (Fahrbahn, Weichen und Rollenförderer)
- Möglichkeit zur Auftragserteilung (Initiierung der Auftragsabwicklung) (Kapitel 9.3.2)
- Statusanzeige der fünf Hängefahrzeug (Beladen / Entladen)

#### Inbetriebnahme:

- Startsignale für die Hängefahrzeuge 1-5
- Geschwindigkeitsbefehl 4 für das Integrieren einer Geschwindigkeit auf den Hängefahrzeugen
- Rücksetzfunktion, um die gespeicherten Signale auf den Blockstellen zurückzustellen

#### Handbetrieb:

- Auswahl der Betriebsart: Hand- / Automatikbetrieb
- Steuerung der Hängefahrzeug 1-5, einschließlich Rückmeldungen des Beladezustands
- Steuerung der Weichen 1 und 2, einschließlich Rückmeldungen der Endpositionen

#### Ein – und Ausgangsliste

- Rückmeldungen aller Sensoren (Fahrbahn, Blockverriegelungen)
- Übersicht Rückmeldungen (Sensoren, Fahrbefehl) Hängefahrzeug 1-5
- Übersicht Rückmeldungen (Sensoren, Fahrbefehl) Weiche 1 und 2
- Übersicht RFID-Sensoren
- Übersicht Rückmeldungen (Sensoren) Rollenförderer 1-6

## 9.3.2 Auftragsabwicklung

Bei der Implementierung der Auftragsabwicklung werden neun verschiedene mögliche Aufträge betrachtet. Ein Auftrag besteht aus der Kombination einer Belade- und einer Entladestelle. Jede Zielselektion ist durch einen individuellen Button repräsentiert (siehe Abbildung 32), der es ermöglicht, die Belade- und Entladestelle auszuwählen. Es ist wichtig zu beachten, dass jeweils nur genau eine Beladestelle und eine Entladestelle ausgewählt werden darf. Um die Auswahl mehrerer Stellen zu verhindern, ist gemäß Tabelle 15 die Begrenzung der Auswahlmöglichkeiten erforderlich.

Eine Schaltfläche mit der Bezeichnung «Auftragsbestätigung» soll dazu dienen, die beiden ausgewählten Werte in einem Auftrag zu speichern und an die Steuerung zu übermitteln.

Der Wert in der Spalte «Auftrag» wird in der Software verwendet, um den Auftrag sowie die zugehörigen Belade- und Entladestellen zu identifizieren. Diese Informationen werden an das nächste verfügbare Fahrzeug weitergeleitet, das gerade keinen laufenden Auftrag ausführt.



Abbildung 32: Mögliche Darstellung «Auftragseingabe»

Auftrag	Beladestelle			Entladestelle			
	RF 2	RF 4	RF 6	RF 1	RF 3	RF 5	
1	1	0	0	1	0	0	
2	0	1	0	1	0	0	
3	0	0	1	1	0	0	
4	1	0	0	0	1	0	
5	0	1	0	0	1	0	
6	0	0	1	0	1	0	
7	1	0	0	0	0	1	
8	0	1	0	0	0	1	
9	0	0	1	0	0	1	

Tabelle 15: Auswahlkombinationen Aufträge

## 9.4 Schnittstellen

Basierend auf der ausgewählten Lösung ergibt sich folgendes detailliertes Schnittstellenkonzept (siehe Abbildung 33). Die Verbindung zwischen der Anlagensteuerung und dem virtuellen Aufbau wird durch die beiden PLCSIM-Anwendungen hergestellt. Die Verbindung des HMI kann intern im TIA Portal über eine virtuelle Ethernet- Schnittstelle konfiguriert werden.

Die Implementierung dieser Schnittstellenstruktur bietet verschiedene Vorteile. Die Nutzung von PLCSIM-Anwendungen ermöglicht eine umfassende und präzise Simulation der Steuerungsprozesse, wodurch die Validierung und Fehlersuche während der Entwicklung optimiert werden. Die Verwendung der virtuellen Ethernet-Schnittstelle für das HMI erleichtert die Einbindung der Mensch-Maschine-Schnittstelle in die Gesamtarchitektur und ermöglicht eine reibungslose Interaktion zwischen dem Bediener und dem System.

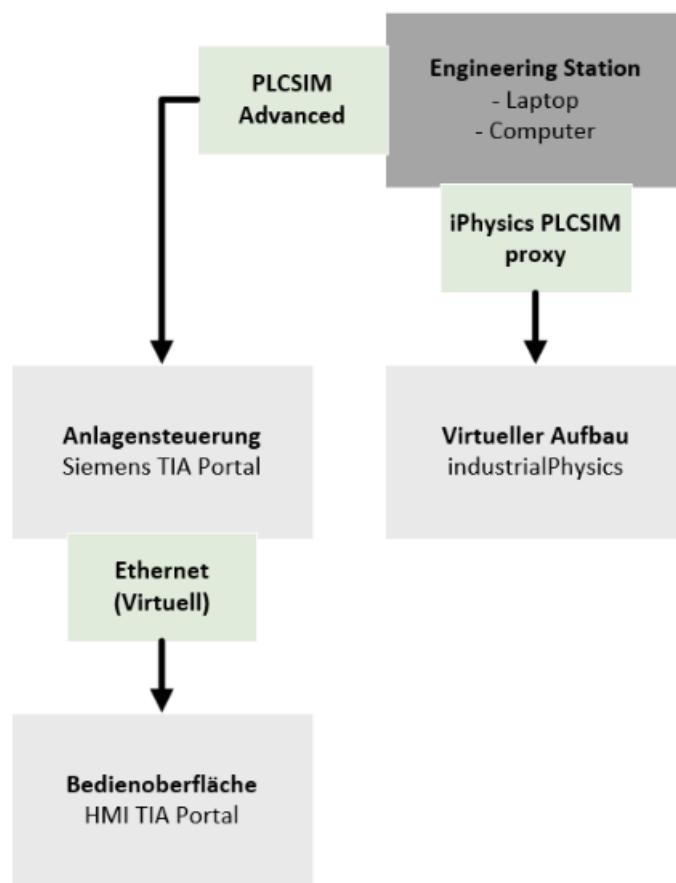


Abbildung 33: Übersicht Auswahl Schnittstellen

## 10 Realisation

Im folgenden Kapitel wird die praktische Umsetzung anhand des zuvor erarbeiteten Detailkonzepts ausführlich beschrieben. Dabei werden die einzelnen Schritte und Maßnahmen erläutert, um eine klare und umfassende Vorstellung davon zu vermitteln, wie das Konzept in die Tat umgesetzt wurde.

Wie bereits im Detailkonzept erläutert, wird die Realisation gemäss Blockdiagramm (siehe Abbildung 34) erfolgen.

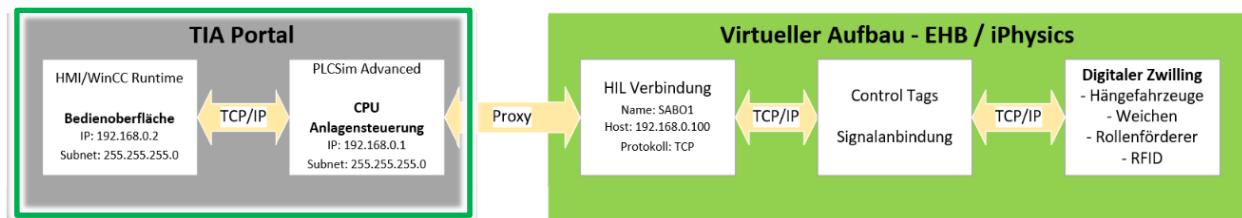


Abbildung 34: Übersicht Blockdiagramm Realisation

Grundvoraussetzung für einen Betrieb ist das sich alle Teilnehmer (Rechner, TIA Portal, Siemens PLCSIM Advanced und iPhysics) im gleichen Netzwerk (192.168.0.xxx) befinden.

Die folgenden Software-Versionen wurden verwendet:

Software	Version
STEP 7	V5.4
Siemens TIA Portal	V14
Inventor Professional	V2022
iPhysics	3.2
PLCSIM Advanced	V5.0
iPhysics PLC Proxy	

Tabelle 16: Software Versionen

### 10.1 Siemens TIA-Portal

Die Software wurde mithilfe von TIA Portal V14 entwickelt. Bei der Programmierung kamen zwei Programmiersprachen zum Einsatz:

- AWL, um die bestehen Software gemäss Ausgangslage zu erweitern
- SCL, für die Erstellung neuer Funktionsblöcke

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 10.1.1 Migration STEP 7 zu TIA Portal

Die Migration der STEP 7-Datei in eine TIA Portal V14-Datei erforderte mehrere Schritte.

Zuallererst wurde eine Sicherungskopie der STEP 7-Datei erstellt, um einen Verlust der Daten zu vermeiden. Anschliessend wurden die Hardwarekonfigurationen, Netzwerkeinstellungen und Bibliotheken im STEP 7 aktualisiert.

Die Aktualisierung wurde wie folgt durchgeführt (siehe Abbildung 35):

- SIMATIC 400 auswählen
- Hardware auswählen
- Aktualisieren

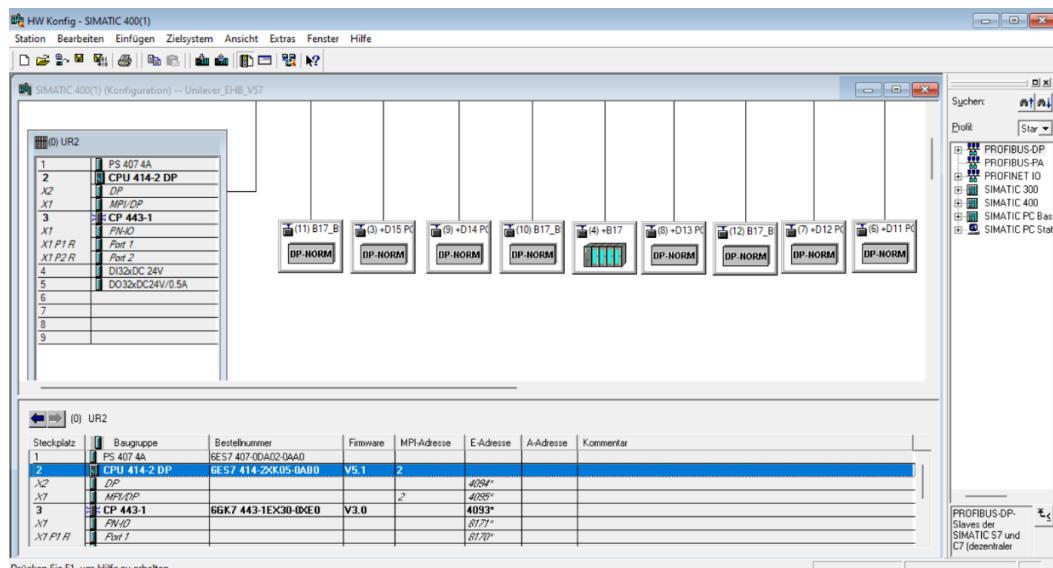


Abbildung 35: STEP 7 Hardware Komponenten

Für die Migration musste das TIA Portal geöffnet werden. Im Startmenü konnte diese mit der Option «Projekt migrieren» gestartet werden (siehe Abbildung 36). Die zu migrierende STEP 7-Datei wurde im Quellpfad eingegeben. Nach dem erfolgreichen Import war das Projekt startklar für die Überarbeitung und Erweiterung.



Abbildung 36: Projekt migrieren

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 10.1.2 Hardware-Komponenten konfigurieren

### 10.1.2.1 SPS/PLC

Zu Beginn des Projektes musste eine virtuelle PLC generiert werden.

Dies wurde wie folgt durchgeführt:

- Projektnavigationszeile → PLC ausgewählt → CPU 1516-3 PN/DP.
- Durch die Gerätekonfiguration wird die visuelle Ansicht der CPU geöffnet. Die CPU kann durch einen Doppelklick geöffnet werden, um das Menü für die Einstellungen zugänglich zu machen.

Anschliessend wurde unter Allgemein -> Ethernet-Adressen -> IP-Adresse **192.168.0.1** und die Subnetzmaske **255.255.255.0** dargestellt (siehe Abbildung 37).

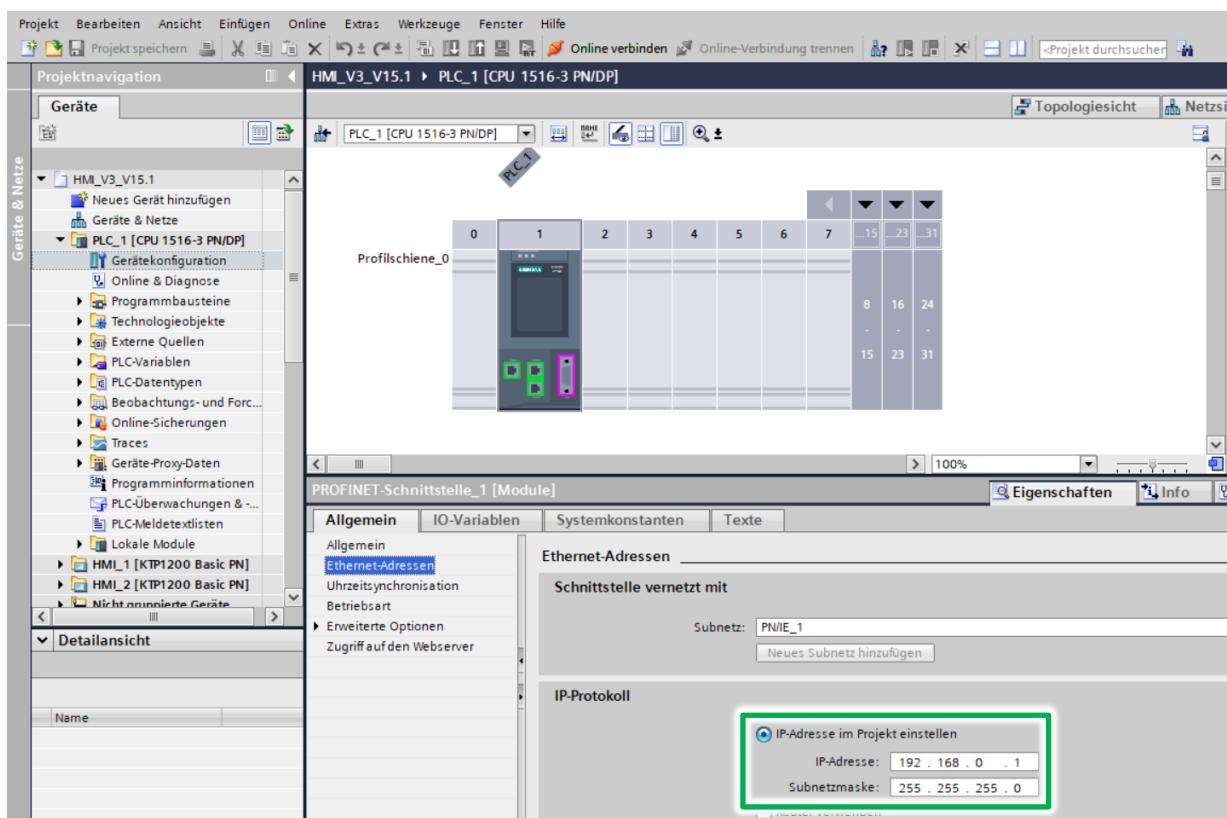


Abbildung 37: Hardwarekonfiguration PLC

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 10.1.2.2 HMI

Die Konfiguration des HMI erfolgt ähnlich wie bei der PLC. Hierbei wird jedoch in der Projektnavigation das HMI ausgewählt:

- Unter Gerätekonfiguration
- HMI auswählen (Doppelklick)
- Unter Allgemein
- PROFINET-Adressen
- IP-Protokoll.

Die Subnetzmaske (**255.255.255.0**) muss identisch zur jene des PLC sein. Die IP-Adresse des HMI (**192.168.0.3**) muss sich im gleichen Bereich befinden wie die IP-Adresse der PLC (siehe Abbildung 38).

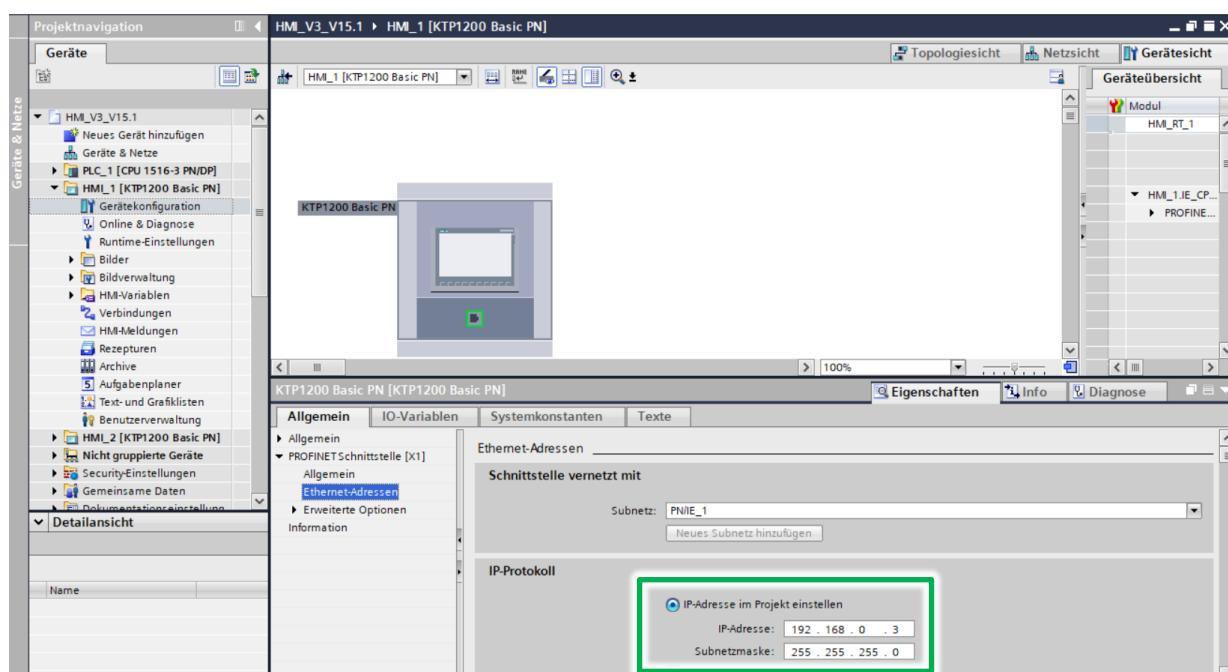


Abbildung 38: Hardwarekonfiguration HMI

## 10.1.2.3 Verbindungen

Die Verbindung zwischen dem HMI und der PLC wird unter «Geräte & Netze» eingestellt (siehe Abbildung 39). Durch Verbinden der jeweiligen Schnittstelle, entsteht die virtuelle Ethernet-Verbindung (PROFINET: PN/IE\_1). Die PROFIBUS-Schnittstelle der CPU wurde nicht verwendet.

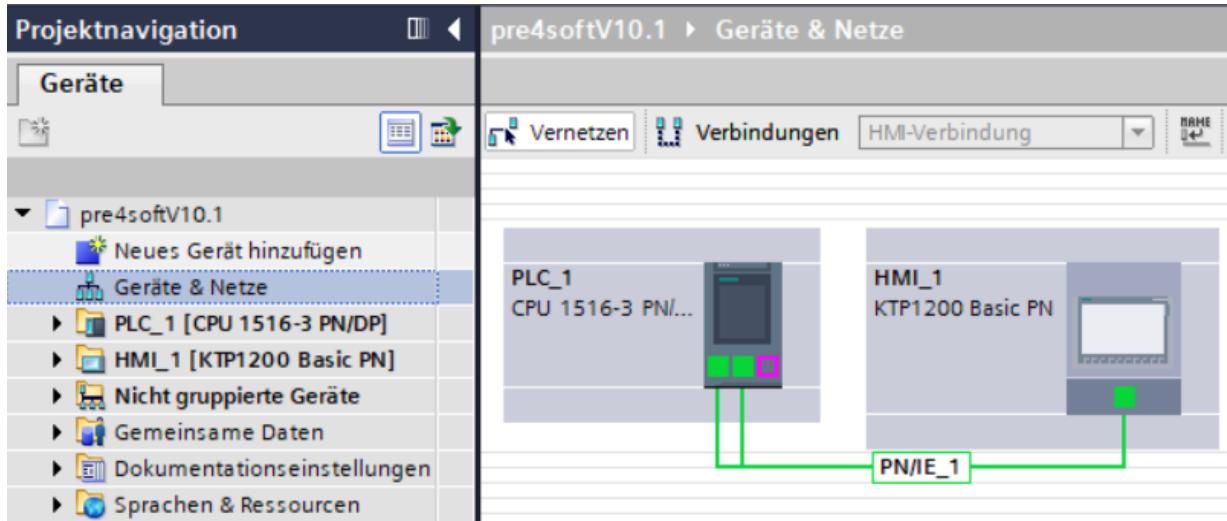


Abbildung 39: Virtuelle Ethernet Verbindung PLC/HMI

## 10.1.3 Software-Anlagensteuerung

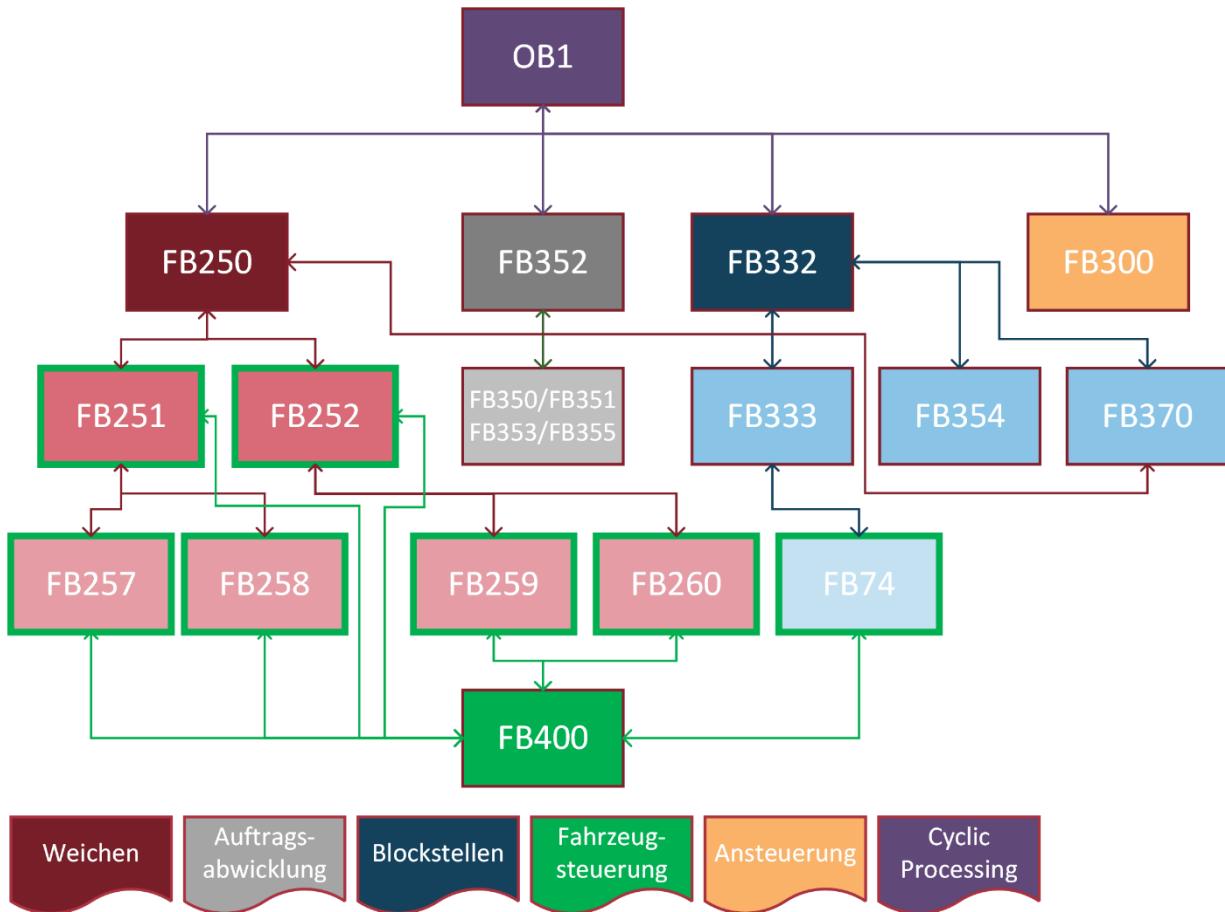


Abbildung 40: Aufbau Programmstruktur

### 10.1.3.1 Software bereinigen

Als erster Schritt wurde die migrierte Software bereinigt. Nicht mehr benötigte Komponenten der alten Software wurden entfernt. Dies war zeitintensiv, da die gesamte Software durchgearbeitet werden musste. Viel Zeit wurde auch darauf verwendet zu entscheiden, welche Komponenten für die neue Software genutzt werden konnten und welche nicht. Nach der Bearbeitung dieser Punkte wurde die Software auf Fehler getestet, da viele Funktionsbausteine auf andere zugriffen, die gelöscht wurden. Diese Aufrufe wurden ebenfalls entfernt, bis die gesamte Software fehlerfrei war und zum ersten Mal auf die virtuelle CPU geladen werden konnte.

#### 10.1.3.1.1 OB1

Der OB1(Cyclic\_Processing), in Abbildung 40 violett dargestellt, ist im TIA Portal der Hauptorganisationsbaustein einer speicherprogrammierbaren Steuerung. Er dient zur Erstellung der grundlegenden Steuerungslogik und wird zyklisch ausgeführt. Mit dem OB1 werden die übergeordneten Funktionsblöcke aufgerufen.

## 10.1.3.1.2 Blockstellen

Die blauen Blöcke (siehe Abbildung 40) repräsentieren die Funktionsblöcke für die Blockstellen. Nach der Softwarebereinigung wurde das Konzept für die Blockstellen sorgfältig überarbeitet. Dieses Projekt beinhaltete die Beibehaltung der Aufrufbausteine FB32 und FB33. Jedoch war eine Anpassung der Ein- und Ausgänge erforderlich, um die Kompatibilität sicherzustellen. Die Namen FB32 und FB33 wurden in FB332 (BlockstellenDZ) und FB333 (4 x BlockstelleDZ) geändert, um sie voneinander zu unterscheiden. Der FB72 wurde in FB74 umbenannt und ist für die Logik der einzelnen Blockstellen verantwortlich.

Der FB332 wird vom OB1 (Cyclic\_Processing) aufgerufen. Er ist zuständig für den Signalaustausch zwischen den einzelnen Blockstellen und dem digitalen Zwilling sowie für das Empfangen von Be- und Entladeaufträgen. Dazu werden Blocknummern über den FB332 definiert, Sensoren werden zugewiesen und Fahrzeugnummern integriert sowie übertragen. Im Funktionsblock 332 wurden neue Aufrufe integriert, darunter der Aufruf für die RFID-Einlesung, der Funktionsblock zur Übertragung der Fahrzeugnummern und der Aufruf für den Funktionsblock, der die Rollenförderer der externen Anlage steuerte. Diese Erweiterungen waren erforderlich, da diese Funktion im realen Aufbau nicht von der EHB gesteuert wurde. Der FB332 ruft den FB333 auf. Der FB333 fasst immer 4 Blockstellen zusammen. Dies bedeutet, dass er so oft aufgerufen wird, wie Blockstellen vorhanden sind. Als Beispiel wird bei 11 Blockstellen der FB333 über die Funktion "CALL" drei Mal aufgerufen. FB333 empfängt Signale vom FB332 und leitet sie an den FB74 (Block mit Be/EntladenDZ) weiter. Dabei wird der FB74 im Funktionsblock FB333 vier Mal aufgerufen. Durch diese logische Abfolge wird der FB74 nur einmal programmiert und aufgrund der Aufrufstruktur gilt der FB74 für alle Blockstellen. FB74 ist einer der Funktionsblöcke, die vollständig überarbeitet wurden. Daher wurde er auch neu in der Programmiersprache ST programmiert. Im FB74 werden alle empfangenen Signale verarbeitet und die Fahrbefehle werden an die Fahrzeugsteuerung übertragen. Die Aufgaben des FB74 umfassen die Blockverriegelung, das Be- und Entladen sowie die Bestimmung der Geschwindigkeiten der Fahrzeuge.

### Blockverriegelung:

Beim Überqueren des Sensors Sn1(#Sn1\_Blockverrie) wird die Blockverriegelung aktiviert. Gleichzeitig wird die Fahrzeugnummer an die nächste Blockstelle übergeben und ist somit nicht mehr im Einflussbereich dieser Blockstelle. Wenn das nächste Fahrzeug die Blockstelle erreicht, stoppt es beim Unterbrechen des Sensors.

Sn\_Stop(#Sn\_Block\_n). Dieser Stopp wird als Halteposition definiert. Das Fahrzeug bleibt dort stehen, bis die Blockverriegelung aufgehoben wird. Hierfür muss das vorangehende Fahrzeug den Sensor SN3(#Sn3\_Blockentrie) unterbrechen. Sobald dies geschieht, wird die Blockverriegelung gelöst und das Fahrzeug kann weiterfahren. Die Blockverriegelung verhindert effektiv Zusammenstöße zwischen den Fahrzeugen. Wenn das Fahrzeug die Fahrerlaubnis hat und keine Aufträge vorhanden sind, fährt es mit der Geschwindigkeit 6 (1m/s) weiter.

## Beispiel Blockverriegelung:

Abbildung 41 zeigt eine solche Blockverriegelung in einer 2D-Ansicht dargestellt. Die schwarzen, breiten Streifen bei den Hängefahrzeugen dienen als Lineal, auf die die Sensoren (grün dargestellt) reagieren. Hängefahrzeug eins hat beim Verlassen von Blockstelle zwei den Sensor SN14 (Sn1) betätigt und somit die Fahrzeugnummer an Blockstelle drei weitergegeben und die Blockverriegelung für Blockstelle zwei aktiviert. Aus diesem Grund hält auch Hängefahrzeug vier an, wenn der Sensor 13 (Sn\_Stop) betätigt wird. Sobald Hängefahrzeug eins den Sensor 17 (SN3) unterbricht, wird die Blockverriegelung deaktiviert, und Hängefahrzeug vier kann weiterfahren.

Es ist wichtig zu beachten, dass viele Sensoren eine doppelte Funktion haben. So dient Sensor 14 sowohl als Sensor für die Blockverriegelung von Blockstelle zwei als auch, obwohl nicht mehr in der Abbildung sichtbar als Sensor für die Blockentriegelung von Blockstelle eins.

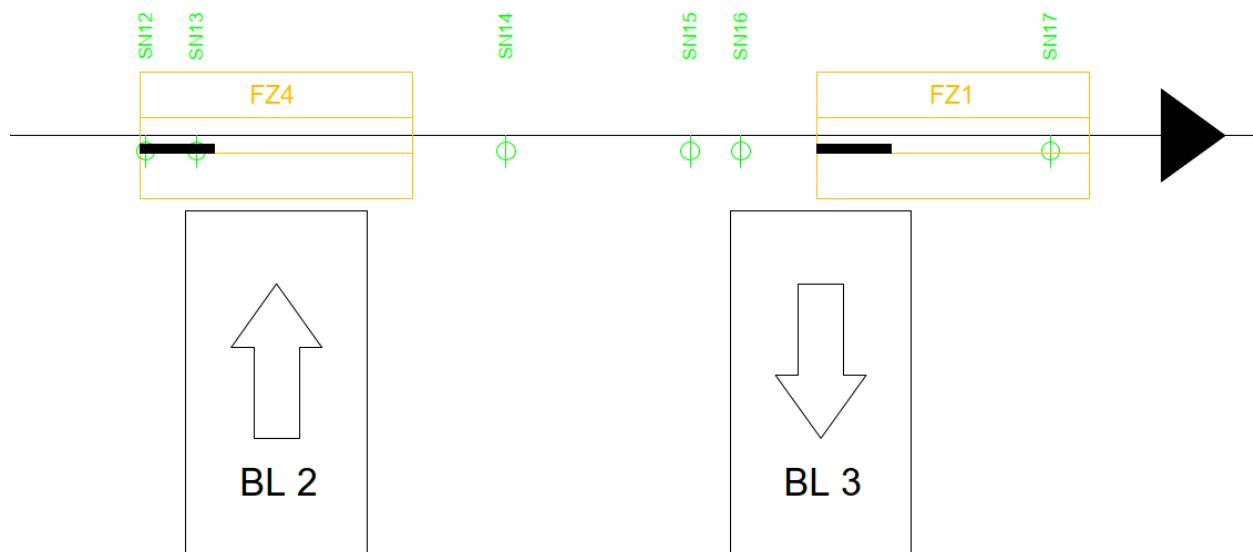


Abbildung 41: Blockverriegelung

## Beladen:

Bei der Auftragsabwicklung wird der Beladebefehl vom FB352 an den FB74 weitergeleitet. Sobald ein leeres Fahrzeug die zu beladende Blockstelle erreicht, wird der Beladevorgang gestartet. Die Geschwindigkeit wird gedrosselt auf Geschwindigkeit vier, bis das Fahrzeug in der Halteposition steht. Sobald dieser Zustand erreicht ist, beginnt das Beladen. Dabei wird der Befehl zum Beladen an die Rollenförderer und die Fahrzeugsteuerung gesendet. Nach Abschluss des Beladeprozesses sendet das Fahrzeug eine Rückmeldung, dass das Beladen abgeschlossen ist und der Beladebefehl wird zurückgesetzt. Nach der Abwicklung des Beladeprozesses kann das Fahrzeug, sofern keine Blockverriegelung aktiv ist, weiterfahren.

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## Entladen:

Bei der Auftragsabwicklung für das Entladen wird an der Beladestelle die Fahrzeugnummer des beladenen Fahrzeugs gespeichert und mit der Auftragsnummer, die mit 10 multipliziert wurde, addiert. Anhand der Zehnerstelle weiß die Software nun, wo das Entladen erfolgen muss, und die Einerstelle repräsentiert das Fahrzeug. Dies wird im Funktionsblock FB354 (Abladestation\_Kontr) analysiert und die zu entladende Blockstelle erhält die Fahrzeugnummer zugewiesen.

Sobald das mit Ware beladene Fahrzeug in der zu entladenden Blockstelle eintrifft, wird der Entladevorgang gestartet. Die Geschwindigkeit wird auf Geschwindigkeit vier gedrosselt, bis das Fahrzeug in der Halteposition steht. Sobald dieser Zustand erreicht ist, beginnt das Entladen. Dabei wird der Befehl «Entladen» an die Rollenförderer sowie an die Fahrzeugsteuerung gesendet. Wenn das Fahrzeug das Entladen abgeschlossen hat, sendet es die Rückmeldung «Entladen beendet». Wenn der Sensor an der Entladestation aktiviert wird und das Fahrzeug die Rückmeldung «Entladen beendet» gibt, gibt die Blockstelle die Rückmeldung, dass das Entladen abgeschlossen ist, und der Entladebefehl wird zurückgesetzt. Nach Abschluss des Beladeprozesses kann das Fahrzeug, sofern keine Blockverriegelung aktiv ist, weiterfahren. Der Auftrag wird dann von der Blockstelle gelöscht.

### 10.1.3.1.3 RFID

Wenn ein Hängefahrzeug das RFID-Lesegerät durchquert, erfolgt die Übertragung der Daten an die Software. Diese Daten beinhalten die eindeutige Fahrzeugnummer. Im digitalen Zwilling wird diese spezifische Nummer als UINT in die Software eingespeist und dort gespeichert.

Die nachfolgende Verarbeitung erfordert eine Umwandlung der Fahrzeugnummer in einen INT (Integer), da sie in Verbindung mit anderen essenziellen Daten wie der Blocknummer und der Auftragsnummer steht. Diese Parameter sind ebenfalls als INT definiert und in der Software implementiert. Die Verwendung von INT ermöglicht der Software sämtliche notwendigen Berechnungen und Zuordnungen effizient durchzuführen. Die Logik für diesen Prozess wurde in den FB 370 (RFID\_Lesen) programmiert. Die Daten werden danach an Block- und Weichenstellen gesendet. Hierbei kommt es ganz darauf an, wo sich die RFID-Lesegeräte aktuell befinden. Durch diese Information kann die Stellung der Weiche gestellt werden, da die Zielorte jedes Fahrzeugs abgespeichert wird. Zusätzlich wird dadurch bestimmt, welches Fahrzeug welchen Fahrbefehl bekommt. Auch weiss das System darum, wann es ein Fahrzeug Ent- oder Beladen muss.

### 10.1.3.1.4 Fahrzeugsteuerung

Der FB 400 (Fz\_Steuerung\_Alle) ist der Funktionsblock, der alle Fahrzeuge steuert. Der FB 400 wird in allen Funktionsblöcken aufgerufen, die einen grünen Rahmen haben (siehe Abbildung 40). So empfängt er Signale von den Blockstellen sowie von den Weichenblöcken. Eine Fahrzeugnummer ist dabei immer als Voraussetzung erforderlich. Sobald diese verfügbar ist, werden der Fahrbefehl sowie die Be- und Entladebefehle an das entsprechende Fahrzeug gesendet. Wenn ein Fahrzeug die Blockstelle oder die Weiche verlässt, wird sie deaktiviert. Die Fahrzeugsteuerung gibt dabei Rückmeldungen an die Blockstellen, ob das Fahrzeug bereits beladen ist oder gerade ein Be- oder Entladen Vorgang stattfindet. Von der Blockstelle erhält die Fahrzeugsteuerung drei Signale für Geschwindigkeiten als INT-Werte, die zwischen null und sechs liegen können. Dabei steht null für den Stillstand. Die Werte zwei, vier und sechs entsprechen Geschwindigkeitssignale für das Vorwärtsfahren, wobei zwei die langsamste und sechs die schnellste Geschwindigkeit darstellt. Zusätzlich wurden die Geschwindigkeiten eins, drei und fünf für das Rückwärtsfahren in den Fahrzeugsteuerungen integriert. Diese sind jedoch nicht aktiv, da sie im virtuellen Aufbau nicht integriert wurden.

## 10.1.3.1.5 Ansteuerung

Die Ansteuerung erfolgt über den Funktionsblock FB300 (Ansteuerung\_FB), welcher im Flussdiagramm in Orange dargestellt ist (siehe Abbildung 40). Diese Ansteuerung fungiert als übergeordnetes System und ermöglicht die manuelle Eingabe von Signalen für Fahrzeuge und Weichen. Diese Signale können entweder während des Handbetriebs oder während der Inbetriebnahme über die Visualisierung gesteuert werden. Der FB300 wird ebenfalls im OB1 aufgerufen.

## 10.1.3.1.6 Weichen

In Bezug auf die Weichen, erkennbar an den roten Blöcken (siehe Abbildung 40), gibt es zwei verschiedene Typen. Zum einen gibt es den Weichtyp 01 (FB251, Weiche\_Typ1\_DZ), der als auseinanderführende Weiche fungiert, und zum anderen den Weichtyp 02 (FB252, Weiche\_Typ2\_DZ), der die Gleise wieder zusammenführt. Diese beiden Funktionsblöcke bilden die logischen Grundbausteine für ihre jeweiligen Weichen und werden innerhalb des FB250 (Weiche mit BlockstellenDZ) aufgerufen. Im FB250 werden die einzelnen Sensoren definiert, ähnlich wie bei den Blockstellen, sodass die entsprechenden Fahrzeugnummern auf die Weiche übertragen werden können. Die Funktionsblöcke FB251 und FB252 verfügen über zusätzliche kleinere Funktionsblöcke: FB257 und FB258 werden im FB251 eingesetzt, während FB259 und FB260 im FB252 aufgerufen werden, um den Abschnitten der Weiche steuern, in denen die Weiche getrennt ist. Diese Trennung ermöglicht es, dass sich gleichzeitig zwei Fahrzeuge auf der Weiche befinden können, ohne dass die Fahrzeugnummern überschrieben werden.

### Auseinanderführende Weiche:

Im Fall der auseinanderführenden Weiche wird im FB251 die Fahrzeugnummer eingelesen. Nachdem die Fahrzeugnummer erfasst wurde, erfolgt eine Abfrage, ob die Weiche nach der Trennung besetzt ist. Diese Information wird dem FB251 von den Funktionsblöcken FB257 und FB258 übermittelt, wobei FB257 den abgebogenen Teil der Weiche steuert und FB258 den geraden Abschnitt. Wenn der vorgesehene Streckenabschnitt frei ist, wird die Weiche entsprechend geschaltet, sofern erforderlich, und das Fahrzeug kann seine Fahrt fortsetzen. Es gibt Aufträge, bei denen ein beladenes Fahrzeug effizienter agiert, wenn es eine kleine Runde fährt. Zu diesem Zweck werden die Fahrzeugnummern derjenigen Fahrzeuge, die solche Aufträge haben, in der Weiche gespeichert. Beim Einlesen eines Fahrzeugs wird überprüft, ob die Fahrzeugnummer mit einer abgespeicherten Nummer für die kleine Runde übereinstimmt. Falls dies der Fall ist, wird die Weiche so geschaltet, dass die kleine Runde befahrbar ist.

## Zusammenführende Weiche:

Die zusammenführende Weiche (siehe Abbildung 42) beginnt ihre Funktion mit dem Einlesen der Fahrzeugnummer. Im Unterschied zur auseinanderführenden Weiche, bei der die Fahrzeugnummer nur im Hauptblock geladen wird, erfordert diese Weiche zwei RFID-Lesegeräte, die die Fahrzeugnummer jeweils in den Abschnitten FB 259 (gerader Abschnitt) oder FB 260 (abgebogener Abschnitt) erfassen. Wenn die Freigabe von FB 252 erteilt wird, erfolgt die Übertragung der Fahrzeugnummer auf FB 252 und die Freigabe wird auf «FALSE» gesetzt. Sobald das Fahrzeug die Blockstelle des FB 252 verlässt, wird die Freigabe wieder aktiviert.

Es gibt jedoch eine Priorisierung im abgebogenen Abschnitt: Wenn die Freigabe vorhanden ist und sowohl FB 259 als auch FB 260 belegt sind, erhält das Fahrzeug auf FB 260 Vorrang. Dies geschieht aus dem Grund, dass der abgebogene Abschnitt in der Regel weniger frequentiert ist, und im schlimmsten Fall würde es sehr lange dauern, bis das Fahrzeug die Weiche passieren kann, da die grössere Runde mehr befahren ist.

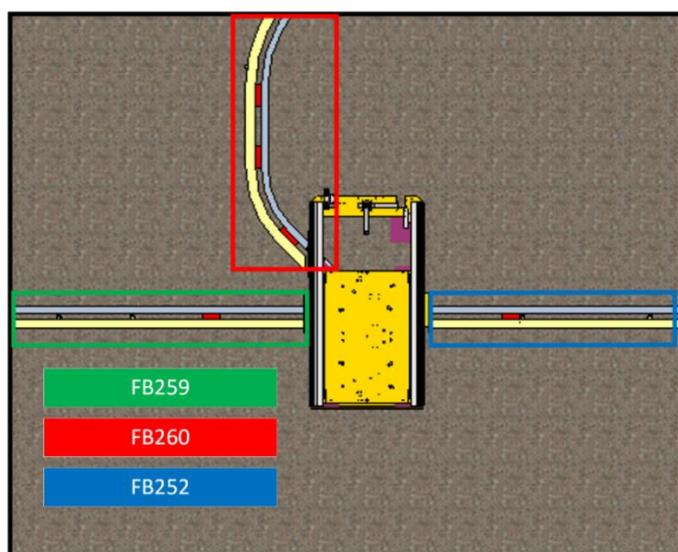


Abbildung 42: Zusammenführende Weiche

### 10.1.3.1.7 Auftragsabwicklung

Die Auftragsabwicklung im Flussdiagramm als graue Blöcke (siehe Abbildung 40) dargestellt, erfolgt über den Funktionsblock FB352 (Auftrag\_Kom), der im OB1 aufgerufen wird. FB352 fungiert als Kommunikationsschnittstelle zwischen den verschiedenen Blöcken, die mit Aufträgen zu tun haben. Die aufgerufenen Funktionsblöcke sind:

- **FB350 (Auftrag\_erhalten):** Dieser Block empfängt den Auftrag aus der Visualisierung und speichert ihn als INTEGER im Bereich von eins bis neun ab
- **FB351 (Auftrags\_abwicklung):** Hier wird der Auftrag zwischengespeichert.
- **FB353 (Auftragsabwicklung):** In diesem Block wird der zuvor zwischengespeicherte Auftrag wieder ausgelesen und zur Blockstelle transferiert, sobald die Blockstelle ihren letzten Auftrag abgeschlossen hat.

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 10.2 Siemens PLCSim Advanced

Die reibungslose Kommunikation zwischen dem Siemens TIA Portal und iPhysics erfordert einerseits die Anwendung von PLCSim Advanced (siehe Abbildung 43). Dieses Programm simuliert die SPS-Steuerung und stellt die Brücke auf der TIA-Portal-Seite zwischen beiden Plattformen dar, um eine nahtlose Interaktion zu ermöglichen.

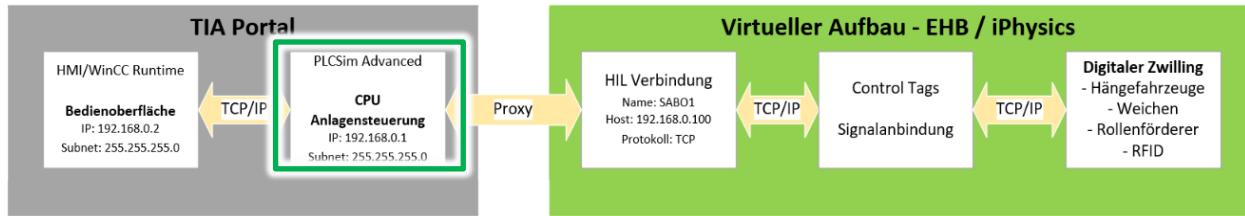


Abbildung 43: Übersicht Blockdiagramm Realisation

### 10.2.1 Einstellungen

Um PLCSIM Advanced (siehe Abbildung 44) verwenden zu können sind folgende Einstellungen erforderlich:

1. Online Access: PLCSIM Virtual Adapter auswählen
2. TCP/IP communication: <Local> auswählen
3. Instance name: Bezeichnung der PLC eingeben (PLC\_1)
4. Start anwählen. Es wird nun nach der PLC\_1 gesucht und verbunden.
5. Statusanzeige der PLC (Grün, wenn verbunden)

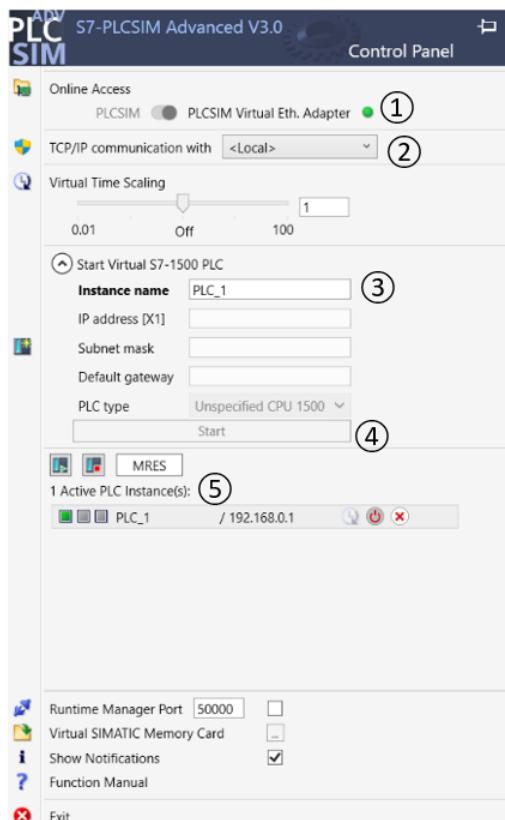


Abbildung 44: Einstellungen PLCSIM Advanced

Ausserdem musste die PG/PC Schnittstelle (siehe Abbildung 45) eingestellt werden, da diese standardmässig auf PLCSIM eingestellt ist. Dies konnte unterfolgendem Pfad ausgewählt werden:  
Systemsteuerung → PG/PC-Schnittstelle einstellen → Zugriffsweg → Siemens PLCSIM Virtual Ethernet Adapter.Auto «auswählen» →- Mit «OK» bestätigen.

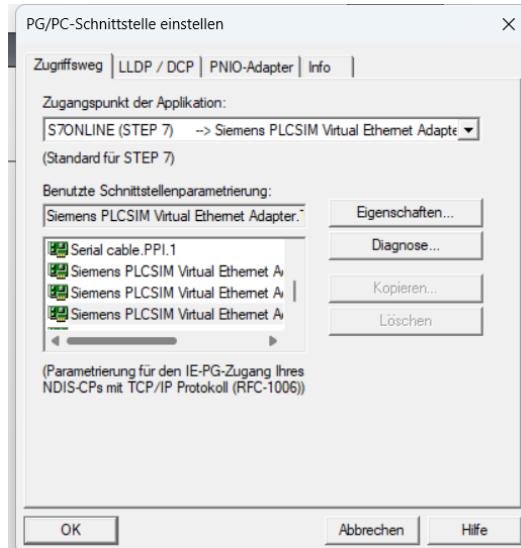


Abbildung 45: PG/PC-Schnittstelle einstellen

## 10.2.2 Übertragung der TIA-Software

Um die Software der EHB-Steuerung auf die virtuelle PLC zu übertragen, muss zunächst eine Verbindung mit dieser hergestellt werden. Die notwendige Hardwarekonfiguration hierfür wurde im [Kapitel 10.1.2](#) beschrieben.

Hierzu wird in der Projektnavigation die PLC angewählt (siehe Abbildung 46) und über den Reiter "Online" kann die Option «Erweitertes Laden in Gerät...» ausgewählt werden.

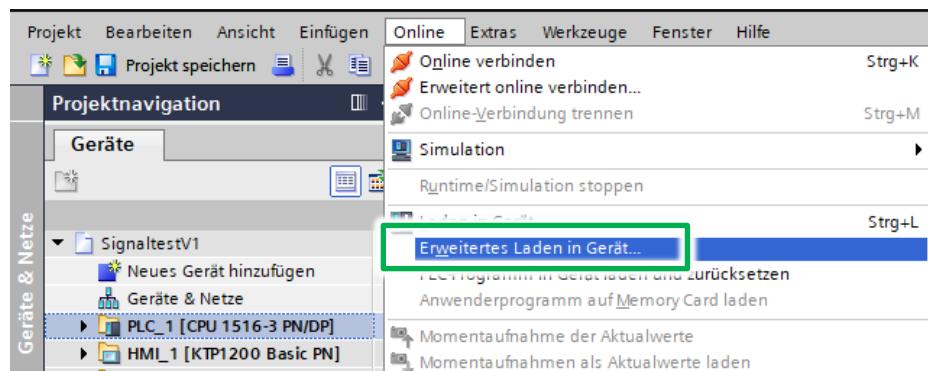


Abbildung 46: Pfad zu «Erweitertes Laden in Gerät...»

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

«Erweitertes Laden in Gerät» ist eine Funktion im Siemens TIA Portal, die es ermöglicht, ein Programm oder eine Konfiguration aus der Engineering-Umgebung auf ein Steuerungsgerät zu übertragen. Diese Funktion wird verwendet, um Änderungen oder Aktualisierungen an der SPS vorzunehmen, nachdem das Projekt in der Entwicklungsumgebung erstellt oder geändert wurde. Hierfür wird im Fenster «Erweitertes Laden» folgender Ablauf gefordert:

1. Verbundene PLC mit den verfügbaren Schnittstellen wird angezeigt.
2. Folgende Eingabe muss angewählt werden:  
Typ der PG/PC-Schnittstelle: PN/IE  
PG/PC-Schnittstelle: Siemens PLCSIM Virtual Ethernet Adapter  
Verbindung mit Schnittstelle: PN/IE
3. Mithilfe des Befehls «Suche starten» wird nach kompatiblen Geräten im Subnetz gesucht.
4. Die erreichbaren Geräte werden angezeigt und es besteht die Möglichkeit eine Auswahl zu treffen und anzuwählen
5. Abschliessend wird die Software mit dem Befehl «Laden» auf das ausgewählte Gerät geladen.

Im Beispiel in Abbildung 47 wurde die im PLCSIM erstellte virtuelle PLC\_1 als Zielgerät gefunden und ausgewählt.

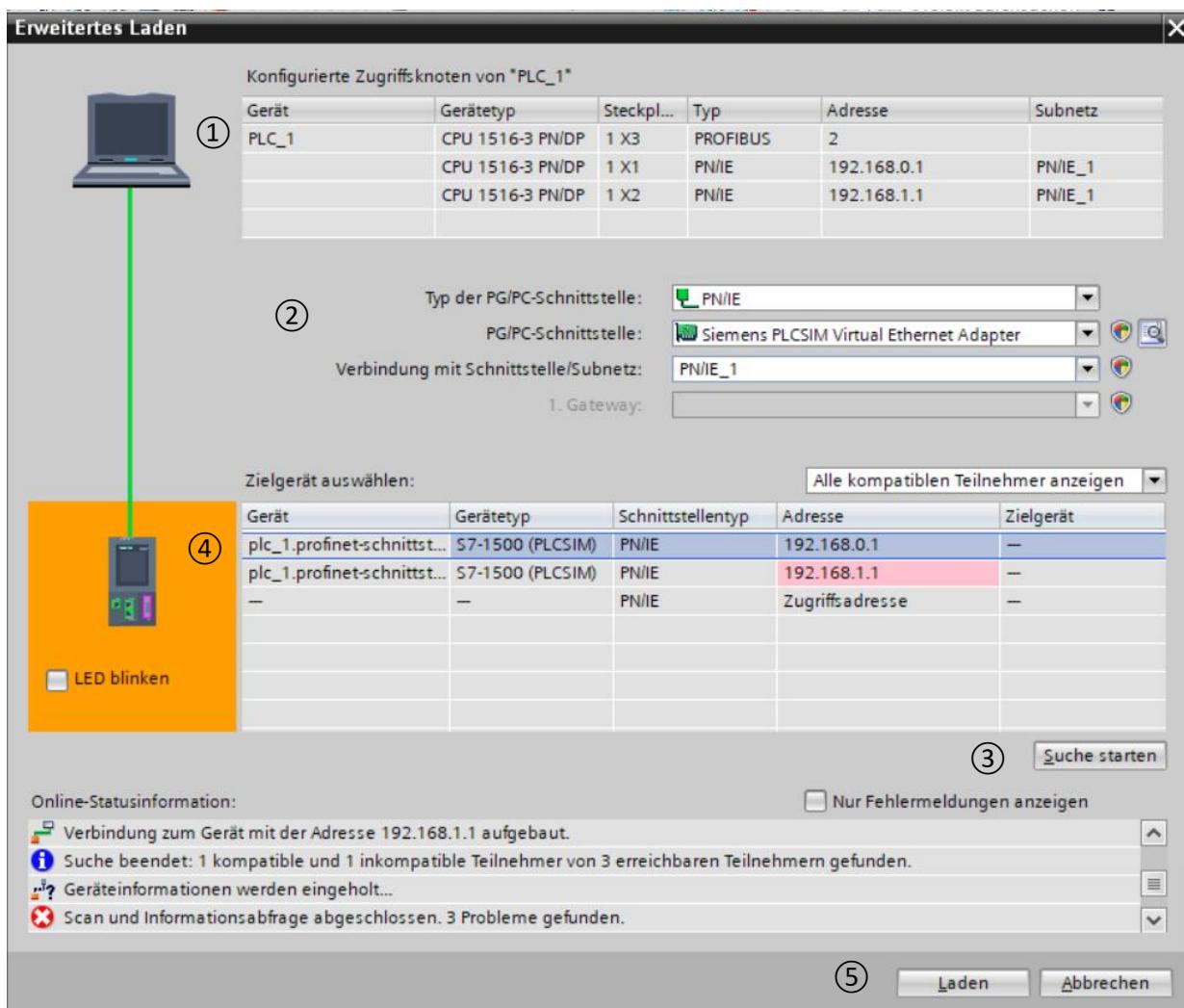


Abbildung 47: Ablauf Erweitertes Laden

# ABB Technikerschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 10.3 Siemens WinCC Runtime

Folgendes Kapitel beschreibt die Bedienoberfläche (Abbildung 48), welche mit der Softwarekomponente WinCC Runtime simuliert werden kann.

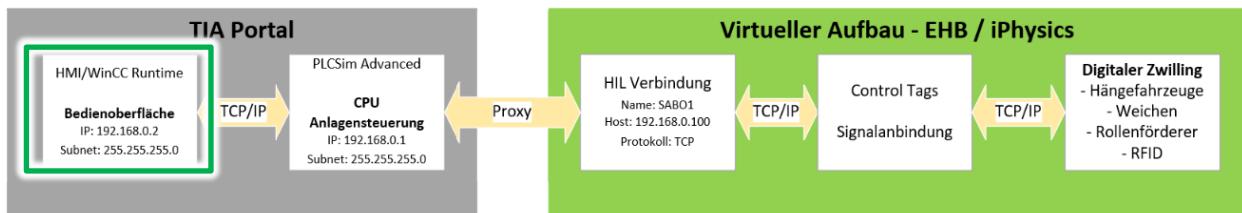


Abbildung 48: Übersicht Blockdiagramm Realisation

### 10.3.1 Aufbau

Die Bedienung wurde auf vier verschiedene Seiten verteilt, um eine übersichtliche und benutzerfreundliche Navigation zu gewährleisten. Die Startseite dient als zentraler Ausgangspunkt und bietet einen Überblick über die wichtigsten Funktionen. Der Auto-Betrieb ermöglicht eine automatisierte Steuerung der Anlage, während der Hand-Betrieb manuelle Eingriffe und Kontrolle erlaubt. Die E/A Liste zeigt eine detaillierte Übersicht über die Ein- und Ausgänge der Anlage. Jede Seite wurde entsprechend gestaltet, um die relevanten Informationen und Bedienelemente zugänglich zu machen. Durch diese Aufteilung wird die Bedienung optimiert und die Effizienz in der Handhabung der Anlage gesteigert.

### 10.3.2 Schaltflächen Symbolisierung

Flächen, die in Grün leuchten, symbolisieren eine positive Rückmeldung (BOOL = TRUE) eines Signals. Ein Beispiel dafür zeigt Abbildung 49, welche die Rückmeldung der Sensoren für die Rollenförderer 1 und 2 darstellt. Der Sensor des Rollenförderers 2 signalisiert in Grün, dass eine Palette vorhanden ist.

Flächen, die in Grau gehalten sind, symbolisieren hingegen eine negative Rückmeldung (BOOL = FALSE) eines Signals. In diesem Fall bedeutet es, dass der Rollenförderer nicht besetzt ist.



Abbildung 49: Signalisierung Rückmeldung

Flächen, die in Blau leuchten, symbolisieren einen aktvierten Ausgang (BOOL = TRUE) eines Signals. In Abbildung 50 sehen wir die ausgewählten Schaltflächen für die Entladestelle und die Beladestelle. Gemäß der Anzeige wurden RF6 und RF1 ausgewählt. Wenn die Fläche nicht ausgewählt wurde, gibt es keinen anstehenden Befehl, und die Fläche wird, ähnlich wie bei den Rückmeldungen, in Grau dargestellt.



Abbildung 50: Signalisierung Eingabebefehle

### 10.3.3 Einstellungen Schaltflächen

Die Schaltflächenfunktionen, wie sie in [Kapitel 10.3.2](#) beschrieben sind, wurden durch folgendes Verfahren implementiert. Dies umfasst zwei verschiedene Einstellungen.

1. Verknüpfung mit der PLC-Variable der Software: Im Einstellungsbereich «Ereignisse» kann einer Schaltfläche eine PLC-Variable zugewiesen und verknüpft werden, die sich beim Betätigen der Schaltfläche ändern soll. Die Art der Veränderung kann ebenfalls ausgewählt werden, beispielsweise durch die Verwendung von Funktionen wie:

- **Setze Bit:** Beim Betätigen der Schaltfläche wird die ausgewählte Variable auf «TRUE» gesetzt.
- **Rücksetze Bit:** Beim Betätigen der Schaltfläche wird die ausgewählte Variable wird auf «FALSE» gesetzt.
- **Setze Bit während Taste gedrückt:** Solange die Schaltfläche betätigt wird, ändert der Zustand des Bits. Im Beispiel (siehe Abbildung 50) wird die Variable «Auftragsbestätigung» auf «TRUE» gesetzt, während dem Drücken der Schaltfläche. Ist sie unbestätigt ist der Zustand «FALSE».
- **Invertierte Bit:** Beim Betätigen der Schaltfläche wird der aktuelle Zustand der ausgewählte Variable invertiert. Beispiel: Der Zustand ist «TRUE». Wird die Schaltfläche betätigt, wechselt der Zustand auf «FALSE».

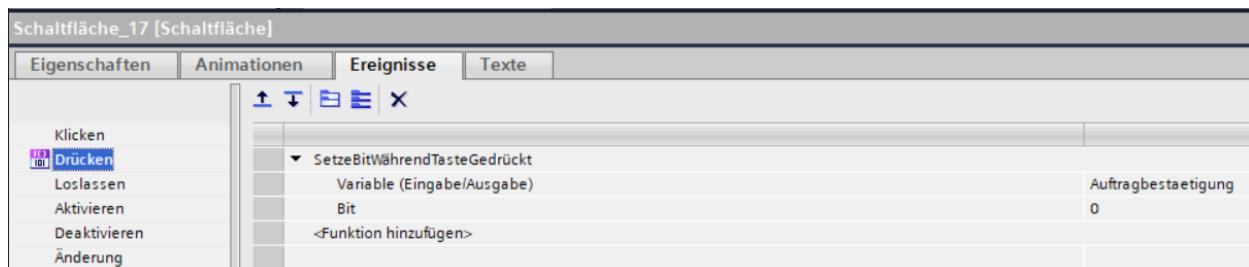


Abbildung 51: Einstellen Variablenverknüpfung

2. Animation: Die Schaltflächen können visuell gestaltet werden. Eine ausgewählte Variable ermöglicht die Anzeige des Zustands. In Abbildung 52 ist zu sehen, dass die Variable «Auftragsbestätigung» beim Zustand 0 die ausgewählte Schaltfläche in Grau und beim Zustand 1 in Blau erscheinen lässt.



Abbildung 52: Einstellen der Schaltflächenvisualisierung

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 10.3.4 Startseite

Die Startseite bietet eine umfassende Übersicht über den digitalen Zwilling. Hier können bereits verschiedene Rückmeldungen, wie beispielsweise die aktuellen Stellungen der Weichen und Belegung der Rollenförderer. Dies wird in Abbildung 52 dargestellt, wo durch die Stellung der Weichen die Aktivierung der kleinen Runde veranschaulicht wird. Mit einem Pfeil auf dem jeweiligen Rollenförderer wird aufgezeigt, in welche Richtung die Palette transportiert wird. RF2, RF4 und RF6 sind Beladestellen und RF1, RF3 und RF5 sind die Entladestellen.

Zudem fungiert die Startseite als Ausgangspunkt für die weiteren Bedienoberflächen des HMI. Sie bietet die Möglichkeit, zwischen dem Automatik- und dem Handbetrieb zu wählen, um die gewünschte Steuerungsart auszuwählen.

Die Bedienleiste wird auf jeder Bedienseite angezeigt, was es zu jeder Zeit ermöglicht, auf eine beliebige Seite zu wechseln. Hier sind die Funktionen der Bedienleistentasten (siehe Abbildung 53):

1. Die «Haussymbol»-Taste führt zur Startseite zurück.
2. Die «Ausrufezeichen im Dreieck»-Taste öffnet das Fenster mit Stör- und Warnmeldungen.
3. Die «Auto-Betrieb»-Taste leitet zur Seite für den Automatikbetrieb weiter.
4. Die «Hand-Betrieb»-Taste führt zur Seite für den manuellen Betrieb.
5. Die «E/A Liste»-Taste öffnet die Seite der Ein- und Ausgangsliste.
6. Die «OFF»-Taste ermöglicht das Beenden von WinCC Runtime.

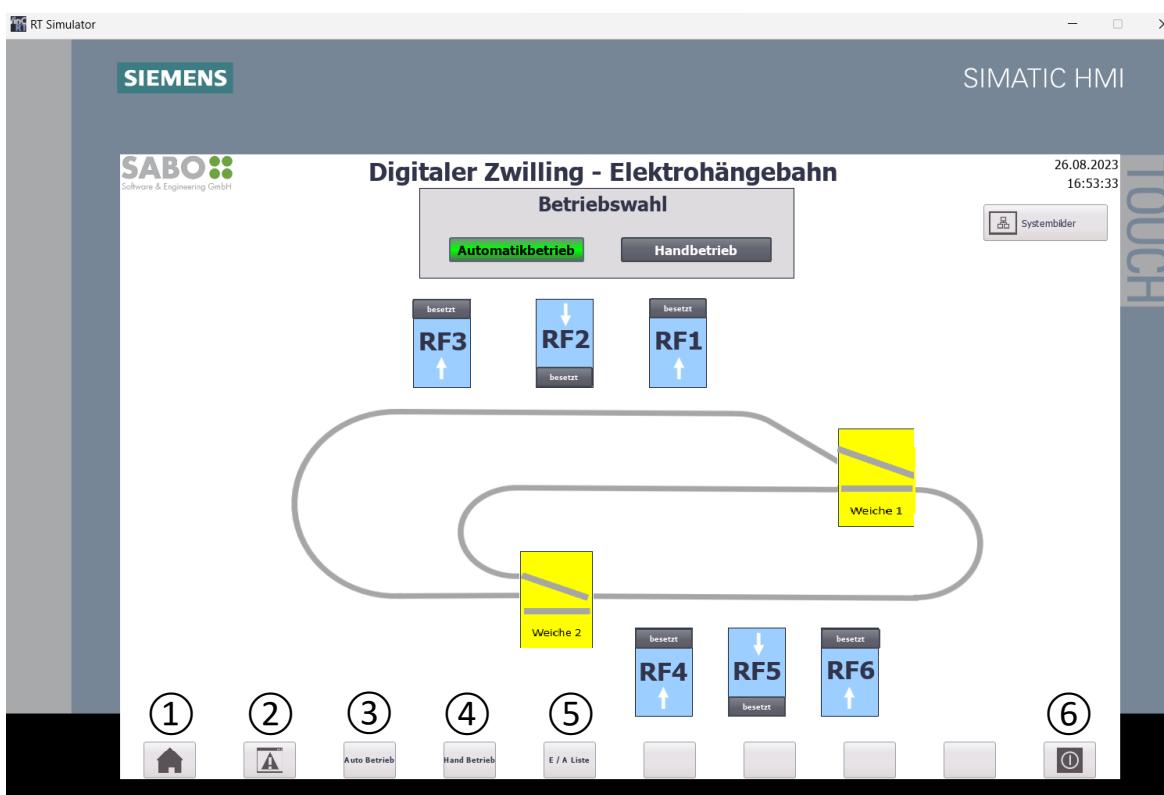


Abbildung 53: HMI-Simulation «Startseite»

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 10.3.5 Auto-Betrieb

Auf der Seite «Auto-Betrieb» können sämtliche Manipulationen durchgeführt werden, die mit dem Automatikbetrieb zusammenhängen. Hier liegt der Fokus auf der Auftragsabwicklung. Zusätzlich wird eine klare Übersicht über den Status der einzelnen Hängefahrzeuge geboten (siehe Abbildung 54).

1. Es besteht die Option, zwischen «Automatikbetrieb» und «Manuellem Betrieb» zu wählen. Die aktivierte Betriebsart wird durch grüne Kennzeichnung signalisiert, während eine graue Kennzeichnung auf eine inaktive Betriebsart hinweist. Bei ausgewähltem Automatikbetrieb, erscheint zusätzlich die Schaltfläche «Inbetriebnahme». Diese Bedienseite wird in [Kapitel 10.3.5.1](#) genauer betrachtet.
2. Auftragsabwicklung: Hier können Aufträge festgelegt und aufgegeben werden, die im Automatikbetrieb abgearbeitet werden sollen. Durch das Auswählen einer Entlade- und einer Beladestelle kann der gewünschte Auftrag mittels der Schaltfläche «Auftrag aufgeben» bestätigt werden. Es ist lediglich möglich, jeweils eine Beladestelle und eine Entladestelle auszuwählen. Nach Abgabe des Auftrags wird die Auswahl automatisch zurückgesetzt. Die Schaltfläche «Auftrag aufgeben» wird nur dann angezeigt, wenn die Schaltfläche «Automatikbetrieb» aktiviert ist.
3. Fahrzeugstatus: Diese Funktion zeigt den aktuellen Status der Fahrzeuge an, sodass erkennbar ist, welches Hängefahrzeug besetzt ist. Auf diese Weise kann die Auslastung der Hängefahrzeuge leicht nachverfolgt werden.
4. Übersicht des digitalen Zwillings: Ähnlich wie auf der Startseite besteht hier die Möglichkeit, sich einen visuellen Überblick über die Anlage zu verschaffen. Die aktuellen Stellungen der Weichen und die Belegung der Rollenförderer wird symbolisch angezeigt.
5. Wie auf jeder Seite, kann mittels der «Zurück»-Taste zur zuletzt besuchten Bedienseite zurückgekehrt werden.

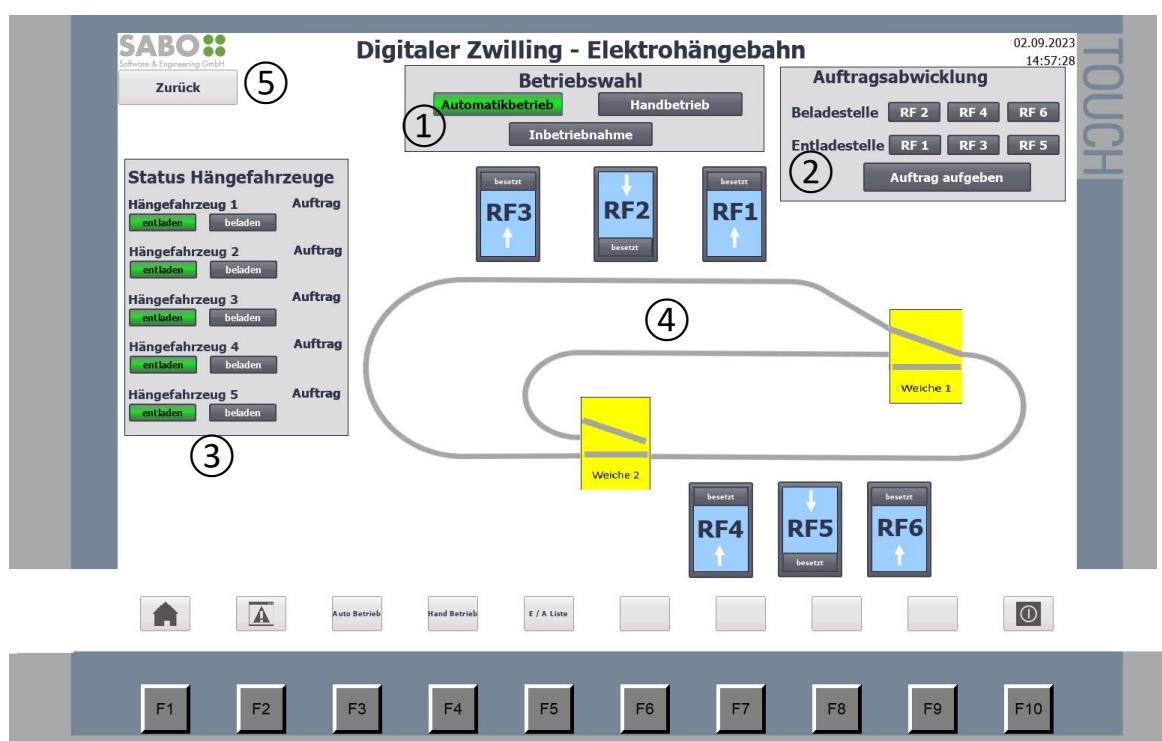


Abbildung 54: HMI-Simulation «Auto Betrieb»

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 10.3.5.1 Inbetriebnahme

Die Inbetriebnahme der Anlage muss wie folgt ablaufen (siehe Abbildung 55):

1. Fahrwerkmotor ON/OFF: Startsignale für die Hängefahrzeuge 1-5.  
FZ1 bis FZ5 dienen als übergeordnete Signale für den jeweiligen Fahrbefehl eines Fahrzeugs. Ohne diese Aktivierung wird das Fahrzeug nicht bewegt. Es kann als Einschalten der jeweiligen Fahrzeugsteuerung betrachtet werden.
2. Geschwindigkeit 4 Aktivieren: Geschwindigkeitsbefehl 4 für das Integrieren einer Geschwindigkeit auf dem Hängefahrzeug. Zuerst müssen die Fahrzeuge bis zum ersten RFID-Sensor vor der Weiche im Handmodus bewegt werden. Somit kann mit den Schaltflächen GS4\_Fz1 bis 5, um das jeweilige Fahrzeug in der Geschwindigkeit 4 zu bewegen.
3. Sonderbefehle:  
RES\_BL: Reset Blockstellen, um die gespeicherten Signale auf den Blockstellen zurückzusetzen.  
Auftr.V: Auftrag Vorwahl, um einen Auftrag zu simulieren.



Abbildung 55: HMI-Simulation «Inbetriebnahme»

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 10.3.6 Hand-Betrieb

Die Bedienoberfläche «Hand-Betrieb» (siehe Abbildung 56) ermöglicht es, einzelne Bewegungen gezielt durchzuführen. Dieser Betriebsmodus ist besonders geeignet für Inbetriebnahme-Tests sowie für die gezielte Bedienung und Überprüfung spezifischer Bewegungen und Rückmeldungen. Wenn die Betriebsart «Automatikbetrieb» ausgewählt ist, wird die Bedieneinheit des Handbetriebs durch eine graue Fläche verdeckt, um eine unbeabsichtigte Bedienung zu verhindern.

1. Wie bereits auf der Startseite besteht die Möglichkeit, zwischen «Automatikbetrieb» und «Manuellem Betrieb» zu wählen. Die aktivierte Betriebsart wird grün signalisiert, während eine graue Signalisierung auf eine inaktive Betriebsart hinweist.
2. Übersicht Hängefahrzeug 1-5: Mit den Bedienflächen «Vorwärts» und «Stop» kann das jeweilige Hängefahrzeug gestartet und wieder gestoppt werden. Die Schaltfläche «Vorwärts» blinkt signalisiert, dass das Fahrzeug in Bewegung ist. Zusätzlich werden die Sensoren der Ladefläche angezeigt, um festzustellen, ob das Fahrzeug gerade beladen oder entladen ist.
3. Übersicht Weiche 1 und 2: Die Position jeder Weiche kann mühelos durch einfache Bedienung in die gewünschte Position gebracht werden. Sobald die Endposition erreicht ist, wird dies durch eine grüne Kennzeichnung angezeigt. Außerdem wird visuell dargestellt, in welcher Position sich die Weiche befindet. Eine Weiche kann sich entweder in der geraden oder abgebogenen Position befinden. Diese Positionen werden zusätzlich optisch verdeutlicht.

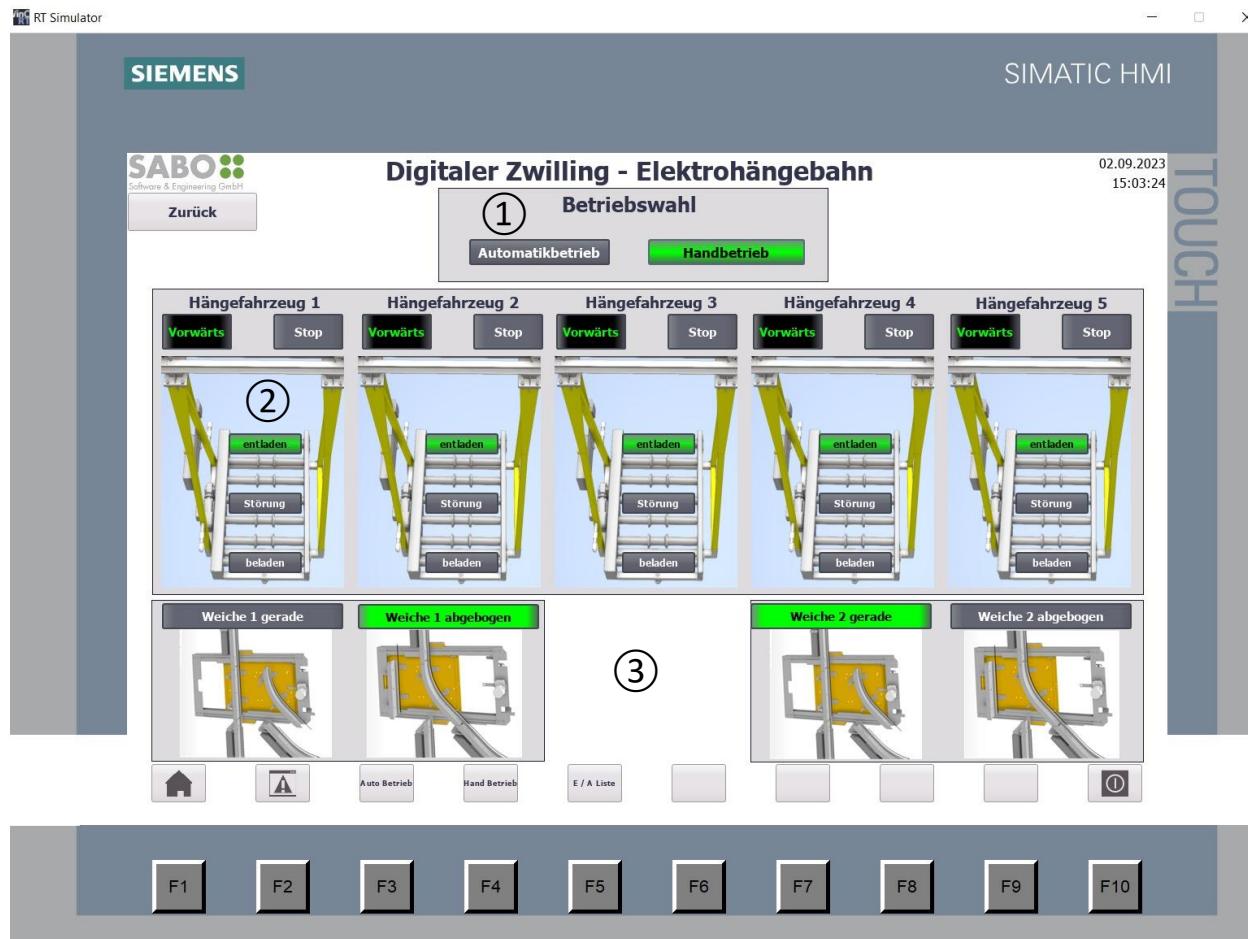


Abbildung 56: HMI-Simulation «Hand-Betrieb»

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 10.3.7 E/A Liste

Die Ein- und Ausgangsliste (siehe Abbildung 57) gewährt eine umfassende Darstellung sämtlicher Rückmeldungen in der Anlage. Hier sind alle Ein- und Ausgangssignale aufgeführt, die von den Sensoren erfasst bzw. von den Aktoren gesteuert werden.

1. Fahrzeugstatus: Diese Funktion zeigt den aktuellen Status der Fahrzeuge an, sodass erkennbar ist, welches Hängefahrzeug besetzt ist. (Hängefahrzeug 1 bis 5)
2. Übersicht der Rückmeldungen der Weichen (Weiche 1 und 2)
3. Übersicht der Rückmeldungen der Entlade- und Beladestellen (Rollenförderer 1 bis 6)
4. Eingelesene Fahrzeugnummer beim RFID-Sensor (RFID-Lesegerät 1 bis 6)
5. Rückmeldungen Positionen Fahrbahn anhand Blockbeschriftungen (Blockstellen)



Abbildung 57: HMI-Simulation «E/A Liste»

# ABB Technikerschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 10.3.8 TIA-Portal Standardfenster

Zusätzlich wurden die standardmäßig (von Siemens) Seiten integriert, um eine umfangreiche Funktionalität zu gewährleisten. Diese beinhalten:

**Systembilder** (siehe Abbildung 58): Eine visuelle Darstellung der gesamten Anlage, die eine schnelle Orientierung und Überwachung ermöglicht. Auf der Startseite besteht die Möglichkeit in dieses Untermenü zu gelangen, von dem aus die folgenden «Fenster» geöffnet werden können.



Abbildung 58: HMI-Simulation «Systembilder»

**Benutzerverwaltung** (siehe Abbildung 59): Hier können Benutzerprofile und Zugriffsrechte verwaltet werden, um die Sicherheit und den Zugang zur Bedienoberfläche zu kontrollieren. Hier besteht die Möglichkeit verschiedene Benutzer mit unterschiedlichen Zugriffsrechten zu definieren. Im Rahmen der Umsetzung wurde nur ein Admin eingerichtet, der vollem Zugriff hat.

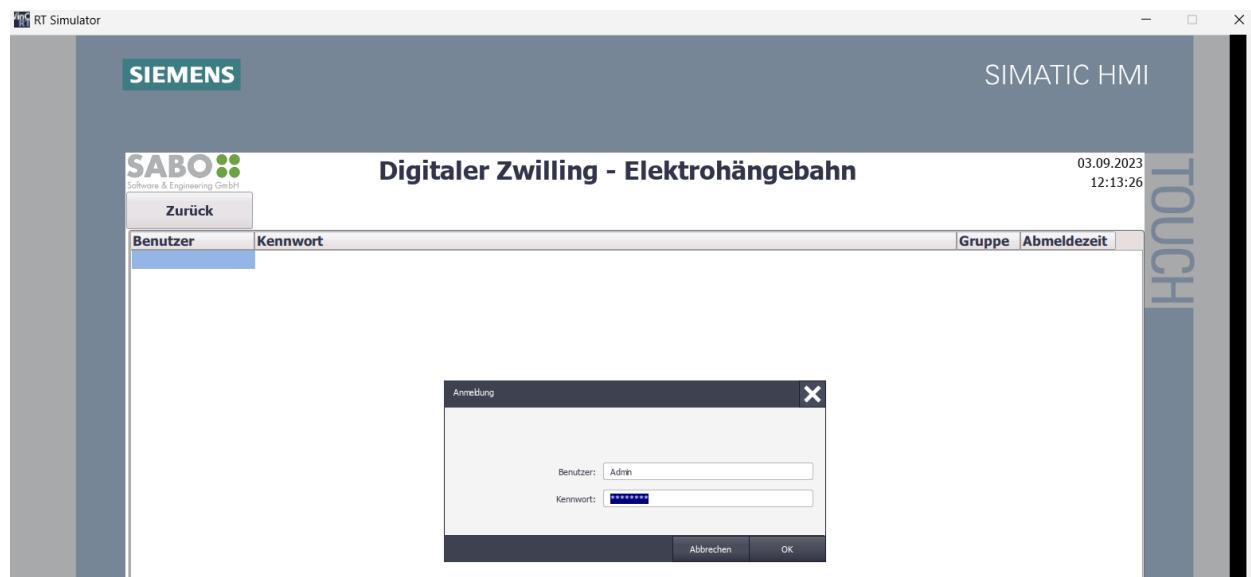


Abbildung 59: HMI-Simulation «Benutzerverwaltung»

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

**Projektinformation** (siehe Abbildung 60): Eine zentrale Seite, die relevante Informationen über das aktuelle Projekt anzeigt, um den Bediener über die aktuelle Konfiguration zu informieren.



Abbildung 60: HMI-Simulation «Projektinformationen»

**Systeminformationen** (siehe Abbildung 61): Eine Zusammenfassung wichtiger technischer Details und Statusinformationen des Systems, die für eine effiziente Diagnose und Wartung von Bedeutung sind.



Abbildung 61: HMI-Simulation «Systeminformationen»

**SIMATIC PLC Systemdiagramm** (siehe Abbildung 62): Ein Diagramm, das die Struktur und Verbindungen des SIMATIC PLC-Systems darstellt, um die Übersichtlichkeit und Nachvollziehbarkeit der Steuerung zu verbessern.



Abbildung 62: HMI-Simulation «SIMATIC PLC Systemdiagramm»

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

**Verschiedene Aufgaben** (siehe Abbildung 63): Hier sind weitere Funktionen und Werkzeuge verfügbar, um spezifische Anpassungen und Steuerungsaufgaben gemäß den Anforderungen des Projekts durchzuführen. Diese werden mit dem Zusammenhang einer physischen SPS verwendet. Diese Schaltflächen bieten eine Möglichkeit, zwischen dem Online-Modus (Kommunikation mit der Steuerung), dem Offline-Modus (Arbeiten am HMI-Design ohne Verbindung zur Steuerung) und dem Transfer-Modus (Übertragen von Änderungen vom HMI zum Automatisierungsgerät) zu wechseln.



Abbildung 63: HMI-Simulation «Verschiedene Aufgaben»

**Störungen / Meldungen** (siehe Abbildung 64): Im Fenster «Störungen und Meldungen» werden die aktuellen Störungen und Meldungen übersichtlich präsentiert. Dadurch wird schnell ein Überblick über anstehende Probleme und wichtige Hinweise zur Anlagenfunktion ermöglicht. Die Liste gibt die Art der Störung oder Meldung, sowie den Zeitpunkt des Auftretens an.

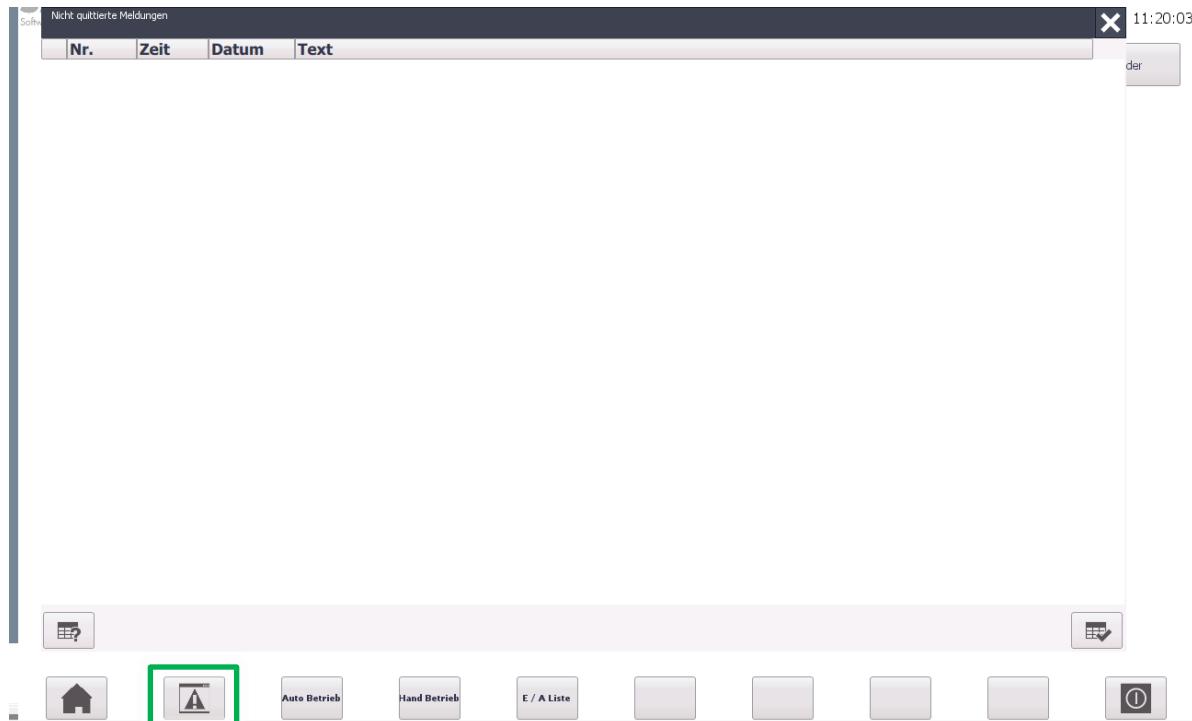


Abbildung 64: HMI-Simulation «Störungen/Meldungen»

Durch die Integration dieser Standardseiten wird die Benutzeroberfläche des Systems erweitert und optimiert, wodurch eine effektive Steuerung und Überwachung der Anlage gewährleistet wird.

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 10.4 Autodesk Inventor Professional / iPhysics

In diesem Kapitel wird die Entwicklung des virtuellen Aufbaus, mit Hilfe der Programme Autodesk Inventor Professional und iPhysics, erklärt. Ebenfalls werden die Schnittstellen vom iPhysics erläutert.

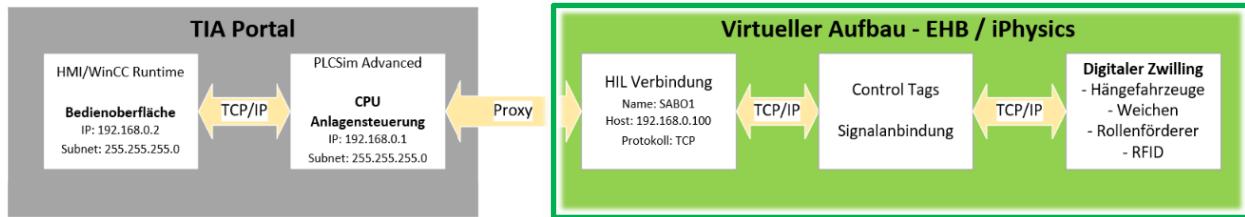


Abbildung 65: Übersicht Blockdiagramm Realisation

### 10.4.1 Autodesk Inventor Professional

Die zur Verfügung gestellte Inventor Datei beinhalteten einige Konstruktionsabweichungen, die den Import ins iPhysics verzögerten.

Folgende Problematik wurde bei der Integration ins iPhysics erkannt:

- Die Übergänge der Schienen waren nicht korrekt abgestimmt (siehe Abbildung 66). Ein Versatz vom 1mm führte bereits zu Problemen.
- Die Abstände zwischen den starren und beweglichen Teilen waren immer unterschiedlich (siehe Abbildung 67). Die Spur, die auf den beweglichen Teilen definiert wurden, traf somit nicht mit den fixen Teilen zusammen.
- Die Schienen wurden nicht mit geraden Massen konstruiert. Messungen ergaben Längen von 18948.713mm. Somit erschwerte sich die Erstellung der Spuren.

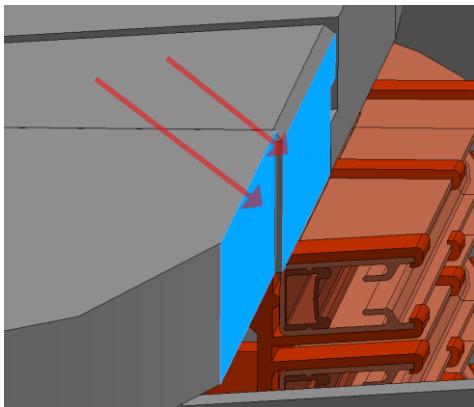


Abbildung 66: Übergänge Schienen

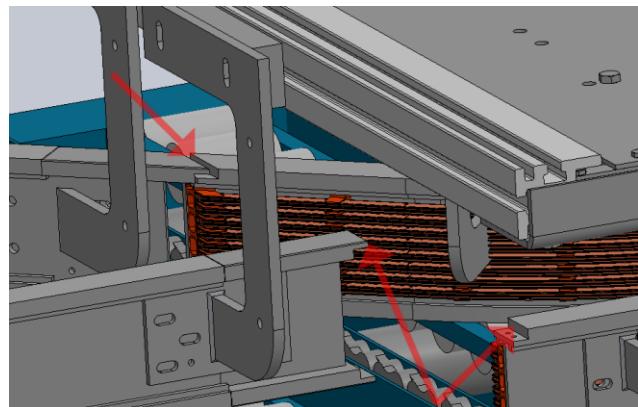


Abbildung 67: Abstände zwischen starren und beweglichen Teilen

Die Thematik wurde persönlich mit dem Arbeitgeber besprochen. Da die zuständigen Konstrukteure mit Projekten ausgelastet waren und die Studenten auf das Modell angewiesen waren, musste eine Alternativlösung definiert werden. In Absprache mit dem Auftraggeber wurde definiert, dass die Studenten die Bereinigung und Erweiterung der CAD-Datei übernehmen.

Nach erfolgreicher Überarbeitung der Inventor Dateien konnte die Inventor Datei ins iPhysics implementiert werden. Die Erweiterung der Anlage erfolgte parallel zur Programmierung im iPhysics. Die Inventor Datei Version 6 ist im Anhang Nr. 15 beigefügt.

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 10.4.2 Inventor-iPhysics

Durch ein iPhysics Inventor Add-In kann die 3D Zeichnung direkt an das iPhysics angebunden werden und ermöglicht eine Echtzeitübertragung (siehe Abbildung 68).

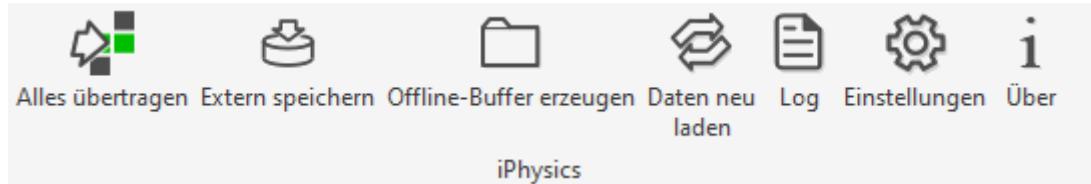


Abbildung 68: iPhysics Add-In im Inventor

Durch die Inventor Anbindung werden, bei Konfigurationen im iPhysics, .iphd Dateien für die Bauteilen generiert (siehe Abbildung 69). Diese ermöglichen, dass die Eigenschaften der Bauteile bei Erweiterungen automatisch implementiert werden.

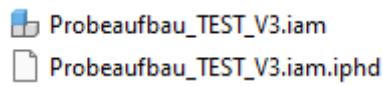


Abbildung 69: iphd Datei

## 10.4.3 iPhysics

Da das iPhysics im 4. Semester nur als Viewer verwendet wurde und keine komplette Programmierung erfolgte, mussten die Programmkenntnisse erlernt werden. Die Schulung erfolgte in regelmässigen Abständen mit einem externen machineering Experten.

Die Implementierung und der Ablauf im iPhysics sieht folgendermassen aus:

**Implementierung vom Inventor ins iPhysics** (siehe Abbildung 70): iPhysics-Software wird durch die Übertragung automatisch gestartet. Dabei werden Objekte hinzugefügt und deren Eigenschaften wie Form, Größe und Materialien definiert.

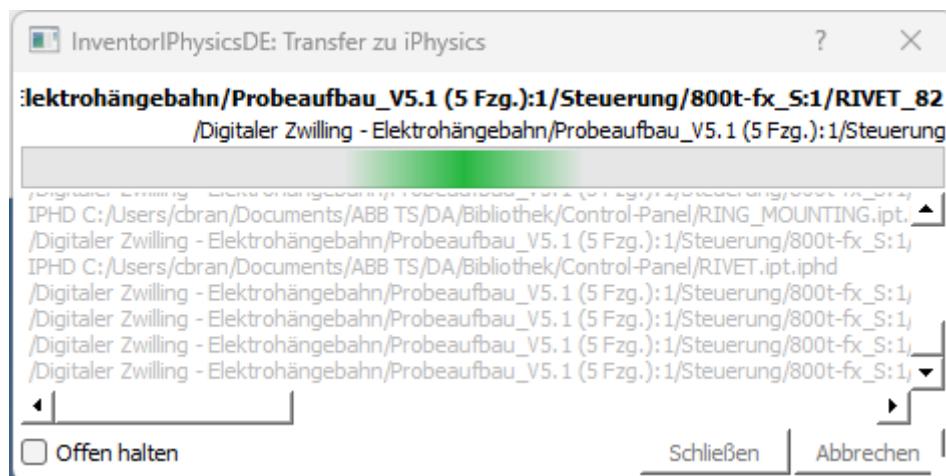


Abbildung 70: Implementierung ins iPhysics

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

**Konfiguration** (siehe Abbildung 71): Die physikalischen Eigenschaften der Objekte und der Umgebung werden konfiguriert, beispielsweise statisch, kinematisch, dynamisch.

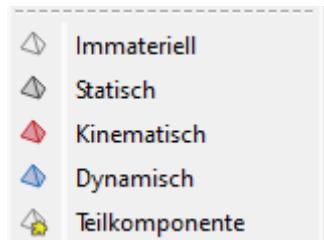


Abbildung 71: Konfiguration iPhysics

**Interaktionen hinzufügen** (siehe Abbildung 72): Die Art und Weise, wie die verschiedenen Objekte miteinander interagieren sollen, wird festgelegt. Hierbei können Kräfte, Bewegungen und Kollisionen definiert werden.

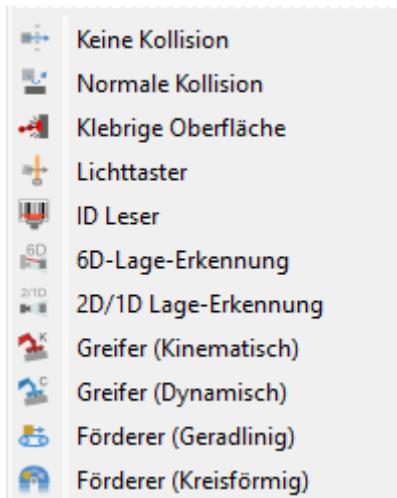


Abbildung 72: Interaktion iPhysics

**Simulation:** Die Simulation wird gestartet und das Verhalten der Objekte gemäß den vorgegebenen Parametern wird beobachtet. Die Simulation kann in Echtzeit überwacht werden und verschiedene Szenarien können getestet werden.

**Analyse:** Die Ergebnisse der Simulation werden analysiert, indem das Verhalten der Objekte beobachtet wird und Trends identifiziert werden.

**Optimierung:** Basierend auf den Simulationsergebnissen können Anpassungen vorgenommen werden, um das gewünschte Verhalten zu erreichen. Dies kann die Änderung von Parametern, Materialien oder Bewegungsmustern einschließen.

**Wiederholung und Verfeinerung:** Die Simulationen werden mehrfach durchgeführt, um verschiedene Szenarien zu testen.

Das Anlagenlayout mit den Positionen und Namen der Sensoren ist im Anhang Nr. 16 beigelegt.

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 10.4.4 Control Tags

Die PLC-Variablen der Steuerung werden vom TIA-Portal in Form einer .sdf Datei exportiert und können anschliessend ins iPhysics importiert werden (siehe Abbildung 73). Dazu wird aus den Variablenlisten mit allen Ein- und Ausgängen im TIA Portal erstellt.

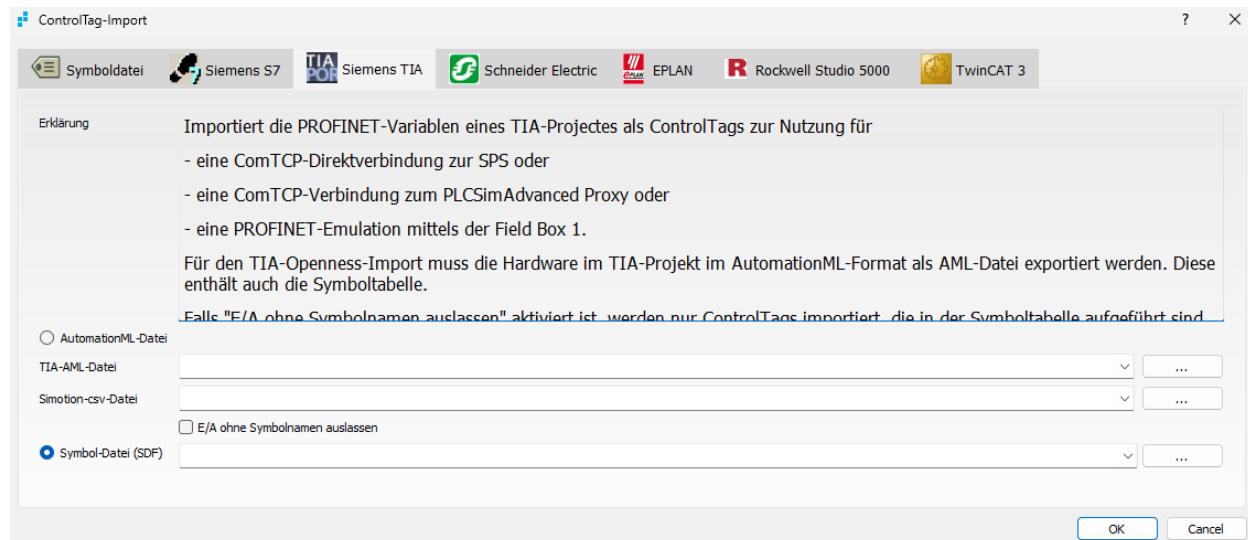


Abbildung 73: Control Tags importieren

## 10.4.5 Alias-Verknüpfungen

Durch den Import der Control Tags wurden Alias Verknüpfungen erzeugt (siehe Abbildung 74). Dies beschreibt die Anbindung der Eingänge und Ausgänge im iPhysics mit den PLC-Variablen vom TIA Portal.

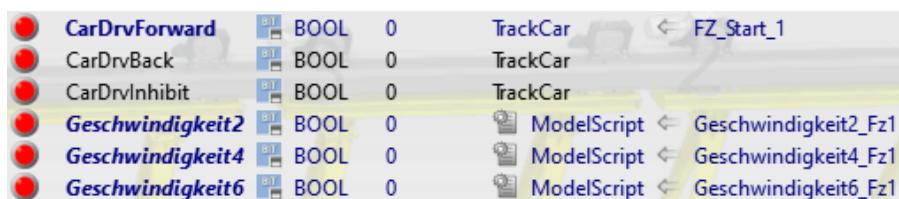


Abbildung 74: Alias-Verknüpfungen

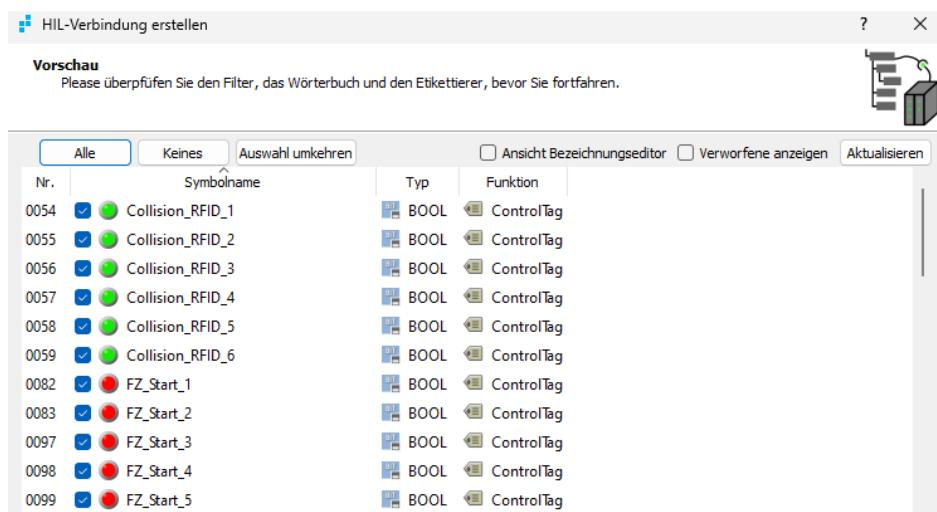
## 10.4.6 HIL-Verbindung

HIL-Verbindungen spielen eine entscheidende Rolle in der Entwicklung und Validierung von komplexen Systemen. Sie ermöglichen die Leistung und Zuverlässigkeit dieser Systeme, unter realen Bedingungen zu überprüfen, bevor sie in den praktischen Betrieb gehen.

Die HIL-Verbindung wird wie folgt erstellt:

- Assistent starteten
- Steuerungsname definiert und die IP-Adresse eingegeben.
- Control Tags auswählen (siehe Abbildung 75)
- CodeGen.xml. Datei wird generiert und muss an den gleichen Ort verschoben werden, wo das PLCSIM Advanced und das iPhysics Proxy laufen.

Die CodeGen.xml Datei enthält die Namen und Adressen der Steuerungseingänge und -ausgänge.



The screenshot shows a software interface titled "HIL-Verbindung erstellen" (Create HIL Connection). At the top, there is a message: "Vorschau" (Preview) and "Please überprüfen Sie den Filter, das Wörterbuch und den Etikettierer, bevor Sie fortfahren." (Please check the filter, the dictionary and the labeler before continuing.). Below this is a table with the following columns: Nr., Symbolname, Typ, and Funktion. The table lists 15 entries, all of which are selected (indicated by checked checkboxes in the first column). The entries are as follows:

Nr.	Symbolname	Typ	Funktion
0054	Collision_RFID_1	BOOL	ControlTag
0055	Collision_RFID_2	BOOL	ControlTag
0056	Collision_RFID_3	BOOL	ControlTag
0057	Collision_RFID_4	BOOL	ControlTag
0058	Collision_RFID_5	BOOL	ControlTag
0059	Collision_RFID_6	BOOL	ControlTag
0082	FZ_Start_1	BOOL	ControlTag
0083	FZ_Start_2	BOOL	ControlTag
0097	FZ_Start_3	BOOL	ControlTag
0098	FZ_Start_4	BOOL	ControlTag
0099	FZ_Start_5	BOOL	ControlTag

Abbildung 75: iPhysics HIL-Verbindung

## 10.5 Verbindung Siemens PLCSim Advanced und iPhysics PLCSim Proxy

Um eine Verbindung zwischen dem TIA Portal und dem iPhysics herzustellen wird eine Proxyverbindung verwendet (siehe Abbildung 76). Das iPhysics PLCSim Proxy ist eine Programmtool, das im Zusammenhang mit der Software-Simulation Siemens PLCSim Advanced verwendet wird. Es ermöglicht die Verbindung zwischen einem externen Gerät (z. B. einem HMI) und der virtuellen SPS, die von Siemens PLCSim Advanced erstellt wird.

Normalerweise kann eine externe Steuerung oder ein übergeordnetes System direkt mit einer physischen SPS kommunizieren, indem es über das Netzwerk auf die Steuerung zugreift. Wenn jedoch Siemens PLCSim Advanced für die Simulation verwendet wird, existiert keine physische SPS, sondern nur die virtuelle SPS, die von Siemens PLCSim Advanced bereitgestellt wird.

Der iPhysics PLCSim Proxy ermöglicht die Erstellung einer Verbindung zwischen der externen Steuerung und der virtuellen SPS in Siemens PLCSim Advanced. Es fungiert als Vermittler und leitet die Kommunikation zwischen den beiden Systemen weiter. Die externe Steuerung kommuniziert mit dem iPhysics PLCSim Proxy, als ob es sich um die tatsächliche SPS handeln würde. Das iPhysics PLCSim Proxy leitet die Befehle, Signale und Daten an die virtuelle SPS weiter.

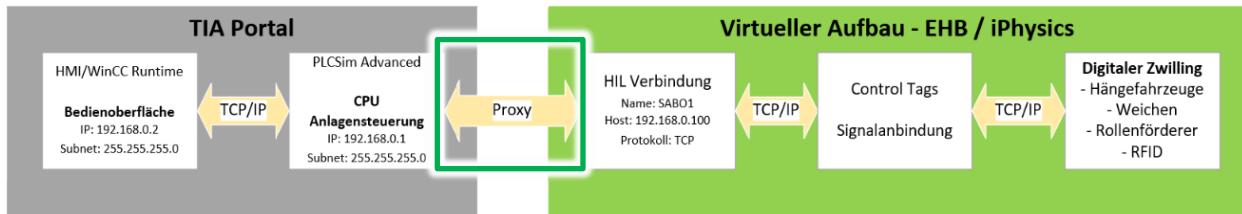


Abbildung 76: Übersicht Blockdiagramm Realisation

## 11 Wirtschaftlichkeit und Risikoanalyse FMEA

Die Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) ist eine bewährte Methodik zur Identifizierung und Bewertung von potenziellen Fehlern in einem System, Prozess oder Projekt. In diesem Kontext wird eine FMEA-Analyse für die Diplomarbeit mit dem Thema «Digitaler Zwilling» durchgeführt, um mögliche Fehlerquellen und Risiken im Zusammenhang mit dem Konzept des digitalen Zwillings zu ermitteln und zu bewerten.

Die FMEA-Analyse für die Diplomarbeit «Digitaler Zwilling» identifiziert potenzielle Fehlerquellen und unterstützt die Ersteller bei der Entwicklung eines soliden und zuverlässigen digitalen Zwillings. Durch die Umsetzung der empfohlenen Maßnahmen können Risiken minimiert und die Qualität des Projekts verbessert werden.

### 1. System: Diplomarbeit «Digitaler Zwilling»

Das System umfasst die Erstellung und Untersuchung eines digitalen Zwillings als virtuelle Repräsentation eines realen Objekts, Systems oder Prozesses.

### 2. FMEA-Team:

- Studenten der ABB Technikschule
- Fachexperten von machineering (Cadosu)

### 3. Schritte der FMEA:

#### 3.1. Identifikation der Fehlerarten:

- Fehler beim Erfassen von Daten aus der realen Welt für die digitale Repräsentation.
- Unstimmigkeiten zwischen dem digitalen Zwilling und dem realen Objekt.
- Unzureichende Modellierung von Eigenschaften und Verhalten des realen Objekts.
- Datenintegritätsprobleme während der Synchronisierung.

#### 3.2. Bewertung der Fehlerauswirkungen:

Fehler 1: Fehler beim Erfassen von Daten:

- Auswirkungen: Verfälschte oder unvollständige Daten führen zu einer fehlerhaften digitalen Repräsentation
- Bewertung: hohe Auswirkungen, da die Qualität des digitalen Zwillings stark beeinträchtigt wird
- Wahrscheinlichkeit: mittel bis hoch, abhängig von der Komplexität der Datenerfassung

Fehler 2: Unstimmigkeiten zwischen digitalem Zwilling und realem Objekt

- Auswirkungen: Inkonsistenzen können zu irreführenden Ergebnissen führen
- Bewertung: mittlere Auswirkungen, da die Genauigkeit der Simulation reduziert wird
- Wahrscheinlichkeit: niedrig bis mittel, abhängig von der Qualität der Modellierung und Synchronisierung

Fehler 3: Unzureichende Modellierung von Eigenschaften

- Auswirkungen: Der digitale Zwilling kann das Verhalten des realen Objekts nicht genau widerspiegeln
- Bewertung: hohe Auswirkungen, da die Hauptfunktionalität beeinträchtigt wird
- Wahrscheinlichkeit: mittel bis hoch, abhängig von der Erfahrung des Modellierers

Fehler 4: Datenintegritätsprobleme

- Auswirkungen: Datenverlust oder Inkonsistenzen während der Synchronisierung beeinträchtigen die Genauigkeit des digitalen Zwillings
- Bewertung: mittlere Auswirkungen, da die Qualität beeinträchtigt wird
- Wahrscheinlichkeit: niedrig bis mittel, abhängig von der Stabilität der Datenübertragung

### 3.3. Bewertung der Fehlerentdeckung:

- Erkennbarkeit der Fehler vor Veröffentlichung der Diplomarbeit: hoch (durch gründliche Überprüfung und Tests)
- Erkennbarkeit der Fehler nach Veröffentlichung der Diplomarbeit: mittel bis niedrig (durch Anwendung des digitalen Zwillings)

### 3.4. Bewertung der Fehlervermeidung:

- Möglichkeiten zur Fehlervermeidung sind durch sorgfältige Datenerfassung, präzise Modellierung und umfassende Tests gegeben

## 4. Risiko-Priorisierung:

Basierend auf den Bewertungen der Auswirkungen, Wahrscheinlichkeiten, Entdeckbarkeiten und Vermeidbarkeiten werden die identifizierten Fehler nach ihrer Dringlichkeit priorisiert.

## 5. Empfohlene Maßnahmen:

- Regelmäßige Validierung der Daten
- Durchführung detaillierter Modellüberprüfungen und -tests, um Konsistenz und Genauigkeit sicherzustellen.
- Kontinuierlichen Datenüberwachung und -validierung während der Synchronisierung.
- Bereitstellung von Schulungen für Nutzer des digitalen Zwillings, um Datenintegritätsprobleme zu minimieren.

## Der digitaler Zwilling steigert die Effizienz und die Wirtschaftlichkeit.

Die Einführung eines digitalen Zwillings für die Elektrohängbahnen der SABO Software & Engineering GmbH bringt klare wirtschaftliche Vorteile. Dies umfasst die Minimierung von Ausfallzeiten, die Optimierung der Anlagen und die Verbesserung der Anlagensoftware. Dadurch steigt die Effizienz und senkt die Betriebskosten, was die Wettbewerbsfähigkeit stärkt.

## 12 Schlusswort

Die Komplexität und der Umfang des Projekts waren zu Beginn des Projektes nicht klar ersichtlich. Ebenso fehlten gewisse Grundkenntnisse bezüglich der EHB-Anlage und der Programme (iPhysics und TIA Portal). Durch zeitintensive Nachforschungen und Schulungen konnte das Wissen erlernt werden. Die Komplexität des Systems konnte mit Hilfe einer ausführlichen Situationsanalyse und dem Informationsaustausch mit dem Auftraggeber aufgezeigt werden. Der Umfang des Projektes musste zu Beginn der Diplomarbeit angepasst werden, da die gewünschten Anforderungen nur mit massivem Zusatzaufwand erreicht hätten können.

Durch Engpässe beim Auftraggeber konnten die 3D-Dateien nicht rechtzeitig fertiggestellt werden, dies verzögerte den Aufbau im iPhysics und die nachfolgenden Arbeiten.

Die vom Auftraggeber gelieferte STEP 7 Software, die ins TIA Portal integriert wurde, beanspruchte enorm Zeit für die Aufbereitung und die Erweiterung. Darauf folgte, dass der Terminplan etliche Male angepasst werden musste.

Durch eine vertiefte Anwendung des TIA Portals und iPhysics konnten wir unsere Kenntnisse und Fähigkeiten im Umgang mit diesen Softwarelösungen deutlich verbessern.

Das allgemeine Wissen rund um die EHB wurde durch die Arbeit mit dem digitalen Zwilling nochmals stärker vertieft. So lernten wir viel über den Aufbau einer EHB, sowie welche Komponenten essenziell wichtig sind und welche man bei zukünftigen Projekten vielleicht ersetzen oder entfernen könnte.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass wir aus unserer Diplomarbeit viele wertvolle Erkenntnisse für unsere berufliche Zukunft mitnehmen können. Diese Zeit war prägend und stellte uns vor zahlreiche Herausforderungen, die jedoch maßgeblich zu unserer persönlichen Entwicklung beigetragen haben.

## 13 Ausblick

### 13.1 Kosten nach dem Projekt

Für den Auftraggeber ergeben sich bei der Nutzung des digitalen Zwillings folgende Kosten. Es wurden die benötigten Softwares und die dazugehörigen Lizenzen betrachtet. Die Lizenzen der Anwendungen «Inventor» und «TIA Portal» sind bereits im Einsatz und müssen somit nicht zusätzlich erworben werden. Dementsprechend steht die Erwerbung des iPhysics und des PLCSIM Advanced im Vordergrund.

#### 13.1.1 iPhysics

Die Anschaffung des iPhysics stellt die grösste Investition dar. Es wird in verschiedene Pakete unterteilt, was eine flexible Zusammenstellung der benötigten Anwendungen ermöglicht. Folgende Pakete werden angeboten:

**Standard:** Modellvisualisierung, Sequenzsteuerung, Modellerstellung, Kontinuierliche Medien, AutomationML-Export, Kinematische Achsen, Render Stream, Abbildung Sensorik Fördertechnik, AVI-Export, CAD-Import, REST API & JavaScript

**CAD-Modul:** Bidirektionale Synchronisation diverser CAD-Systeme mit iPhysics, Import von AutomationML-Sezonen sowie bidirektionaler Datenaustausch mit Eplan und Offline Buffer.

**PLC1 Modul:** TCP/IP Kopplung zu diversen namhaften Steuerungen wie Siemens, Rockwell, Schneider Electric, Beckhoff oder Bosch Rexroth.

**PLC2 Modul:** Voraussetzung für dieses Modul sind die Module PLC1 und die FieldBoc Perfomance. Echtzeitsimulation für die Emulation von Profinet-, Ethernet/IP- und Ethercatnetzwerken.

Die Pakete Robotics 1 & 2, Component, IOT, Developer und Human & AGV wurden nicht betrachtet, da diese in Zusammenhang mit dem digitalen Zwilling nicht erforderlich sind.

Es besteht die Möglichkeit die Softwareplattform zu einem Fixpreis zu erwerben oder monatlich zu mieten. Zu jedem Paket wird zusätzlich eine Servicedienstleistung angeboten, die Bestandteil eines jährlichen Servicevertrags ist. Der Servicevertrag beinhaltet sowohl den Support als auch regelmässige Softwareupdates. Das Servicepaket muss beim Kauf der Software ebenfalls erworben werden. Bei der Option der monatlichen Miete sind die Servicepakete bereits im Mietpreis enthalten. Tabelle 17 zeigt eine Übersicht über die Kosten der beschriebenen Pakete.

iPhysics Gesamtpaket	Mietpreis pro Monat	Kaufpreis	Service Jährlich
Paket Standard +	CHF 300.00	CHF 5'000.00	CHF 1'000.00
Paket CAD Modul +	CHF 180.00	CHF 3'000.00	CHF 600.00
Paket PLC1 Modul +	CHF 180.00	CHF 3'000.00	CHF 600.00
Paket PLC2 Modul + (Erweiterung)	CHF 180.00	CHF 3'000.00	CHF 600.00
<b>Gesamtkosten (ohne PLC2 Modul)</b>	<b>CHF 840.00</b>	<b>CHF 14'000.00</b>	<b>CHF 2'800.00</b>

Tabelle 17: Übersicht Kosten iPhysics

(machineering GmbH & Co. KG, 2023)

# ABB Technikerschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 13.1.2 Gesamtkosten

Die Anschaffung der Anwendung PLCSIM gestaltet sich günstiger als das iPhysics. Diese kann zu einem Fixpreis erworben werden. Tabelle 18 fasst nochmals die genannten Anwendungen zusammenfassend auf.

Material	Monatlich (Miete)	Jährlich	Fixpreis	bereits vorhanden
iPhysics Gesamtpaket	CHF 660.00		CHF 14'000.00	
Inventor Lizenz		CHF 1'750.00		CHF 0.00
Tia-Portal Lizenz			CHF 3'800.00	CHF 0.00
PLCSIM Advanced V5.0			CHF 2'900.00	

Tabelle 18: Übersicht Kosten

Je nach Häufigkeit, mit der der Auftraggeber den Zwilling nutzen möchte, beeinflusst die Art der Anschaffungen. Somit kann abschliessend keine Empfehlung abgegeben werden. Es kann jedoch aufgezeigt werden, ab wann ein Fixkauf des iPhysics Sinn macht.

Variante 1 (siehe Tabelle 19) betrifft die monatliche Miete des iPhysics, wobei der Vorteil in der flexiblen Nutzung liegt. Variante 2 (siehe Tabelle 20) hingegen beleuchtet die Kosten im Zusammenhang mit dem Kauf des iPhysics. Dabei wurden der Festpreis (CHF 11'000.00) sowie die zugehörigen jährlichen Service-Supports (CHF 2'200.00) berücksichtigt.

### Variante 1: iPhysics monatliche Miete

	1 Monat	2 Monat	12 Monate	23 Monate	24 Monate
iPhysics	CHF 660.00	CHF 1'320.00	CHF 7'920.00	CHF 15'180.00	CHF 15'840.00
PLCSIM Advanced	CHF 2'900.00	CHF 2'900.00	CHF 2'900.00	CHF 2'900.00	CHF 2'900.00
Gesamtkosten	<b>CHF 3'560.00</b>	<b>CHF 4'220.00</b>	<b>CHF 10'820.00</b>	<b>CHF 18'080.00</b>	<b>CHF 18'740.00</b>

Tabelle 19: Kostenübersicht Variante 1

### Variante 2: iPhysics Kauf (inklusive Service Paket)

	1 Monat	2 Monat	12 Monate	23 Monate	24 Monate
iPhysics	CHF 13'200.00	CHF 13'200.00	CHF 13'200.00	CHF 15'400.00	CHF 15'400.00
PLCSIM Advanced	CHF 2'900.00				
Gesamtkosten	<b>CHF 16'100.00</b>	<b>CHF 16'100.00</b>	<b>CHF 16'100.00</b>	<b>CHF 18'500.00</b>	<b>CHF 18'500.00</b>

Tabelle 20: Kostenübersicht Variante 2

Die Gegenüberstellung zeigt auf, dass bei einer Nutzungsdauer grösser 23 Monate, ein Kauf der Software iPhysics sich als sinnvoll erweisen würde.

# ABB Technikerschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 13.2 Erweiterung

### 13.2.1 Desktop PC

Bei der Betrachtung der Erweiterungsmöglichkeiten wurden vorwiegend Hardware-Komponenten in den Fokus genommen. Die Softwareplattform iPhysics beansprucht eine erhebliche Menge an Rechnerressourcen. Um den digitalen Zwilling zuverlässig nutzen zu können, hat der Hersteller verschiedene Anforderungen an den Computer definiert.

Daher ergeben sich die folgenden Mindestanforderungen.

Bauart:	Desktop PC (Grund: Bessere Kühlleistung)
Prozessor / CPU:	Möglichst hoher Einkernprozessor. (Grund: Alle 3-D Programme arbeiten nur auf einem Kern). z.B. i9 mit min. 8 Kernen und 16 Threads
Grafikkarte / GPU:	NVIDIA mit min. 4GB/8GB VRAM (Wichtige Einstellung: NVIDIA Systemsteuerung → 3D-Einstellung verwalten → Globale Einstellungen → Threaded-Optimierung → Aus)
Arbeitsspeicher:	min. 16GB RAM

Dementsprechend empfehlen wir einen Desktop PC von Lenovo, HP, Acer oder Asus. Beispielsweise den «Lenovo Legion T5» für einen Kaufpreis von CHF 2'340.00. (Digitec, 2023)

Der Zwilling kann mit Computer benutzt werden, welche die Minimalforderungen nicht vollumfänglich erfüllen. Die Gefahr eines stockenden Betriebes oder einem Datenaustauschfehler ist hier jedoch grösser. Ein Computer, der den Anforderungen entspricht, trägt dazu bei, dass die Simulation flüssig läuft und der Datenaustausch stabil stattfinden kann. Wichtig hierbei ist jedoch das die Netzwerk Verbindung einen zusätzlichen Einfluss auf die genannten Kriterien hat.

### 13.2.2 FieldBox

Eine weitere Erweiterungsmöglichkeit bietet die Fieldbox. Sie ermöglicht es den digitalen Zwilling an eine physische Steuerung anzubinden. Virtuelle Kontrollen und Test sind unter Realbedingungen möglich. In Zusammenhang mit der Fieldbox muss das Lizenzpaket «PLC2 Modul» (Tabelle 16) ergänzt werden. Die FieldBox kann zu einem Kaufpreis von CHF 5000.00 erworben werden. Zusätzlich fallen jährlich Servicekosten von CHF 1000.00 an. Alternativ kann die Fieldbox für eine Dauer von 6 Monaten gemietet werden für einen Preis von CHF 1800.00 (siehe Abbildung 20). Die Servicekosten sind im Mietpreis bereits enthalten. Wie bei der Softwareplattform iPhysics würde auch bei der FieldBox ein Kauf sinnvoll, bei einer Nutzungsdauer ab zwei Jahren.

	6 Monat	12 Monat	18 Monate	24 Monate
<b>FieldBox Miete</b>	CHF 1'800.00	CHF 3'600.00	CHF 5'400.00	CHF 7'200.00
<b>FieldBox Kauf</b>	CHF 6'000.00	CHF 6'000.00	CHF 7'000.00	CHF 7'000.00

Tabelle 21: Kosten FieldBox

(machineering GmbH & Co. KG, 2023)

### 13.2.3 Hologrammprojektor

Ein Hologrammprojektor würde eine äußerst visuell ansprechende und innovative Darstellungsmöglichkeit bieten. Bei einer Präsentation vor potenziellen Kunden könnte diese Technologie einen starken Eindruck hinterlassen und die Präsentation auf eine völlig neue Ebene heben. Die faszinierenden holografischen Visualisierungen würden es ermöglichen, komplexe Informationen und Ideen auf eine klare und eindrucksvolle Weise zu vermitteln, die das Interesse und die Aufmerksamkeit des Publikums weckt. Dies könnte nicht nur die Effektivität der Präsentation steigern, sondern auch das Unternehmen als innovativ und zukunftsorientiert positionieren.

Als Beispiel wird der Hologramprojektor «HoloCircle65Xhdmi» von der Firma Eye Systems aus Hamburg vorgeschlagen. Dieser kann zu einem Kaufpreis von EUR 3'850.00 erworben werden. Eine zehntägige Leih kostet EUR 1'300.00.

(EYE SYSTEMS International GmbH, 2023)

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 14 Pressebericht

Der Pressebericht ist als Anhang Nr. 18 beigefügt.

### ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

---

B20-st6.1\_Imstepf\_Brandenburger\_Scheifele

#### DURCH DIGITALEN ZWILLING SCHNELLER ZU OPTIMIERTEN ANLAGEN

Die SABO Software & Engineering GmbH hat in Zusammenarbeit mit Studierenden der ABB Technikschule einen digitalen Zwilling einer Elektrohängeliftanlage entwickelt. Eine Elektrohängeliftanlage ist ein schienengebundenes Fördermittel mit autonomen Fahrzeugen, die in Produktions- und Lagerhallen für schwere Lasten eingesetzt werden.

Die Firma SABO Software & Engineering, mit Sitz in Schenkon, ist im Intralogistikbereich angesiedelt. Ihr Kerngeschäft umfasst die Konzeption, Planung, Realisierung und Wartung von Elektrohängeliftanlagen.

#### Von der Musteranlage zum virtuellen Aufbau

Die Studierenden der ABB Technikschule erhielten eine 3D-Zeichnung sowie die Steuerungssoftware einer Musteranlage als Ausgangspunkt. Auf dieser Grundlage erfolgte der Aufbau der Anlage auf virtueller Ebene, einschließlich der Programmierung und Anbindung an die Steuerungskomponenten. Die Diplomarbeit wurde durch eine benutzerfreundliche Bedieneroberfläche abgerundet.

#### Beschleunigung durch Parallelverarbeitung

Ein wesentlicher Vorteil der modellbasierten Entwicklung liegt darin, dass verschiedene Entwicklungsprozesse parallel ablaufen können. Dies vereinfacht die Koordination zwischen den verschiedenen Abteilungen und ermöglicht Tests an der virtuellen Anlage, ohne Zeitverlust durch Lieferverzögerungen von mechanischen oder Hardware-Komponenten. Optimierungsideen können am digitalen Zwilling vorab getestet werden, bevor sie in der realen Anlage implementiert werden. Dadurch können Stillstandszeiten verkürzt und die Gesamtleistung optimiert werden.

#### Virtuelle Ebene

Um die Anlage realistisch auf virtueller Ebene darzustellen, wurde die Softwareumgebung von iPhysics verwendet. iPhysics bietet die Möglichkeit, eine Anlage anhand einer CAD-Zeichnung zu importieren und gemäß den realen physikalischen Gegebenheiten zu konfigurieren. Als Schnittstelle zwischen der virtuellen Anlage und der zu testenden Steuerungssoftware bietet PLCSIM Advanced die Möglichkeit, eine virtuelle SPS zu simulieren und somit eine umfassende Simulation zu ermöglichen. Eine zuverlässige Proxyverbindung zwischen den beiden virtuellen Komponenten gewährleistet den Datenaustausch. Die TIA Portal-Software vervollständigt den digitalen Zwilling.

*Abbildung 77: Pressebericht Seite 1/2*

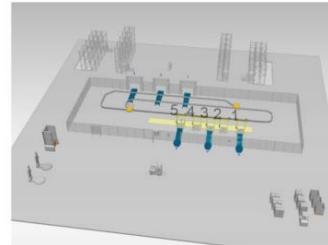
# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

B20-st6.1\_Imstepf\_Brandenburger\_Scheifele



Bildlegende:

Von einer realen Anlage zu einem virtuellen Aufbau eines digitalen Zwillings.

Urheber:

SABO Software & Engineering und CCA

*Abbildung 78: Pressebericht Seite 2/2*

## 15 Anhänge

- 01 DA 6.Sem 'DZ-EHB' - FO MD 04A PA SABO Software Engineering V07 00 unterschrieben
- 02 DA 6.Sem 'DZ-EHB' – Projektstrukturplan
- 03 DA 6.Sem 'DZ-EHB' - Ressourcenplan und Terminplan v2
- 04 DA 6.Sem 'DZ-EHB' - Prüfplan v2
- 05 DA 6.Sem 'DZ-EHB' - Ressourcenplan Soll Ist Vergleich v3
- 06 DA 6.Sem 'DZ-EHB' - Arbeitsrapport
- 07 DA 6.Sem 'DZ-EHB' - Statusmeetings
- 08 DA 6.Sem 'DZ-EHB' - Pflichtenheft v2
- 09 DA 6.Sem 'DZ-EHB' - Pflichtenheft v2 unterschrieben
- 10 DA 6.Sem 'DZ-EHB' - Kick Off Meeting SABO
- 11 DA 6.Sem 'DZ-EHB' - Meilensteinmeeting 2
- 12 DA 6.Sem 'DZ-EHB' - Meilensteinmeeting 3
- 13 DA 6.Sem 'DZ-EHB' - Meilensteinmeeting 4 Abschluss
- 14 DA 6.Sem 'DZ-EHB' - Gut zur Publikation vom Auftraggeber
- 15 DA 6.Sem 'DZ-EHB' - Elektrohängelbahn V6
- 16 DA 6.Sem 'DZ-EHB' - Anlagen-Layout
- 17 DA 6.Sem 'DZ-EHB' - Leitfaden Anleitung v3
- 18 DA 6.Sem 'DZ-EHB' - Pressbericht
- 19 DA 6.Sem 'DZ-EHB' - Antrag Projektstart

## 16 Verzeichnisse

### 16.1 Quellenverzeichnis

Autodesk Inc. (27. 07 2023). Autodesk. Von

<https://www.autodesk.ch/de/products/inventor/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>  
abgerufen

CODESYS GmbH. (20. 06 2023). CODESYS GmbH. Von <https://de.codesys.com/das-system/warum-codesys.html> abgerufen

Digitec. (01. 09 2023). digitec.ch. Von [https://www.digitec.ch/de/s1/product/lenovo-legion-t5-intel-core-i9-12900f-32-gb-1000-gb-ssd-pc-21565441?gclid=CjwKCAjwr\\_CnBhA0EiwAci5sinBJZWXRlHhsFPY9BX5MHsU2OjNkuReiHW9cSGFTP5aUJ8iGWGen\\_hoChwQQAvD\\_BwE&gclsrc=aw.ds](https://www.digitec.ch/de/s1/product/lenovo-legion-t5-intel-core-i9-12900f-32-gb-1000-gb-ssd-pc-21565441?gclid=CjwKCAjwr_CnBhA0EiwAci5sinBJZWXRlHhsFPY9BX5MHsU2OjNkuReiHW9cSGFTP5aUJ8iGWGen_hoChwQQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds) abgerufen

EYE SYSTEMS International GmbH. (07. 09 2023). EYE SYSTEMS International GmbH. Von <https://eye-systems.de/product-category/holocircle/> abgerufen

Irrgang, R. (16. 01 2019). MMLogistik. Von <https://www.mm-logistik.vogel.de/elektrohaengebahnen-transportssysteme-der-foerdertechnik-a-596373/> abgerufen

Jkrohrbaech. (24. 08 2023). Wikipedia. Von <https://de.wikipedia.org/wiki/Intralogistik> abgerufen

jpe. (2021). MD04A: Projektauftrag zur Diplomarbeit V07\_00. ABB Technikerschule.

Luber, D.-I. S. (25. 08 2023). Bigdata-insider. Von <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-eine-speicherprogrammierbare-steuerung-sps-a-6023d06b14719ba3190ef85dc68c6ee8/> abgerufen

machineering GmbH & Co. KG. (27. 07 2023). machineering. Von <https://www.machineering.com/> abgerufen

Madagaskar, W. I. (24. 08 2023). Wikipedia. Von <https://de.wikipedia.org/wiki/Puls-Code-Modulation#:~:text=Die%20Puls%2DCode%2DModulation%2C,und%20wertdiskretes%20digital%20Signal%20umsetzt.> abgerufen

Molily. (24. 08 2023). Wikipedia. Von [https://de.wikipedia.org/wiki/Hypertext\\_Markup\\_Language](https://de.wikipedia.org/wiki/Hypertext_Markup_Language) abgerufen

NeonZero. (18. 07 2023). Wikipedia. Von [https://de.wikipedia.org/wiki/Proxy\\_\(Rechnernetz\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Proxy_(Rechnernetz)) abgerufen

Niemeyerstein. (25. 08 2023). Wikipedia. Von <https://de.wikipedia.org/wiki/RFID> abgerufen

SABO Software & Engineering GmbH. (20. 08 2023). Von <https://www.sabo-engineering.ch/> abgerufen

SABO Software & Engineering GmbH. (06 2023). EHB. Thayngen.

Siemens . (12. 06 2023). Siemens Digital Industries Software. Von

<https://support.industry.siemens.com/cs/document/109759047/erste-schritte-mit-s7-plcsim-advanced-und-simulationstabellen?dti=0&lc=de-CH> abgerufen

Siemens AG. (01. 07 2023). Siemens Digital Industries Software. Von

[https://www.siemens.com/de/de/produkte/automatisierung/industrie-software/automatisierungs-software/tia-portal.html?gclid=CjwKCAjw6eWnBhAKEiwADpnw9ldkhISZFDIdX5P8DT5I27Cp5y7\\_4viKRVrdIJLdBq6JTOCSHBcZhxoCSLIQAvD\\_BwE&acz=1](https://www.siemens.com/de/de/produkte/automatisierung/industrie-software/automatisierungs-software/tia-portal.html?gclid=CjwKCAjw6eWnBhAKEiwADpnw9ldkhISZFDIdX5P8DT5I27Cp5y7_4viKRVrdIJLdBq6JTOCSHBcZhxoCSLIQAvD_BwE&acz=1) abgerufen

Siemens AG. (01. 07 2023). Siemens Digital Industries Software. Von

[https://www.siemens.com/de/de/produkte/automatisierung/industrie-software/automatisierungs-software/tia-portal.html?gclid=CjwKCAjw6eWnBhAKEiwADpnw9ldkhISZFDIdX5P8DT5I27Cp5y7\\_4viKRVrdIJLdBq6JTOCSHBcZhxoCSLIQAvD\\_BwE&acz=1](https://www.siemens.com/de/de/produkte/automatisierung/industrie-software/automatisierungs-software/tia-portal.html?gclid=CjwKCAjw6eWnBhAKEiwADpnw9ldkhISZFDIdX5P8DT5I27Cp5y7_4viKRVrdIJLdBq6JTOCSHBcZhxoCSLIQAvD_BwE&acz=1) abgerufen

Simon04. (24. 08 2023). Wikipedia. Von [https://de.wikipedia.org/wiki/Python\\_\(Programmiersprache\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Python_(Programmiersprache)) abgerufen

Software AG. (24. 08 2023). Software AG. Von [WikiUserXXXXL. \(24. 08 2023\). Wikipedia. Von \[https://de.wikipedia.org/wiki/Hardware\\\_in\\\_the\\\_Loop\]\(https://de.wikipedia.org/wiki/Hardware\_in\_the\_Loop\) abgerufen](https://www.softwareag.com/de_de/resources/what-is/opc-ua.html#:~:text=OPC%20Unified%20Architecture%20(OPC%20UA,in%20ein%20erweiterbares%20Framework%20integriert. abgerufen</a></u></p></div><div data-bbox=)

# ABB Technikschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

## 16.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Elektrohängelift (SABO Software & Engineering GmbH, 2023) .....	1
Abbildung 2: Einsatzgebiet EHB.....	8
Abbildung 3: Ausschnitt MD04A Projektauftrag unterschrieben.....	9
Abbildung 4: Organigramm Projekt.....	13
Abbildung 5: Ausschnitt Projektstrukturplan .....	16
Abbildung 6: Ausschnitt Ressourcen- und Terminplan .....	17
Abbildung 7:Ablaufplan .....	17
Abbildung 8: Beispiel Arbeitspaket .....	19
Abbildung 9: Kanban Board .....	19
Abbildung 10: Ausschnitt Pflichtenheft V2 Freigabe .....	26
Abbildung 11: Meilensteintrendanalyse .....	30
Abbildung 12: gelieferte Inventor Datei.....	31
Abbildung 13: Übersicht Signalübertragung realer Aufbau .....	33
Abbildung 14: SWOT-Analyse.....	34
Abbildung 15: Grobkonzept digitaler Aufbau.....	37
Abbildung 16: Komponenten realer Aufbau .....	38
Abbildung 17: Steuerungseinheit .....	38
Abbildung 18: Hängefahrzeug .....	39
Abbildung 19: Fahrzeugsteuerung .....	39
Abbildung 20: Motorfahrwerk mit Stromabnehmer.....	40
Abbildung 21: PCM Modul .....	41
Abbildung 22: RFID Lesegerät .....	41
Abbildung 23: Weiche in Position abgebogen.....	42
Abbildung 24: Externe Rollenförderer .....	43
Abbildung 25: Übersicht Grobkonzept .....	44
Abbildung 26: Auftragsabwicklung Vergleich Option 1 und 2 .....	50
Abbildung 27: Übersicht Schnittstellen.....	51
Abbildung 28: Vergleich HTML und TIA Portal HMI .....	56
Abbildung 29: Schnittstellenwahl.....	57
Abbildung 30: Detailkonzept digitaler Zwilling.....	58
Abbildung 31: Detailkonzept virtueller Aufbau.....	60
Abbildung 32: Mögliche Darstellung «Auftragseingabe».....	62
Abbildung 33: Übersicht Auswahl Schnittstellen .....	63
Abbildung 34: Übersicht Blockdiagramm Realisation .....	64
Abbildung 35: STEP 7 Hardware Komponenten.....	65
Abbildung 36: Projekt migrieren .....	65
Abbildung 37: Hardwarekonfiguration PLC.....	66
Abbildung 38: Hardwarekonfiguration HMI.....	67
Abbildung 39: Virtuelle Ethernet Verbindung PLC/HMI.....	68
Abbildung 40: Aufbau Programmstruktur .....	69
Abbildung 41: Blockverriegelung.....	71
Abbildung 42: Zusammenführende Weiche.....	74
Abbildung 43: Übersicht Blockdiagramm Realisation .....	75
Abbildung 44: Einstellungen PLCSIM Advanced .....	75
Abbildung 45: PG/PC-Schnittstelle einstellen .....	76
Abbildung 46: Pfad zu «Erweitertes Laden in Gerät...» .....	76

# ABB Technikerschule

Technik. Informatik. Wirtschaft. Management →

Abbildung 47: Ablauf Erweitertes Laden.....	77
Abbildung 48: Übersicht Blockdiagramm Realisation .....	78
Abbildung 49: Signalisierung Rückmeldung .....	78
Abbildung 50:Signalisierung Eingabebefehle .....	78
Abbildung 51: Einstellen Variablenverknüpfung .....	79
Abbildung 52: Einstellen der Schaltflächenvisualisierung .....	79
Abbildung 53: HMI-Simulation «Startseite».....	80
Abbildung 54: HMI-Simulation «Auto Betrieb».....	81
Abbildung 55: HMI-Simulation «Inbetriebnahme» .....	82
Abbildung 56: HMI-Simulation «Hand-Betrieb» .....	83
Abbildung 57: HMI-Simulation «E/A Liste» .....	84
Abbildung 58: HMI-Simulation «Systembilder» .....	85
Abbildung 59: HMI-Simulation «Benutzerverwaltung» .....	85
Abbildung 60: HMI-Simulation «Projektinformationen» .....	86
Abbildung 61: HMI-Simulation «Systeminformationen» .....	86
Abbildung 62: HMI-Simulation «SIMATIC PLC Systemdiagramm».....	86
Abbildung 63: HMI-Simulation «Verschiedene Aufgaben».....	87
Abbildung 64: HMI-Simulation «Störungen/Meldungen» .....	87
Abbildung 65: Übersicht Blockdiagramm Realisation .....	88
Abbildung 66: Übergänge Schienen .....	88
Abbildung 67: Abstände zwischen starren und beweglichen Teilen.....	88
Abbildung 68: iPhysics Add-In im Inventor .....	89
Abbildung 69:iphd Datei.....	89
Abbildung 70: Implementierung ins iPhysics .....	89
Abbildung 71: Konfiguration iPhysics .....	90
Abbildung 72: Interaktion iPhysics .....	90
Abbildung 73: Control Tags importieren .....	91
Abbildung 74: Alias-Verknüpfungen.....	91
Abbildung 75: iPhysics HIL-Verbindung.....	92
Abbildung 76: Übersicht Blockdiagramm Realisation .....	93
Abbildung 77: Pressebericht Seite 1/2 .....	101
Abbildung 78: Pressebericht Seite 2/2 .....	102

## 16.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Glossar .....	7
Tabelle 2: Rahmenbedingungen.....	15
Tabelle 3: Projektanforderungen .....	15
Tabelle 4: Change Log.....	16
Tabelle 5: Aufwand Soll / Ist Vergleich.....	18
Tabelle 6: Projektkosten.....	20
Tabelle 7: kritische Erfolgsfaktoren.....	21
Tabelle 8: Massnahmenplan .....	22
Tabelle 9: Kommunikationsplan .....	23
Tabelle 10: Überprüfung der Qualität Ziele 1.1 bis 1.7 .....	24
Tabelle 11: Überprüfung der Qualität Ziele 2.1 bis 2.5 .....	25
Tabelle 12: Abschlussprüfungen Ein- und Ausgänge.....	25
Tabelle 13: Meilensteine .....	27
Tabelle 14: Zielkatalog.....	36
Tabelle 15: Auswahlkombinationen Aufträge .....	62
Tabelle 16: Software Versionen .....	64
Tabelle 17: Übersicht Kosten iPhysics .....	97
Tabelle 18: Übersicht Kosten.....	98
Tabelle 19: Kostenübersicht Variante 1 .....	98
Tabelle 20: Kostenübersicht Variante 2 .....	98
Tabelle 21: Kosten FieldBox .....	99