

Requirements / Design and Test Documentation (RDD)

Version 0.2

ESEP – Praktikum – WS 2024

Team – 1_2

Dao, David (DD), 2654379

Patt, Phillip (PP), 2718093

Siekmann, Marc (SM), 2131405

Schön, Jannik (SJ), 2546201

Änderungshistorie:

Version	Erstellt	Autor	Kommentar
0.1	11.11.2024	SJ	Erstellung des RDD-Protokolls
0.2	12.11.2024	DD	Fehlerbehebung am RDD-Protokoll (Anmerkungen vom Kunden werden berücksichtigt)

Inhaltsverzeichnis

1. Teamorganisation	5
1.1 Verantwortlichkeiten	5
1.2 Absprachen	5
1.3 Repository-Konzept	5
2. Projektmanagement	6
2.1 Prozess	6
2.2 Projektorganisation	6
2.3 Risiken	8
2.4 Qualitätssicherung	8
3 Problemanalyse	9
3.1 Analyse des Kundenwunsches	9
3.1.1 Stakeholder	9
3.1.2 Systemkontext des Systems	9
3.1.3 Anforderungen	9
3.1.4 Use Cases / User Stories	14
3.2 Anlage: Analyse der technischen Gegebenheiten	15
3.2.1 Technischer Aufbau und Hardwarekomponenten	15
3.2.2 Werkstücke	15
3.2.3 Anforderungen aus dem Verhalten und technischen Besonderheiten	15
3.3 Softwareebene	16
3.3.1 Systemkontext der Software	16
3.3.2 Resultierende Anforderungen an die Software	16
3.3.3 Schnittstellen: Nachrichten und Signale	17
4 Grobkonzept des technischen Systementwurfes	18
5 Software-Design	18
5.1 Softwarearchitektur	18
5.2 Softwarestruktur	18
5.3 Verhaltensmodellierung	20
6 Implementierung: Besonderheiten	21
7 Qualitätssicherung	22
7.1 Teststrategie	22
7.2 Testszenarien/Abnahmetest	22
7.3 Testprotokolle und Auswertungen	30

8 Technische Schulden.....	30
9 Lessons Learned.....	30
10 Anhang	30
10.1 Glossar.....	30
10.2 Abkürzungen.....	31

1.Teamorganisation

Im folgenden Kapitel wird festgelegt, wie das Team strukturiert wird. Außerdem welche Absprachen getroffen worden sind, um das Projekt zu realisieren.

1.1 Verantwortlichkeiten

Verantwortlichkeit	Person/en
Projektleitung	Phillip Patt (Co-Leiter: David Dao)
Requirements-Engineer	Jannik Schön (Co-Leiter: Phillip Patt)
Designer	David Dao (Co-Leiter: Marc Siekmann)
Testengineer	Marc Siekmann (Co-Leiter: Jannik Schön)

1.2 Absprachen

Jour-Fixe:

1. Meeting wöchentlich am Mittwoch als ganze Gruppe
2. Freitag Zusatztermin für 3 Gruppenmitglieder (Marc Siekmann, Jannik Schön und David Dao)

Arbeitsumfeld/Arbeitsstruktur:

1. GitLab, um Standpunkte/Fortschritt festzuhalten
2. Trello wird genutzt um die Arbeitsschritte der Gruppe zu Strukturieren
 - Einfach und flexibel für die Gruppenmitglieder sich den Arbeitsmethoden anzupassen
 - Es ist transparent und leichter nachzuvollziehen
3. Eigener Teams Raum für die Gruppe
 - Um Meetings zu halten, falls ein Treffen nicht funktioniert
 - Austausch von Information und Daten

1.3 Repository-Konzept

Die jeweiligen Commits müssen auf Englisch erfolgen. Zwei Hauptordner werden genutzt für eine übersichtliche Struktur.

1. Ein Ordner Workspace für QNX-Umfeld
2. Ein Ordner für die Dokumentation, um den Fortschritt festzuhalten (Bsp. im RDD)

2. Projektmanagement

Im folgenden Kapitel werden die Prozessschritte dargestellt und definiert, wie die Qualitätssicherung des Projektes umgesetzt wird.

2.1 Prozess

1. Planungsrunde
 - Besprechung des Projektziels
 - Verteilung der Rollen (siehe 1.1)
 - Ermittelt der zu nutzenden Tools
2. Anforderung und Zielsetzung
 - Gedanken was das Projekt umsetzen muss
 - Verständnis für die Gruppe aufbauen, was das Ziel ist
 - Vermeidung von Missverständnissen
 - Konkrete Zielsetzung
 - Bearbeiten der Aufgaben
3. Sprints
 - Für bestimmte Meilensteine, um so früh wie möglich Feedback zu bekommen, vor allem vor den Abgabeterminen
4. Feedback-Runden
 - Standpunkte Reviewen mit Tutoren oder dem Kunden, um Probleme vorzeitig zu beseitigen
5. Realisierung des Projekts
 - Nutzung der Ressourcen
 - Umsetzung der Planung
 - Abnahmetest

2.2 Projektorganisation

Tabelle 1: Zielsetzungen während der Projektdurchführung:

Datum	Ziele	Kommentar
16.10.24	<ul style="list-style-type: none">• eine Anlage vom Beaglebone Black aus ansprechen können• eine Analyse der Anlage soll durchgeführt werden und wesentliche Ergebnisse dokumentiert sein• die Anforderungen sollen analysiert werden• die Teamorganisation soll gestartet werden und eine Einigung in Hinblick auf die Teamkommunikation erfolgt sein	
30.10.2024	<ul style="list-style-type: none">• Rollenverteilung• Erstellung der Projektstruktur• Gitlab einrichten• System- und Anforderungsanalyse• Erste Abnahmetest• Schnittstelle HAL	

	<ul style="list-style-type: none"> • Beispiel-Code Qnet lauffähig 	
13.11.2024	<ul style="list-style-type: none"> • Erste Skizze für die Softwarearchitektur erstellt • Ansprechen der Aktorik über die HAL • Vollständige Anforderungsanalyse liegt als Dokument vor 	
27.11.	<ul style="list-style-type: none"> • Entwurf der Softwarearchitektur soll als Dokument vorliegen • es sollen Überlegungen zu den Qualitätssicherungsmaßnahmen gemacht werden • Konzept E-Stop Funktionalität soll vorliegen • Konzept für Fehlerbehandlung • Konzept für Signalisierung • erste Modellierung der Anlagensteuerung mittels Zustandsautomaten inklusive Ausnahmebehandlung • HAL der Sensorik soll entworfen, dokumentiert und implementiert sein • ein Konzept für Weiterleitung der Sensorsignale zu verarbeitenden Komponenten soll vorliegen 	
11.12.2024	Quality Gate: <ul style="list-style-type: none"> • Softwarearchitektur liegt dokumentiert vor • Softwarearchitektur ist ausgereift • Design der Steuerung beinhalten 	
8.1.2025	<ul style="list-style-type: none"> • die Modellierung ist vollständig abgeschlossen • geforderte Funktionalität ist weitgehend auf beiden Anlagen implementiert • geforderte Fehlerbehandlung soll implementiert sein 	
15.1.2025	Pflicht: <ul style="list-style-type: none"> • finale Version des RDD soll eingereicht werden 	Auf das Namensschema achten
22.1.2025	<ul style="list-style-type: none"> • Gesamtanlage soll bereit sein für Abnahmetests des Kunden • nicht realisierte Funktionalitäten sind dokumentiert • bekannte Fehler sind dokumentiert • Lessons Learned dokumentiert • alle Artefakte sollen abgabebereit sein (Code, Protokolle etc.) 	

2.3 Risiken

2.4 Qualitätssicherung

1. Code
 - Bugs sollen durch das vier Augen Prinzip verhindert werden, das heißt jeder Zeile Code wurde von 2 Personen überprüft
2. Anforderungen

3 Problemanalyse

3.1 Analyse des Kundenwunsches

In diesem Unterabschnitt wird festgelegt, wie das System im Bezug des Kunden ausgelegt wird

3.1.1 Stakeholder

Stakeholder	Interessen
Kunde	Hoher Durchsatz, Zuverlässigkeit und Wartungsfreundlich
Bediener	Einfache Bedienung und Zuverlässigkeit
Projektleiter	Qualitätssicherung und rechtzeitige Fertigstellung des Produkts
Entwickler	geordneter Projektablauf, Technischer Machbarkeit und leichte Fehlerbehebung

3.1.2 Systemkontext des Systems

Das System soll in ein Arbeitsablauf in einer Produktionskette eingebunden werden und dient als Sortierung für die Weiterverarbeitung. Die zu sortierende Werkstücke werden auf das Band gelegt und nach dem Sortieren von einem Pick-and-Place Roboter entnommen.

3.1.3 Anforderungen

Nr. / ID	Req_01	Name	Behebaren Fehler behandeln	Priorität	hoch
Beschreibung	<ol style="list-style-type: none">Fehlererkennung und -quittierung:<ul style="list-style-type: none">Das System zeigt den Fehlerstatus als „anstehend unquittiert“ an und wartet auf die Quittierung des Fehlers (Reset Button) durch den Benutzer.Fehlerbehebung durch den Benutzer:<ul style="list-style-type: none">Der Benutzer führt die erforderlichen Maßnahmen aus, um den Fehler zu beheben z. B. durch manuelle Eingriffe wie ein Fehler verursachenden Werkstück zu entfernen. Nach Durchführung der Maßnahmen wird der Fehlerstatus auf „anstehend quittiert“ gesetzt.Fehlerbestätigung:<ul style="list-style-type: none">Das System wartet nun auf die Bestätigung (siehe Req_03) des Benutzers, dass der Fehler erfolgreich behoben wurde. Sobald dies erfolgt, ändert der Status auf „anstehend behoben“ (siehe Req_04).Wiederaufnahme Betrieb:<ul style="list-style-type: none">LR hört auf zu leuchte und die Anlage geht zurück in den Betriebszustand				
Ablaufbeschreibung					

Nr. / ID	Req_02	Name	Kritische fehler	Priorität	hoch
Beschreibung	<p>Kritische Fehler sind solche, von denen sich das System in laufendem Betrieb nicht selbstständig oder durch geringe Nutzerintervention erholen kann (siehe Req_08).</p> <ol style="list-style-type: none"> Fehleranzeige: <ul style="list-style-type: none"> Bei einem kritischen Fehler wird der Benutzer aufgefordert, das Band zu leeren, um eine mögliche Blockierung zu vermeiden. Zurücksetzen durch den Benutzer: <ul style="list-style-type: none"> Anschließend muss der Benutzer, auf der Anlage, auf der der Fehler aufgetreten ist, den BGR gedrückt halten, um die Anlage zurückzusetzen (siehe Req_13) 				
Ablaufbeschreibung					

Nr. / ID	Req_03	Name	Fehler Bestätigen	Priorität	hoch
Beschreibung	Zum Fehler bestätigen wird der Start Button (BGS_X, X für 1 oder 2) genutzt.				
Ablaufbeschreibung					

Nr. / ID	Req_04	Name	Anstehend Behoben	Priorität	hoch
Beschreibung	An der Anlage, an der der Fehler aufgetreten ist, leuchtet LR durchgehend und LG blinkt langsam (0,5Hz).				
Ablaufbeschreibung					

Nr. / ID	Req_05	Name	Überlauf-ID	Priorität	hoch
Beschreibung	<p>Die Werkstück-ID ist eine Zahl im 32-Bit langen Zahlenbereich. Der Wertebereich reicht von 0 bis 4.294.967.295 ($2^{32} - 1$). Wenn die höchste ID im Bereich erreicht ist (der Wert 4.294.967.295), wird der Zähler automatisch wieder auf 0 zurückgesetzt, und der ID-Vergabeprozess beginnt von vorne.</p> <p>Dies gilt auch im Fall eines E-Stopps oder einer Unterbrechung des Systems, bei der die ID-Vergabe neu gestartet wird.</p>				
Ablaufbeschreibung					

Nr. / ID	Req_06	Name	E-Stop Verhalten	Priorität	hoch
Beschreibung	<p>Sobald einer der SES gedrückt wurde, werden M_1 und M_2 gestoppt.</p> <p>Beiden SM soll der Strom abgeschaltet werden.</p> <p>Anschließend werden LR, LY und LG an beiden Anlagen auf dauerhaft leuchtend gestellt.</p> <p>Nun sollen alle Werkstücke auf dem Band und der Rampe entnommen werden.</p>				
Ablaufbeschreibung					

Nr. / ID	Req_07	Name	Abstand zwischen Werkstücken	Priorität	hoch
Beschreibung	<p>Beim Auflegen der Werkstücke wird ein notwendiger Mindestabstand von 3 Werkstücklängen eingehalten. Wenn der Benutzer kein weiteres Werkstück auflegen darf, leuchtet LY_1. LY_1 erlischt, sobald das nächste Werkstück aufgelegt werden darf.</p>				
Ablaufbeschreibung					

Nr. / ID	Req_08	Name	Weiche zu lange offen	Priorität	hoch
Beschreibung	<p>Die Weiche bleibt nur dann offenstehen, wenn ein Werkstück im Schrankenbereich ist.</p> <p>Um zu vermeiden, dass die Weiche zu lange offensteht, und so Hardwareschaden entsteht, wird nach 120 Sekunden ein Kritischer Fehler geworfen (siehe Req_02) und die Weiche in den Ruhezustand versetzt.</p>				
Ablaufbeschreibung					

Nr. / ID	Req_09	Name	Verhalten von Service Mode	Priorität	hoch
Beschreibung	<p>Es werden Selbsttests (siehe Req_12) sowie Kalibrierungen durchgeführt (siehe Req_11).</p>				
Ablaufbeschreibung					

Nr. / ID	Req_10	Name	Kalibrierungsverhalten	Priorität	hoch
Beschreibung	<p>Der HS beider Anlagen wird auf die Laufbandhöhe genullt.</p> <p>Von allen validen, unterschiedlichen Werkstücken in der geforderten Reihenfolge wird das Höhenprofil bestimmt.</p> <p>LG von beiden Anlagen blinkt schnell (10 Hz).</p> <p>Die Kalibrierung läuft wie folgt ab:</p> <p>Es liegt ein Werkstück zur selben Zeit auf. Das Werkstück wird über FST_1 und FST_2 geführt. Auf FST_1 und FST_2 wird dabei nacheinander ein Höhen- und Metalleigenschaften gemessen und Zwecks Kalibrierung gespeichert.</p> <p>Sobald das kalibrierte Werkstücke von LBE_2 entnommen wurde, kann das nächste Werkstück aufgelegt werden.</p> <p>Die Kalibrierung wird beendet, indem BSG_1 kurz gedrückt wird.</p>				
Ablaufbeschreibung					

Nr. / ID	Req_11	Name	Selbsttest verhalten	Priorität	hoch
Beschreibung	<ol style="list-style-type: none"> 1. Grüne Lampe blinkt an der betroffenen Festo-Anlage. 2. Überprüfen, ob kein Werkstück (WS) auf der Rampe liegt (LBR unterbrochen oder nicht unterbrochen). 3. Prüfen, ob der Standardwert des Höhensensors im Bereich von 9 cm (Messbereich Grenzen des Höhensensors) vorliegt. 4. Überprüfen, ob am Metallsensor ein Werkstück (WS) detektiert wird, mithilfe des LBM, an der Anlage, an der der Servicemode vorliegt. 5. Prüfen, ob die Weiche und der Auswerfer im Ruhezustand sind (Weiche: Bit-Wert 0, Auswerfer: Bit-Wert 1). 6. Im Fehlerfall blinkt die rote Lampe an der betroffenen Festo-Anlage mit einer Frequenz von 1 Hz. 				
Ablaufbeschreibung					

Nr. / ID	Req_12	Name	Reset-Funktion des Systems	Priorität	hoch
Beschreibung	<p>Der BGR muss 3 Sekunden lang gedrückt werden, um die Anlage zurückzusetzen. Annahmen über die Position der jeweiligen Werkstücke werden verworfen. Die Sortierreihenfolge wird zurückgesetzt. Danach geht das System in den Betriebszustand über.</p>				
Ablaufbeschreibung					

Tabelle 2: Mögliche Fehlerfälle

Error-ID	Name	Fehlertyp (Warning/Error)	Beschreibung
E_1	Beide Rampen sind voll	Warning	Beide Rampen sind voll. Es kann kein weiteres Werkstück aussortiert werden.
E_2	Beide Rampen sind voll beim Aussortieren	Error	Beide Rampen sind voll und es muss ein Werkstück aussortiert werden.
E_3	Werkstück wird zu früh aufgelegt	Error	Ein Werkstück wird aufgelegt, obwohl angezeigt wird, dass dies noch nicht erlaubt ist.
E_4	Werkstück verschwindet	Error	Ein Werkstück fällt vom Laufband, wird entnommen oder hängt fest.
E_5	Werkstück außerhalb des Anfangsbereiches hinzugefügt	Error	Ein zusätzlicher Stein wird auf dem Laufband unerwartet erkannt.
E_6	Werkstück hängt im Rampeneingang	Warning	Das Werkstück wurde nicht komplett von dem Laufband geschoben bzw. umgeleitet und hängt vor der Lichtschrank der Rampe fest. Durch den nächsten Stein wird sich der Fehler dann möglicherweise auflösen.
E_7	Werkstück holt vorheriges Werkstück ein	Error	Ein Werkstück wird von dem nachfolgenden Werkstück eingeholt, da dieses evtl. festhängt. Eine vernünftige Identifizierung ist nicht mehr möglich.
E_8	Weiche bleibt zu lange offen	Error	Die Weiche ist offen und überschreitet die zulässige Zeit, in der sie offen sein darf.

3.1.5 Use Cases / User Stories

3.2 Anlage: Analyse der technischen Gegebenheiten

3.2.1 Technischer Aufbau und Hardwarekomponenten

3.2.2 Werkstücke

3.2.3 Anforderungen aus dem Verhalten und technischen Besonderheiten

Lfd. Nr. / ID	Beschreibung
<HW_REQ_x>	<Beschreibung>

3.3 Softwareebene

3.3.1 Systemkontext der Software

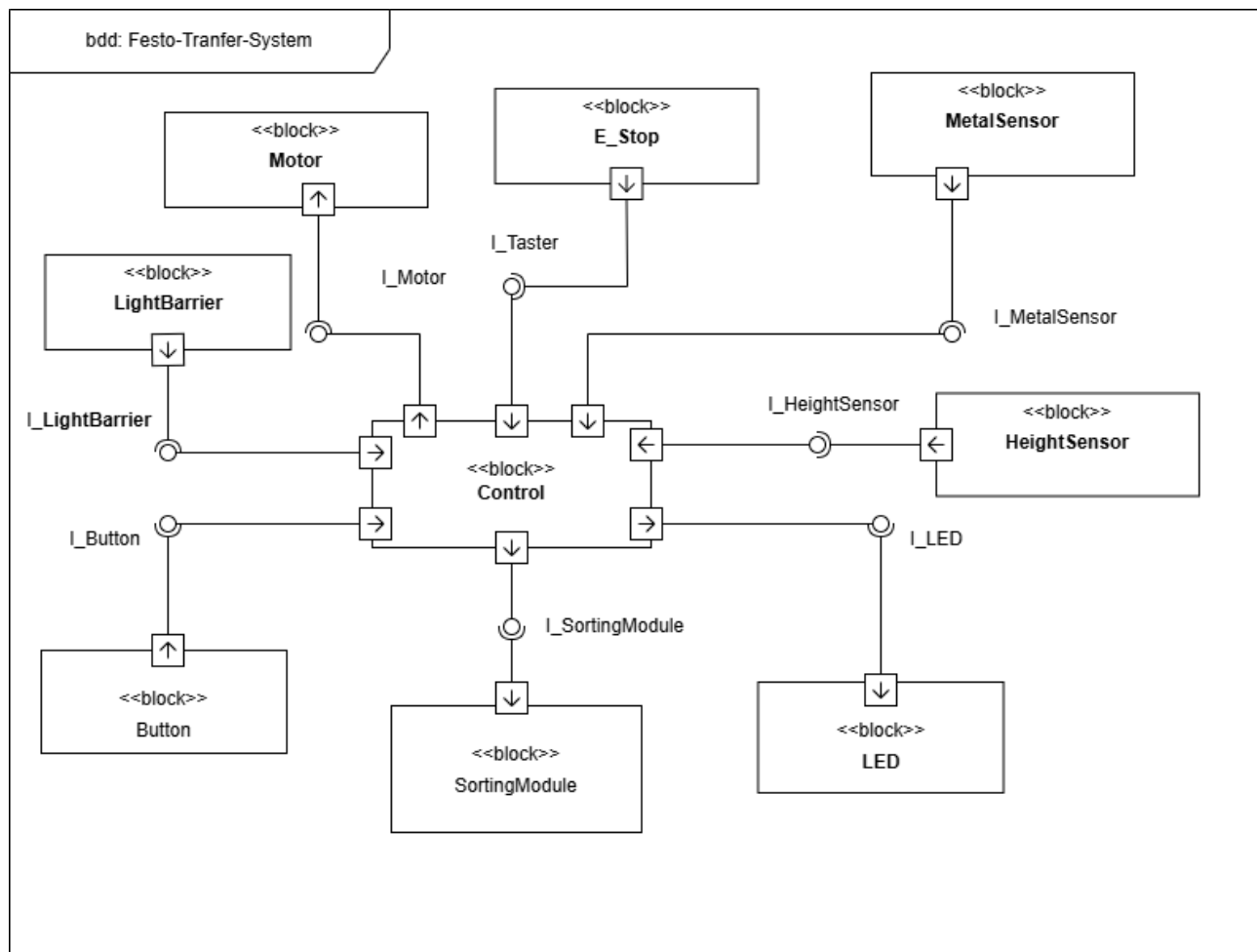


Abbildung 1: BDD Festo-Anlage

3.3.2 Resultierende Anforderungen an die Software

Lfd. Nr. / ID	Beschreibung
<SW_REQ_x>	<Beschreibung>

3.3.3 Schnittstellen: Nachrichten und Signale

4 Grobkonzept des technischen Systementwurfes

5 Software-Design

5.1 Softwarearchitektur

Für die Softwarearchitektur wurde ein Embedded Design Pattern angewendet, wobei ein Internal Block Diagram (IBD) erstellt wurde, um die Struktur und Übersicht der Steuereinheit darzustellen. Zu Beginn wurden die wesentlichen Komponenten definiert: Die Logikeinheit ist über die Schnittstelle I_Control mit der Hardware Abstraction Layer (HAL) verbunden. Die HAL fungiert als Vermittler zwischen der Steuerungslogik und der physischen Hardware und besitzt zusätzliche Schnittstellen, die direkt mit der Hardware-Ebene kommunizieren.

5.2 Softwarestruktur

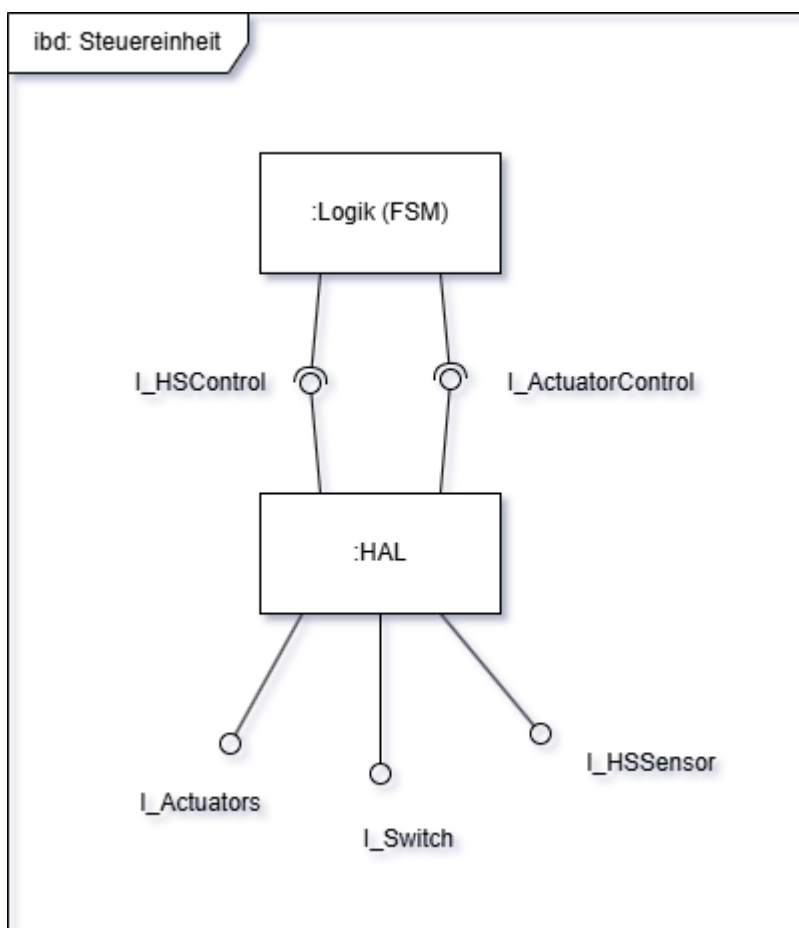


Abbildung 2 Software-Architektur Festo-Anlage

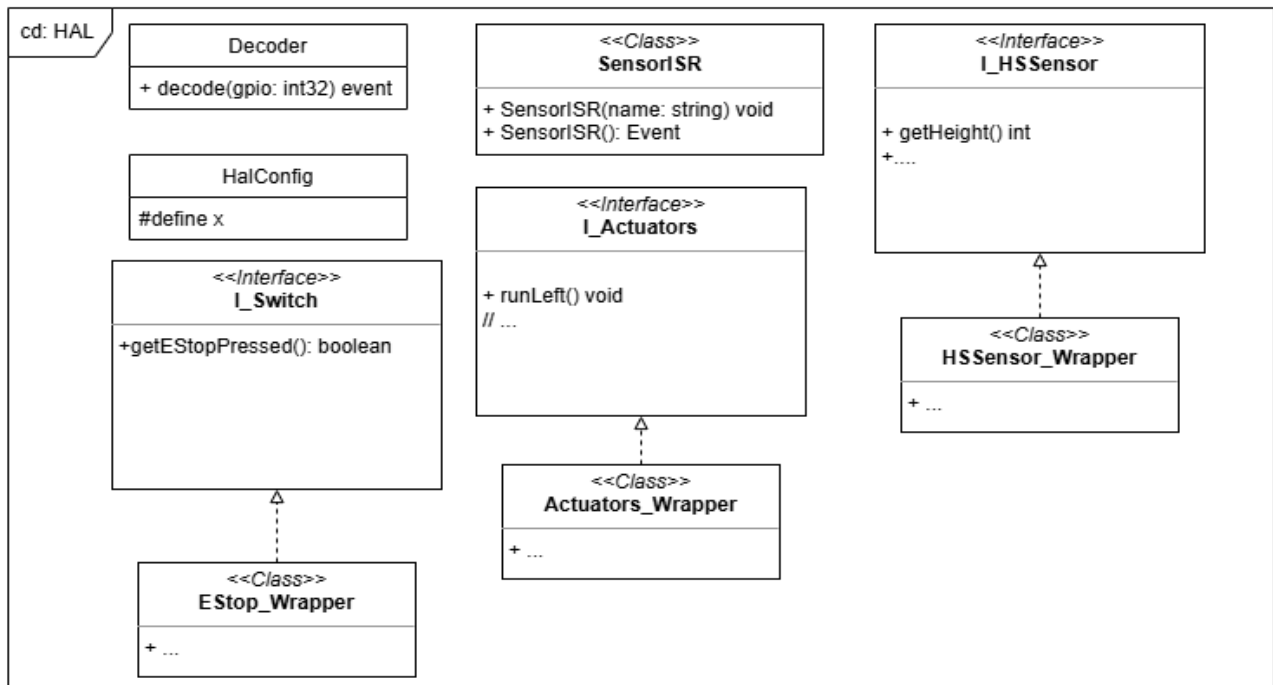
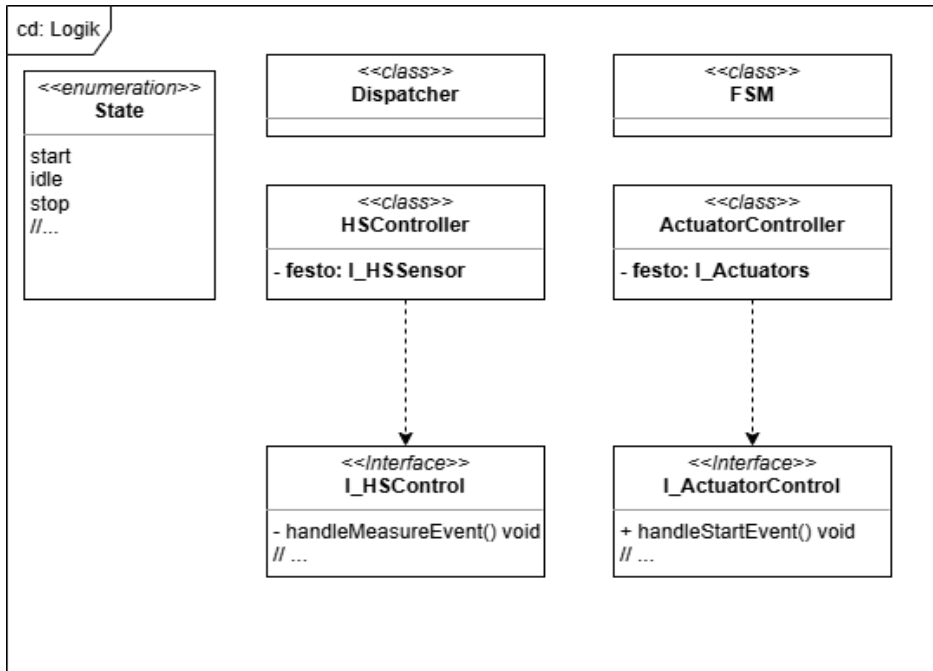


Abbildung 4 Erster Entwurf des UML-Klassendiagramm

5.3 Verhaltensmodellierung

6 Implementierung: Besonderheiten

7 Qualitätssicherung

7.1 Teststrategie

7.2 Testszenarien/Abnahmetest

1	Ein Fehlerfreies Werkstück wird auf Festo 1 aufgelegt (LBF_1 wird unterbrochen) und bis zum Ende von Festo 2 (LBE_2 wird unterbrochen) durchgelassen
Requirements:	Ein Fehlerfreies Werkstück wird aufgelegt und wird über 2 FSTs Anlagen bis zum Pick-and-Place Roboter transportiert.
Kurzbeschreibung:	Ein Fehlerfreies Werkstück wird aufgelegt und beim Unterbrechen der erstens Lichtschranke LBF_1, auf der FST_1 transportiert. Dabei erfüllt er beim HS_1 die Maßangaben und wird weitergeleitet zum MS_1, wo es ebenfalls die Maßangaben erfüllt und weiter transportiert wird. Die Weiche geht auf/der Werfer bleibt still und lässt das Werkstück weiter bis LBE_1 durch. LBE_1 wird unterbrochen und FST_2 erwartet das Werkstück. Hierbei verfährt es wie auf FST_1. LBF_2 wird unterbrochen und wird weiter zum HS_2 transportiert und akzeptiert bis hin zu MS_2, wo es ebenfalls akzeptiert wird. Weiche geht auf/Auswerfen bleibt still. Werkstück erreicht LBE_2 und wird vom Pick-and-Place Roboter entnommen
Vorbedingungen:	Das System ist betriebsbereit und die Bänder stehen. Rutschen dürfen voll oder leer sein. Mit Fehlerfrei ist ein Werkstück gemeint, dass in der Reihenfolge als nächstes erwartet wird und alle Maßangaben erfüllt.

Schritt	Aktion	Erwartung	Erfüllt
1	Start Buttons wird bestätigt	Beide Festo anlagen gehen in den Betriebszustand und beide Ampeln leuchten Grün	
2	Werkstück wird in LBF_1 aufgelegt	FST_1 Motor startet	
3	Werkstück unterbricht HS_1	FST_1 Motor wird verlangsamt	
4	Werkstück verlässt HS_1	FST_1 Motor wird beschleunigt	
5	Werkstück unterbricht LBM_1	Erkennung des Metalls -> Weiche geht auf (Für eine bestimmte Zeit?) / Auswerfen steht still	
6	Werkstück verlässt LBM_1	Weiche/Auswerfer lässt Werkstück passieren	
7	Werkstück entfernt sich von der Weiche/Auswerfer (mithilfe eines Timers)	Weiche schließt sich (Werkstück bleibt nicht stecken)	
8	Werkstück unterbricht LBE_1	FST_2 Motor startet	
9	Werkstück unterbricht LBF_2	FST_1 Motor stoppt	
10	Werkstück unterbricht HS_2	FST_2 Motor wird verlangsamt	
11	Werkstück verlässt HS_2	FST_2 Motor wird beschleunigt	
12	Werkstück unterbricht LBM_2	Erkennung des Metalls -> Weiche geht auf (Für eine bestimmte Zeit?) / Auswerfen steht still	
13	Werkstück verlässt LBM_2	Weiche/Auswerfer lässt Werkstück passieren	
14	Werkstück entfernt sich von der Weiche/Auswerfer (mithilfe eines Timers)	Weiche schließt sich (Werkstück bleibt nicht stecken)	
15	Werkstück unterbricht LBE_2	FST_2 Motor stopp	

2	E-Stopp verhalten
Requirements:	Ein ernster Fehler ist auf beiden Festo Anlagen aufgetreten und muss mithilfe des E-Stopps aufgehoben werden
Kurzbeschreibung:	Während des Betriebs, insbesondere beim Transportieren von Werkstücken von FST_1 zu FST_2, kann ein Fehler auftreten, der mittels E-Stop gestoppt werden muss. Nach Betätigung des E-Stops wird die Anlage in den Ruhezustand versetzt: Die Weiche schließt, der Auswerfer fährt ein, und der Motor stoppt. Die Anlage bleibt im Ruhezustand, bis der Fehler behoben und der E-Stop quittiert wird.
Vorbedingungen:	Die Sortieranlage ist korrekt kalibriert und befindet sich im Betriebszustand. Auf den Anlagen FST_1 und FST_2 können sich Werkstücke befinden, müssen es aber nicht. Alle Bedientasten und Sicherheitsfunktionen sind funktionsfähig. Ein FW-Werkstück bezeichnet ein Werkstück, das alle Maßangaben und die Sortierreihenfolge einhält.

Schritt	Aktion	Erwartung	Erfüllt
1	Start Button wird gedrückt	Beide Festo anlagen gehen in den Betriebszustand und beide Ampeln leuchtete Grün	
2	Ein FW-Werkstück, das der Sortierreihenfolge entspricht, wird auf LBF_1 aufgelegt, wodurch dieses unterbrochen wird.	FST_1 Motor startet	
3	Werkstück erreicht HS_1	FST_1 Motor wird langsam	
4	Werkstück verlässt HS_1	FST_1 Motor wird auf Normalbetrieb gestellt Höhensensor erfasst richtige Daten	
5	Werkstück erreicht LBM_1	MS_1 erkennt Metall und Weiche geht auf	
6	E-Stopp wird bestätigt	Beide Motoren (FST_1 und FST_2) stoppen, und die Weiche schließt sich, während sich das Werkstück weiterhin auf LBM_1 befindet. Der Sensor MS_1 erkennt nach wie vor Metall. Beide grünen Ampeln erlöschen, während die gelben Ampeln dauerhaft leuchten. Gleichzeitig blinken beide roten Ampeln mit einer Frequenz von 1 Hz schnell.	

3	Verhalten der Anlage, wenn im laufenden Betrieb ein Werkstück zwischen den Sensoren platziert, wird
Requirements:	Ein Werkstück wird zwischen zwei Sensoren platziert
Kurzbeschreibung:	Im laufenden Betrieb wird ein Werkstück auf FST_1 oder FST_2 zwischen zwei Sensoren platziert, z. B. zwischen LBF_X und HS_X, HS_X und LBM_X oder LBM_X und LBE_X (wobei X für 1 oder 2 steht, da dies für beide gilt). Die Anlage soll daraufhin die betroffene FST-Anlage stoppen und den Fehler durch die rote Ampel kennzeichnen.
Vorbedingungen:	Die Sortieranlage ist korrekt kalibriert und betriebsbereit. Beide Rampen können entweder voll oder leer sein. Auf beiden Anlagen dürfen sich keine Werkstücke befinden. Ein FW-Werkstück bezeichnet ein Werkstück, das alle Maßangaben und die Sortierreihenfolge einhält.

Schritt	Aktion	Erwartung	Erfüllt
1	Start Button wird gedrückt	Beide Festo anlagen gehen in den Betriebszustand und beide Ampeln leuchtete Grün	
2	Ein FW-Werkstück, das der Sortierreihenfolge entspricht, wird auf LBF_1 aufgelegt, wodurch dieses unterbrochen wird.	FST_1 Motor startet	
3	Werkstück erreicht HS_1	FST_1 Motor wird langsam	
4	Werkstück verlässt HS_1	FST_1 Motor wird auf Normalbetrieb gestellt Höhensensor erfasst richtige Daten	
5	Ein zweites Werkstück wird zwischen LBF_1 und HS_1 aufgelegt	FST_1 Motor fährt weiter	
6	Das zweite Werkstück erreicht HS_1 schneller als das erste Werkstück MS_1.	Der Motor von FST_1 stoppt, und die Ampel beginnt schnell rot zu blinken (1 Hz), was auf einen anstehenden unquitierten Fehler hinweist.	

4	Verhalten der Anlage bei der Entfernung von Werkstücken im laufenden Betrieb.
Requirements:	Im laufenden Betrieb wird ein Werkstück zwischen den Sensoren entfernt.
Kurzbeschreibung:	Während des aktiven Betriebs der Anlagen wird ein Werkstück zwischen den Sensoren entfernt, z. B. zwischen LBF_X und HS_X, HS_X und LBM_X oder LBM_X und LBE_X (wobei X für 1 oder 2 steht, da dies für beide gilt). In diesem Fall wird ein Fehler erkannt und durch ein schnelles Blinken der roten Ampel (1 Hz) gekennzeichnet.
Vorbedingung	Die Sortieranlage ist korrekt kalibriert und betriebsbereit. Beide Rampen können entweder voll oder leer sein. Auf beiden Anlagen dürfen sich keine Werkstücke befinden.

Schritt	Aktion	Erwartung	Erfüllt
1	Start Button wird gedrückt	Beide Festo anlagen gehen in den Betriebszustand und beide Ampeln leuchtete Grün	
2	Werkstück wird auf FST_1 aufgelegt und unterbricht somit LBF_1	FST_1 Motor startet	
3	Werkstück verlässt FST_1	FST_1 Motor bleibt weiterhin in Betrieb und transportiert das Werkstück weiter in Richtung HS_1.	
4	Werkstück wird im aktiven Betrieb entfernt, bevor es HS_1 erreicht hat.	Nach einer bestimmten Zeit stoppt FST_1, und die rote Ampel beginnt schnell zu blinken (1 Hz).	

5	Ein Werkstück, das nicht den Maßangaben (Höhenprofil) entspricht wird aussortiert
Requirements:	Ein Werkstück mit falschen Höhenprofil wird platziert
Kurzbeschreibung:	Während des aktiven Betriebs der FST-Anlage wird ein Werkstück vom Höhensensor erkannt, das nicht den vorgegebenen Maßangaben entspricht. Die FST-Anlage markiert das Werkstück als fehlerhaft und sortiert es bei LBM_X (wobei X für 1 oder 2 steht) mithilfe der Weiche oder des Auswerfers aus.
Vorbedingung:	Die Sortieranlage ist korrekt kalibriert und betriebsbereit. Beide Rampen dürfen nicht voll sein (LBR_1 und LBR_2 dürfen nicht unterbrochen werden). Auf beiden Anlagen dürfen sich keine Werkstücke befinden. Ein FHP-Werkstück ist ein Werkstück, das nicht dem vorgegebenen Höhenprofil entspricht.

Schritt	Aktion	Erwartung	Erfüllt
1	Start Button wird gedrückt	Beide Festo anlagen gehen in den Betriebszustand und beide Ampeln leuchtete Grün	
2	Ein FHP-Werkstück wird auf FST_1 aufgelegt und unterbricht dadurch LBF_1.	FST_1 Motor startet	
3	FHP-Werkstück erreicht HS_1	FST_1 Motor wird langsam	
4	FHP-Werkstück verlässt HS_1	FST_1 Motor wird wieder beschleunigt	
5	FHP-Werkstück erreicht LBM_1	Der Auswerfer wird aktiviert und stößt das FHP-Werkstück in die Rampe. Die Weiche bleibt geschlossen, und das FHP-Werkstück wird in die Rampe umgeleitet.	

6	Verhalten der Anlage beim Aussortieren eines Werkstücks, das nicht der Sortierreihenfolge entspricht
Requirements:	Im aktiven Betrieb wird ein Werkstück erkannt, das dem Höhenprofil entspricht, aber nicht der Sortierreihenfolge, und wird dementsprechend aussortiert.
Kurzbeschreibung:	Während der Betriebsphase wird ein Werkstück, das den Maßangaben des Höhenprofils entspricht, vom Hözensensor erfasst und als korrekt markiert. Beim Erreichen von LBM_X (wobei X für 1 oder 2 steht) wird jedoch erkannt, dass kein Metall vorzufinden ist, obwohl erwartet wird, dass ein Werkstück mit Metall vorhanden ist. Das Werkstück wird daraufhin vom Auswerfer oder der Weiche aussortiert.
Vorbedingung:	Die Sortieranlage ist korrekt kalibriert und betriebsbereit. Beide Rampen dürfen nicht voll sein (LBR_1 und LBR_2 dürfen nicht unterbrochen werden). Auf beiden Anlagen dürfen sich keine Werkstücke befinden. Die Anlage erwartet ein MB-Werkstück (Werkstück mit Metallbohrung). Werkstücke mit einer Bohrung ohne Metall werden als NMB-Werkstück gekennzeichnet.

Schritt	Aktion	Erwartung	Erfüllt
1	Start Button wird gedrückt	Beide Festo anlagen gehen in den Betriebszustand und beide Ampeln leuchtete Grün	
2	Ein NMB-Werkstück wird auf FST_1 aufgelegt und unterbricht dadurch LBF_1.	FST_1 Motor startet	
3	NMB-Werkstück erreicht HS_1	FST_1 Motor wird langsam	
4	NMB-Werkstück verlässt HS_1	FST_1 wird beschleunigt	
5	NMB-Werkstück erreicht LBM_1	FST_1 Motor aktiv	
6	NMB-Werkstück ist unter MS_1	MS_1 erkennt kein Metall und wird vom Auswerfer/Weiche aussortiert	

7	Ein Fehlerhafter Werkstück wird auf FST_2 aussortiert, da die Rampe von FST_1 voll ist
Requirements:	Ein Fehlerhaftes Werkstück wird auf FST-2 aussortiert
Kurzbeschreibung:	Im aktiven Betrieb beider FST-Anlagen wird erkannt, dass die Rampe von FST_1 voll ist, was durch eine gelb leuchtende Ampel angezeigt wird. Der Betrieb wird jedoch fortgesetzt, da die Rampe von FST_2 leer ist. Obwohl das Werkstück fehlerhaft ist, wird es von FST_1 durchgelassen und gelangt bis FST_2, wo es dann aussortiert wird.
Vorbedingung:	Die Sortieranlage ist korrekt kalibriert und betriebsbereit. Die Rampe von FST_1 ist voll und wird durch eine gelb blinkende Ampel angezeigt. Die Rampe von FST_2 ist leer. Auf beiden Anlagen dürfen sich keine Werkstücke befinden. Ein F-Werkstück bezeichnet ein Werkstück, das keinerlei der erwarteten Maßangaben entspricht.

Schritt	Aktion	Erwartung	Erfüllt
1	Start Button wird gedrückt	Beide Festo anlagen gehen in den Betriebszustand und beide Ampeln leuchtete Grün, die gelbe Ampel blinkt auf der FST_1	
2	Ein F-Werkstück wird am Anfang von FST_1 platziert, sodass es LBF_1 unterbricht	FST_1 Motor startet	
3	Ein F-Werkstück erreicht HS_1	FST_1 Motor wird langsam	
4	Ein F-Werkstück verlässt HS_1	FST_1 Motor wird beschleunigt	
5	Ein F-Werkstück erreicht LBM_1	FST_1 Motor weiterhin aktiv	
6	Ein F- Werkstück unter MS_1	MS_1 erkennt kein Metall, Weiche geht auf/Auswerfer steht still	
7	Ein F-Werkstück verlässt LBM_1 und MS_1	Werkstück passiert die Weiche/Auswerfer und wird weiter transportiert zu LBE_1	
8	F-Werkstück unterbricht LBE_1	FST_1 Motor transportiert Werkstück zu FST_2	
9	F-Werkstück unterbricht LBF_2	FST_1 Motor stoppt und FST_2 Motor startet	
10	F-Werkstück erreicht HS_2	FST_2 Motor wird langsamer	
11	F-Werkstück verlässt HS_2	FST_2 Motor wird beschleunigt	
12	F-Werkstück erreicht LBM_2	F-Werkstück wird vom Auswerfer/Weiche aussortiert	

7.3 Testprotokolle und Auswertungen

8 Technische Schulden

9 Lessons Learned

10 Anhang

10.1 Glossar

X: 1 / 2

10.2 Abkürzungen

Systemnummer/Festo Nr. (FST)	Vollständiger Name	Kürzel
FST_1	Lightbarrier_Front	LBF_1
FST_1	Lightbarrier_End	LBE_1
FST_1	Lightbarrier_Ramp	LBR_1
FST_1	Lightbarrier_Metallsensor	LBM_1
FST_1	Heightsensor	HS_1
FST_1	Metalsensor	MS_1
FST_1	Sortingmodule	SM_1
FST_1	Motor	M_1
FST_1	Lamp	L_1
FST_1	Lamp_Green	LG_1
FST_1	Lamp_Yellow	LY_1
FST_1	Lamp_Red	LR_1
FST_1	Butto_Green_Start	BGS_1
FST_1	Button_Red_Stop	BRS_1
FST_1	Button_Grey_Reset	BGR_1
FST_1	SortingDiverter	SD_1
FST_1	SortingEjector	SE_1
FST_1	Switch_EStop	SES_1
FST_2	Lightbarrier_Front	LBF_2
FST_2	Lightbarrier_End	LBE_2
FST_2	Lightbarrier_Ramp	LBR_2
FST_2	Lightbarrier_Metallsensor	LBM_2
FST_2	Heightsensor	HS_2
FST_2	Metalsensor	MS_2
FST_2	Sortingmodule	SM_2
FST_2	Motor	M_2
FST_2	Lamp	L_2
FST_2	Lamp_Green	LG_2
FST_2	Lamp_Yellow	LY_2
FST_2	Lamp_Red	LR_2
FST_2	Butto_Green_Start	BGS_2
FST_2	Button_Red_Stop	BRS_2
FST_2	Button_Grey_Reset	BGR_2
FST_2	SortingDiverter	SD_2
FST_2	SortingEjector	SE_2
FST_2	Switch_EStop	SES_2
FST	Lightbarrier_Front	LBF
FST	Lightbarrier_End	LBE
FST	Lightbarrier_Ramp	LBR
FST	Lightbarrier_Metallsensor	LBM
FST	Heightsensor	HS
FST	Metalsensor	MS
FST	Sortingmodule	SM
FST	Motor	M
FST	Lamp	L
FST	Lamp_Green	LG
FST	Lamp_Yellow	LY

FST	Lamp_Red	LR
FST	Butto_Green_Start	BGS
FST	Button_Red_Stop	BRS
FST	Button_Grey_Reset	BGR
FST	SortingDiverter	SD
FST	SortingEjector	SE
FST	Switch_EStop	SES