

# Aufgabe ESEP

Prof. Dr. Wolfgang Fohl  
Prof. Dr. Thomas Lehmann  
Prof. Dr. Stephan Pareigis

Sommersemester 2018

## 1. Aufgabenstellung

Bauen Sie aus zwei Förderbandmodulen (Festo-Transfersystem) eine **Werkstück-Sortieranlage**. Jedes Förderbandmodul wird durch einen eigenen Steuerungscomputer (Embedded System) gesteuert. Die beiden Computer sind über eine serielle Schnittstelle gekoppelt.

Für die Implementierung der Grundfunktionalität wird ein 4er-Team benötigt. Bei einem größeren Team sind, in Absprache mit der Betreuung, Zusatzfunktionalitäten zu realisieren.

## 2. Anforderungen

Im Folgenden sind die zu erfüllenden Anforderungen aufgeführt. Zur besseren Referenzierung sind die Aussagen am Ende mit einer fortlaufenden Nummer versehen.

Trotz des Umfangs dieses Dokumentes sind die Anforderungen *unterspezifiziert* oder vielleicht auch *widersprüchlich*. Ein Teil Ihrer Tätigkeit besteht also darin, mit Ihrer Betreuung die Spezifikation zu *präzisieren*.

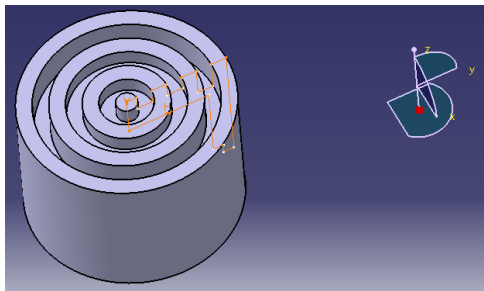
Alle Absprachen sind schriftlich festzuhalten!

### 2.1. Grundfunktionalität Sortieren

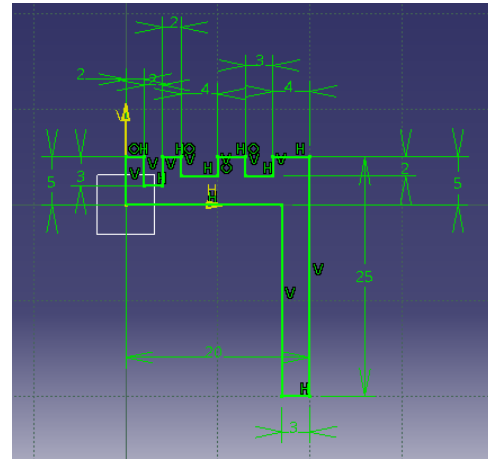
Die Sortieranlage soll Werkstücke so sortieren, dass Werkstücke mit bestimmten Eigenschaften in die Rutschen aussortiert werden und am Ende von Förderbandmodul 2 Werkstücke in einer vorgegebenen Reihenfolge ankommen<sub>(1)</sub>. Es gibt dabei vier Typen von Werkstücken, die auch unterschiedlich auf das Band des Förderbandmodul 1 gelegt werden können<sub>(2)</sub>.

- Flache Werkstücke<sub>(3)</sub>
- Werkstücke mit Bohrung und Metalleinsatz<sub>(4)</sub>.

- Werkstücke mit Bohrung ohne Metalleinsatz<sub>(5)</sub>.
- Werkstücke mit Ringen auf der Oberseite<sub>(6)</sub>. Die Ringe stellen eine binär-codierte Typkennung dar (vgl. Abb. 1)<sub>(7)</sub>. Ein mitteltiefer Ring stellt eine logische 0 dar, ein tiefer Ring eine logische 1<sub>(8)</sub>.



(a) 3D-Ansicht



(b) Schnitt durch Werkstück

Abbildung 1: Prinzipieller Aufbau der codierten Werkstücke

Ziel der Sortierung ist es, dass am Ende von Förderbandmodul 2 die uncodierten Werkstücke vereinzelt in der Reihenfolge Bohrung oben mit Metall → Bohrung oben ohne Metall → Bohrung oben ohne Metall ankommen<sub>(9)</sub>.

Für die anderen Werkstücke gelten folgende Sortierregeln<sub>(10)</sub>:

1. Flache Werkstücke sollen auf Förderbandmodul 1 erkannt und aussortiert werden<sub>(11)</sub>.
2. Werkstücke, die die Bohrung unten haben, sollen auf beiden Förderbandmodulen erkannt und aussortiert werden<sub>(12)</sub>.
3. Werkstücke, die nicht der gewünschten Reihung entsprechen, sollen auf Förderbandmodul 2 erkannt und aussortiert werden<sub>(13)</sub>.
4. Bei binär-codierten Werkstücken sollen die Werkstücke mit der Typkennung 1 und 4 auf dem Förderbandmodul 1 aussortiert werden<sub>(14)</sub>.
5. Bei binär-codierten Werkstücken sollen die Werkstücke mit der Typkennung 2 und 7 auf dem Förderbandmodul 2 aussortiert werden<sub>(15)</sub>.

Weiterhin ist zu beachten:

- Die Zuführung erfolgt durch Einlegen des Werkstücks am Anfang des Bandes von Förderbandmodul 1<sub>(16)</sub>. Die Lichtschranke wird hierdurch unterbrochen<sub>(17)</sub>.
- Es dürfen stets Werkstücke auf das Band gelegt werden, wenn der Anfang von Förderbandmodul 1 frei ist<sub>(18)</sub>. Auf diesem Förderbandmodul können sich also mehrere Werkstücke befinden<sub>(19)</sub>.

- Die Übergabe an das Förderbandmodul 2 soll *vereinzelt* erfolgen: Es wird nur ein Werkstück auf Förderbandmodul 2 transferiert, wenn das Band frei ist<sub>(20)</sub>.
- Bei der Übergabe des Werkstücks von Förderbandmodul 1 auf Förderbandmodul 2 kann es passieren, dass die Werkstücke sich "überschlagen", d. h. eine oben liegende Bohrung liegt dann auf Förderbandmodul 2 unten<sub>(21)</sub>.
- Auf beiden Bändern sollen die Werkstücke *langsam* durch die Höhenmessung transportiert werden<sub>(22)</sub>. Der gleichmäßig langsame Transport ist gegebenenfalls für die Oberflächenabtastung erforderlich<sub>(23)</sub>.
- Es darf kein Werkstück von den Bändern fallen<sub>(24)</sub>.
- Wenn ein Werkstück das Ende von Förderbandmodul 2 erreicht, sollen auf der Konsole folgende Werkstückdaten ausgegeben werden<sub>(25)</sub>:
  - Werkstück-ID<sub>(26)</sub>
  - Typ<sub>(27)</sub>
  - Höhenmesswert an Förderbandmodul 1<sub>(28)</sub>
  - Höhenmesswert an Förderbandmodul 2<sub>(29)</sub>

Die Werkstück-ID vergibt Ihr System beim Erkennen des Werkstücks am Anfang von Förderbandmodul 1<sub>(30)</sub>. Im Regelfall (wenn das Werkstück mit der Bohrung nach oben eingelegt wurde), ist auch der Typ schon nach Durchlauf von Förderbandmodul 1 bekannt<sub>(31)</sub>.

Wird ein Werkstück mit einer binär-codierten Typkennung erkannt, so ist auf der Konsole der jeweiligen Anlage folgende Daten auszugeben<sub>(32)</sub>:

- Zeitstempel der Erkennung<sub>(33)</sub>
  - Werkstück-ID<sub>(34)</sub>
  - Binärcode<sub>(35)</sub>
  - Höhen-Messwert<sub>(36)</sub>
- Beide Bänder sollen jeweils stoppen, wenn sich kein Werkstück auf ihnen befindet<sub>(37)</sub>.
  - Ist die Rutsche auf Förderbandmodul 1 voll, so soll die Aussortierung über Förderbandmodul 2 erfolgen<sub>(38)</sub>. Umgekehrt, ist die Rutsche auf Förderbandmodul 2 voll, so soll die Aussortierung bereits auf Förderbandmodul 1 erfolgen<sub>(39)</sub>. Diese Situation ist dem Bediener zu signalisieren<sub>(40)</sub>. Die Bedingung an die Reihenfolge am Ende von Förderbandmodul 2 muss weiterhin eingehalten werden<sub>(41)</sub>.

**Ansteuerung der Weiche:** Die Weichen sind im stromlosen Zustand *geschlossen*<sub>(42)</sub>. Beim Öffnen fließt Strom durch die Magnetspule, die die Weiche betätigt<sub>(43)</sub>. Wenn der Strom zu lange fließt, überhitzt die Spule, und die Weiche wird beschädigt<sub>(44)</sub>.

**Daher bitte die Weichen *nicht minutenlang* auf Durchgang stellen<sub>(45)</sub>!**

**Höhenmessung:** Der Laser der Höhenmessung ist gegenüber der Senkrechten in Richtung Bandanfang verkippt<sub>(46)</sub>. Die Verkipfung ist für das Funktionieren des Messverfahrens erforderlich (Blendung)<sub>(47)</sub>.

## 2.2. Fehlererfassung

Folgende Fehlerzustände beim Betrieb der Anlage sollen erfasst werden:

- Verschwinden von Werkstücken<sub>(48)</sub>.  
**Reaktion:** Bandstopp, Fehlermeldung
- Hinzufügen von Werkstücken mitten auf dem Band<sub>(49)</sub>.  
**Reaktion:** Bandstopp, Fehlermeldung
- Beide Rutschen voll<sub>(50)</sub>.  
**Reaktion** Bandstopp, Fehlermeldung

Lassen Sie sich etwas intelligentes einfallen, wie Sie nach Erkennung und Behebung eines Fehlers weitermachen wollen<sub>(51)</sub>.

## 2.3. Bedientaster

Die Bedientaster haben folgende Funktion<sub>(52)</sub>:

- **Start** Anlage wechselt in den Betriebszustand<sub>(53)</sub>. Wird der Taster lange gedrückt, kommt die Anlage in einen Service-Mode und führt beispielsweise Kalibrierungen oder Selbsttests durch<sub>(54)</sub>.
- **Stop** Die Anlage wechselt wieder in den Ruhezustand<sub>(55)</sub>. Der Wechsel ist nur möglich, wenn keine Fehler oder Warnungen vorliegen<sub>(56)</sub>.
- **Reset** Fehlerquittierung (siehe unten)<sub>(57)</sub>.
- **E-Stopp** Schnellabschaltung. Wird der E-Stopp-Schalter gedrückt, steht die *ganze* Anlage still, ähnlich einem Not-Aus<sub>(58)</sub>. Es steht also auch das Förderbandmodul still, an dessen Bedienpanel der E-Stopp-Schalter *nicht* gedrückt wurde<sub>(59)</sub>. Wenn der Schalter anschließend wieder herausgezogen wird, bleibt die Anlage weiterhin so lange stehen, bis der Reset-Taster gedrückt wurde<sub>(60)</sub>.

Geben Sie dem Benutzer Hinweise zur Bedienung der Anlage über die LEDs an den Tastern<sub>(61)</sub>.

## 2.4. Zustandsanzeigen

Die farbigen Anzeigeleuchten signalisieren folgende Anlagenzustände<sub>(62)</sub>:

**Grün** Betriebszustand soll die Lampe dauerhaft leuchten<sub>(63)</sub>. Im Service-Mode soll die Lampe blinken<sub>(64)</sub>.

**Gelb** Blinklicht bei Warnungen<sub>(65)</sub>.

**Rot** Fehler- und Quittierungszustand<sub>(66)</sub>:

Bei Fehlermeldesystemen müssen unterschiedliche Zustände signalisiert werden<sub>(67)</sub>. Wenn ein Fehler neu aufgetreten ist, hat er den Zustand *anstehend unquittiert*<sub>(68)</sub>. Nun sieht ein Bediener den Fehler (der immer noch ansteht), und teilt dies dem

Meldesystem durch Drücken der *Quittierungstaste* mit<sub>(69)</sub>. Der Fehler wechselt in den Zustand *anstehend quittiert*<sub>(70)</sub>. Wenn nun der Fehler behoben wird, der Fehler-Signaleingang (siehe unten) also den Wert *OK* hat, wechselt der Fehler in den Zustand *OK*<sub>(71)</sub>. Dieser Zustand wird nicht gesondert angezeigt<sub>(72)</sub>. Weiterhin ist noch denkbar, dass sich der Fehler von selbst repariert, ohne dass das Bedienpersonal ihn zur Kenntnis genommen hat<sub>(73)</sub>. Dies ist der Zustand *gegangen unquittiert*<sub>(74)</sub>.

In dieser vollen Breite lässt sich die Fehlersignalisierung nur durchführen, wenn es einen allgemeinen *Signaleingang* gibt, der einen Fehler signalisiert<sub>(75)</sub>.

Die Anzeige für aufgetauchte/verschwundene Werkstücke geht nach dem Drücken der Quittungstaste direkt in den Zustand *OK*<sub>(76)</sub>.

Die Fehlerzustände sollen folgendermaßen signalisiert werden<sub>(77)</sub>:

**kein Fehler** Leuchte aus<sub>(78)</sub>

**anstehend unquittiert** schnelles Blinken (1 Hz)<sub>(79)</sub>

**anstehend quittiert** dauerhaft leuchten<sub>(80)</sub>

**gegangen unquittiert** langsames Blinken (0,5 Hz)<sub>(81)</sub>

### 3. Erweiterte Anforderungen

Ist ein Team größer als vier Studierende, so wird die zusätzliche Kapazität durch Zusatzfunktionalität kompensiert. Die folgenden Anforderungen stellen mögliche Erweiterungen dar. Die jeweils für das Team relevante Funktionalität ist mit der Betreuung abzusprechen.

Auch hier gilt, alle Absprachen sind schriftlich festzuhalten!

#### 3.1. Farberkennung

Mittels einer Kamera soll auf dem Förderbandmodul 1 an der Weiche die Farbe des Werkstücks erkannt werden<sub>(82)</sub>. Die Farbe ist dann Teil der Werkstückdaten und hat keinen Einfluss auf die Sortierung<sub>(83)</sub>.

Für die Farberkennung ist eine Anlage mit einer Kamerahalterung und Farbtafeln für die dynamische Farbwertkalibrierung ausgestattet<sub>(84)</sub>. Als Kamerasysteme stehen eine Pixy-Cam oder ein Raspberry Pi mit Kamera zur Verfügung<sub>(85)</sub>. In beiden Systemen ist bereits eine Farberkennung implementiert<sub>(86)</sub>. Aufgabe ist, diese Systeme zu integrieren<sub>(87)</sub>.

#### 3.2. Embedded Recorder/Replay

Alle Eingangssignale in ihre Software sollen durch den Embedded Recorder aufgezeichnet werden<sub>(88)</sub>. Die Abspeicherung soll für Menschen lesbar erfolgen<sub>(89)</sub>. Hierdurch kann im Fehlerfall eine genaue Analyse der Signalreihenfolge durchgeführt werden<sub>(90)</sub>.

Ihre Software soll dann durch ein Zusatzelement diese Aufzeichnung einlesen und die Daten in der Reihenfolge, und falls erforderlich Timing, in die Software einspeisen (Replay)<sub>(91)</sub>. Hierdurch kann dann mittels Debugger das System beobachtet und Fehler gefunden werden<sub>(92)</sub>.

Die Codierung der aufgezeichneten Sequenzen sollen so aufgebaut werden, dass auch Sequenzen von Hand erstellt werden können<sup>(93)</sup>. Die Funktionalität der Software soll dann über den Replay-Mechanismus mit diesen künstlichen Sequenzen getestet werden<sup>(94)</sup>.

## 4. Projektablauf

Zu den Praktikumsterminen soll der Projektfortschritt ihrer Betreuung demonstriert werden. Da Sie vermutlich nach einem agilen Prozess vorgehen, ist die jeweilige Funktionalität mit ihrer Betreuung abzustimmen. Die nachfolgende Liste ist größtenteils eine Empfehlung aus der Erfahrung der vergangenen Semester. Einige Punkte sind Pflicht und so gekennzeichnet.

Im Laufe des Praktikums sind an bestimmten Terminen Berichte abzuliefern. Die Berichte sind Pflicht und sollen jeweils zum Beginn des Praktikumstermins vorliegen.

Die Aufwände der Teams sollen erfasst werden. Die Tracking-Daten sollen zu jedem Praktikumstermin aktuell sein.

### 4.1. Projektabnahme

Folgende Leistungen müssen für den erfolgreichen Abschluss erbracht werden:

- Die Dokumente lagen pünktlich vor und wurden abgenommen.
- Tracking-Daten liegen vor.
- Implementierung entspricht dem dokumentierten Design.
- Die Funktionalität am Ende des Praktikums ist in ausreichendem Umfang umgesetzt.

Das Praktikum kann durch die Betreuung ggf. vorzeitig abgebrochen werden, wenn der Projektfortschritt als nicht ausreichend angesehen wird. Es soll hierdurch verhindert werden, dass weiterhin Zeit investiert wird, die nicht zu einem erfolgreichen Abschluss führen wird.

### 4.2. Praktikumstermine

#### 4.2.1. Praktikumstermin 0 (Ende zweite Vorlesungswoche)

Pflicht:

- Sie haben ein Team gebildet.
- Die Codeverwaltung ist in Gitlab der Informatik aufgesetzt. Ihre Betreuung hat Zugriff auf das Repository.
- Im Repository ist ein README.md angelegt, in dem die Namen der Teammitglieder mit E-Mail-Adresse eingetragen sind.

#### 4.2.2. 1. Praktikumstermin

Pflicht (Ende Praktikumstermin):

- Programmierung
  - Sie haben ein Projekt in Momentics aufgesetzt.
  - Sie können die Anlage ansprechen und beispielsweise die Ampel ansteuern.

#### 4.2.3. 2. Praktikumstermin

Empfehlung:

- Analyse des Anlagenverhaltens
- Serielle Schnittstelle lauffähig
  - Übermitteln von Daten über die serielle Schnittstelle
  - Test der seriellen Kommunikation
- Aktorik kann über eine HAL angesteuert werden.

#### 4.2.4. 3. Praktikumstermin

Pflicht: Sie legen zu Beginn des Praktikumstermins ein Dokument über die Ergebnisse ihrer Analysen vor. Das Dokument sollte Modellfragmente aus der Anforderungsanalyse enthalten, Ergebnisse aus der Analyse des Systems sowie einen Use Case über die Benutzung der Sortieranlage mit einem zugehörigen Abnahmetest.

Empfehlung:

- Architektur und Design werden ausgearbeitet.
  - Konzept für die Weiterleitung der Sensorsignale zu verarbeitenden Komponenten
  - Geeignetes Pattern/Design für die Verarbeitung der Sensordaten ausgewählt
  - Modellierung der Anlagensteuerung beider Förderbänder mit Zustandsautomaten oder Petri-Netzen mit Ausnahmebehandlung
- HAL der Sensorik
  - Schnittstelle für gesamte Aktorik dokumentiert
  - Realisation der Sensorik basierend auf ISRs und Pulse-Messages
  - Test der Sensorik-HAL

#### 4.2.5. 4. Praktikumstermin

Pflicht: Sie legen zu Beginn des Praktikumstermins ein Dokument mit einem ersten Entwurf der Software-Architektur vor. Das Dokument darf erste Design-Elemente mit beinhalten. Das Dokument dient hier noch als Diskussionsgrundlage mit Ihrer Betreuung.

Empfehlung:

- Modellierung/Design Anlagensteuerung abschließen
  - Geeignetes Pattern/Design für die Verarbeitung der Sensordaten ausgewählt
  - Modellierung der Anlagensteuerung beider Förderbänder mit Zustandsautomaten oder Petri-Netzen mit Ausnahmebehandlung

#### **4.2.6. 5. Praktikumstermin**

Pflicht: Sie legen zu Beginn des Praktikumstermins ein Dokument mit der Software-Architektur vor. Die Architektur sollte soweit ausgereift sein, dass diese zügig umgesetzt werden kann. Das Dokument soll auch schon das Design der Steuerung beinhalten. Das Dokument ist ein Quality-Gate.

Empfehlung:

- Eine Anlage sortiert bereits Werkstücke. Keine Fehlerbehandlung implementiert.

#### **4.2.7. 6. Praktikumstermin**

Empfehlung:

- Anlagensteuerung
  - Beide Anlagen sortieren bereits Werkstücke. Keine Fehlerbehandlung implementiert.

#### **4.2.8. 7. Praktikumstermin**

Pflicht: Sie legen zu Beginn des Praktikumstermins ein einseitiges Dokument (Netto-Text) mit einer Beschreibung der Qualitätssicherungsmaßnahmen vor.

Empfehlung:

- Anlagensteuerung
  - Ablaufsteuerung über beide Förderbänder implementiert (Ausnahmebehandlung).
  - Test und Bug-Fixing.

#### **4.2.9. 8. Praktikumstermin**

An diesem Termin erfolgt die Abnahme und Reflexion über das Projekt. Die Implementierung soll abgeschlossen und getestet worden sein. Bekannte Fehler oder offene Punkte sollen dokumentiert sein.

Pflicht: Sie legen zu Beginn des Praktikumstermins ein Dokument mit dem Design der wichtigsten Element der Software sowie die Dokument mit den Abnahmetests vor.



## 5. Zuordnung der Projektkomponenten zu den Vorlesungen

Hier sind die wichtigsten Projektkomponenten und eine Zuordnung zu den Vorlesungen aufgelistet, in denen Sie Näheres über Entwurf und Implementierung dieser Komponenten lernen:

- I/O-Hilfsfunktionen für die Analog- und Binärein- und -ausgaben einschließlich ISRs für die Interruptbehandlung (Vorlesung SY, EP).
- Hilfsfunktionen für das Message Passing über die serielle Schnittstelle (Vorlesung SY).
- Eine *Laufzeitumgebung* für die Automaten bzw. die Petri-Netze (Vorlesung EP).
- Implementierung der Automaten bzw. der Petri-Netze. (Vorlesung EP).
- Projektplanung, Entwicklungsprozess, Projektkontrolle (Vorlesung SE2).
- Konfigurationsmanagement, Qualitätsmanagement (Vorlesung SE2)
- Architektur (Vorlesung SE2)
- Implementierung von Design Patterns, Architektur Patterns (Vorlesung EP).
- Testlevels, Testkonfiguration, Testmethoden, Testcoverage, Heuristiken (Vorlesung SE2).

## 6. Hilfen

- Alle Vorlesungsskripte von SE2, SY und EP, sowie praktikumsrelevante Informationen finden Sie im EMIL-Lernraum.
- Jede der beteiligten Professorinnen bietet Unterstützung für das zuständige Fachgebiet an, außerdem hat jede Praktikumsgruppe eine Betreuung, die am Ende des Projekts die Schlussabnahme macht. Weiterhin unterstützen Sie die Labormitarbeiterinnen bei technischen Fragen.
- Nehmen Sie an dem angebotenen *Tutorium* teil. Dort werden grundlegende Fragen zum Praktikum und Vorlesungen geklärt, außerdem wird ein Schnellstart in der Sprache C++ mit vermittelt.

## A. Anhang

### A.1. Anlagenschema

Das Festo-Transfersystem besteht im wesentlichen aus einem Förderband, auf dem Werkstücke mit Sensoren erfasst bzw. untersucht werden können. Über eine Weiche können Werkstücke in eine Rusche umgeleitet werden. Zusätzlich sind Bedientaster angebracht. Der schematische Aufbau kann dem Screenshot der Simulationssoftware (Abb. 2) entnommen werden.

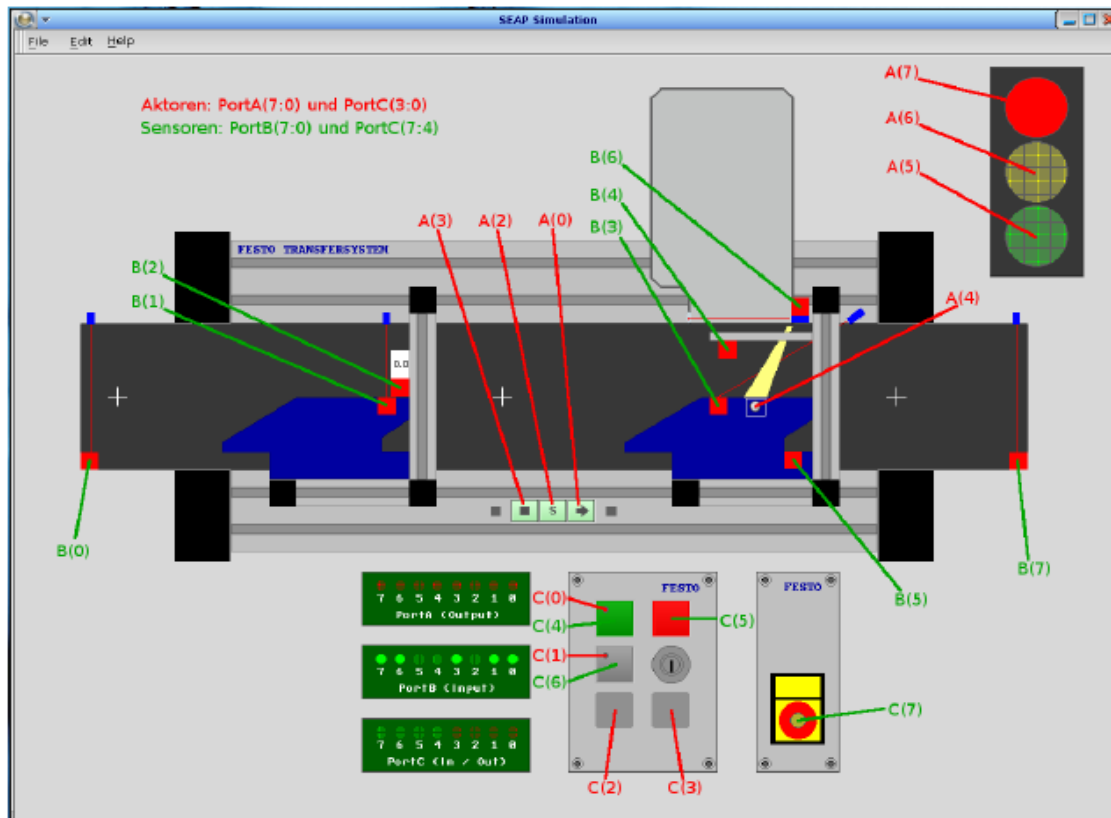


Abbildung 2: Screenshot der Simulationssoftware

### A.2. Port-Belegung

Die diskrete Sensorik kann über parallele GPIO-Ports eingelesen werden. Ebenso kann die Aktorik über die GPIO-Ports angesteuert werden. Bibliotheks-Funktionen werden Ihnen dafür zur Verfügung gestellt.

### A.2.1. Port A (8 Bits, Ausgabeport)

Bezeichnung	Bit	IO	0	1
Motor Rechtslauf	0	OUT	—	Band läuft nach rechts
Motor Linkslauf	1	OUT	—	Band läuft nach links
Motor Langsam	2	OUT	—	+ Bit0: Band läuft langsam nach rechts + Bit1: Band läuft langsam nach links
Motor Stopp	3	OUT	—	Band läuft nicht, egal wie Bits 0–2 stehen
Weiche Auf	4	OUT	—	Weiche geht auf
Ampel Grün	5	OUT	—	Grüne Lampe geht an
Ampel Gelb	6	OUT	—	Gelbe Lampe geht an
Ampel Rot	7	OUT	—	Rote Lampe geht an

### A.2.2. Port B (8 Bits, Eingabeport)

Bezeichnung	Bit	IO	0	1
Einlauf Werkstück	0	IN	Werkstück ist im Einlauf	Kein Werkstück im Einlauf
Werkstück in Höhenmessung	1	IN	Werkstück ist in Höhenmessung	Kein Werkstück in Höhenmessung
Höhenmessung	2	IN	Werkstück zu klein oder zu groß	Werkstückhöhe ist im Toleranzbereich
Werkstück in Weiche	3	IN	Werkstück ist in Weiche	Kein Werkstück in Weiche
Werkstück Metall	4	IN	Werkstück kein Metall	Werkstück Metall
Weiche offen	5	IN	Weiche geschlossen	Weiche offen
Rutsche voll	6	IN	Rutsche ist voll	Rutsche ist nicht voll
Auslauf Werkstück	7	IN	Werkstück ist im Auslauf	Kein Werkstück im Auslauf

### A.2.3. Port C (8 Bits, Ein- / Ausgabeport)

Bezeichnung	Bit	IO	0	1
LED Starttaste	0	OUT	Start-LED dunkel	Start-LED leuchtet
LED Resettaste	1	OUT	Reset-LED dunkel	Reset-LED leuchtet
LED Q1	2	OUT	Q1-LED dunkel	Q1-LED leuchtet
LED Q2	3	OUT	Q2-LED dunkel	Q2-LED leuchtet
Taste Start	4	IN	Starttaste nicht gedrückt	Starttaste gedrückt
Taste Stop	5	IN	Stoptaste <b>gedrückt(!)</b>	Stoptaste <b>nicht gedrückt(!)</b>
Taste Reset	6	IN	Resettaste nicht gedrückt	Resettaste gedrückt
Taste E-Stop	7	IN	E-Stoptaste <b>gedrückt(!)</b>	E-Stoptaste <b>nicht gedrückt(!)</b>

#### A.2.4. Analog-Eingabeport

Register-Offset	Bezeichnung
2	Lesen: Höhenwert – Low Byte
2	Schreiben: Start Wandlung mit Steuercode 0x10
3	Höhenwert – High Byte