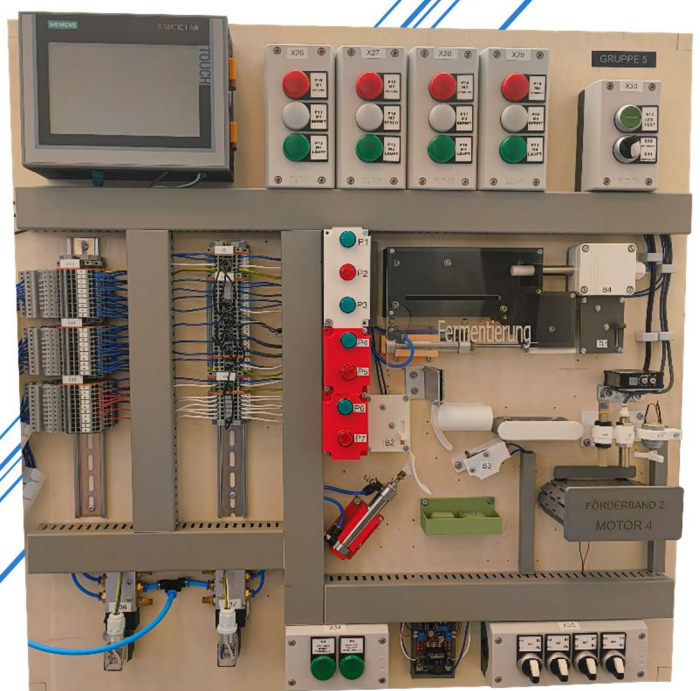


# KAFFEEFABRIK Fermentierung – Gruppe 5

Projektintegral Final – SMART TECHNOLOGIES E-  
CONTROLS 2024/25



## Kundenordner

Moshe Sarkis Marios

Ayena Ezechiele

Régent: Krantz Gilles

05/05/2025

# Inhaltsverzeichnis

Aufgabenstellung + Anlagenübersicht.....	2
Projektziel: .....	2
Anlagenbeschreibung:.....	2
Detaillierte Prozessbeschreibung:.....	3
Steuerungstechnik.....	3
Betriebszustände:.....	3
Funktionsbeschreibung des Steuerungsprozesses:.....	3
Steuerungstechnik: .....	5
Betriebszustände:.....	5
Zustandsanzeige der Motoren über Meldeleuchten: .....	5
Lampentest: .....	5
Visualisierung – Aufbau und Logik im HMI.....	6
Unsere konkreten Aufgaben:.....	11
Selektivität.....	12
Selektivität in unserer Anlage: .....	12
Zentrale Komponenten der Anlage.....	13
Leitungsschutzschalter 3-Polig .....	13
Leitungsschutzschalter 1-polig .....	14
Motorschutzschalter .....	15
Sirius (Sicherheitsrelais) .....	16
Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS).....	17
Frequenzumrichter .....	18
HMI (Human Machine Interface) .....	19
Materialliste und Preisliste .....	20
Technische Unterlagen .....	21
E-plan .....	22
Tia Portal.....	23
Werkstück .....	24
PowerPoint der zwischen Präsentation .....	25
Wochenbereiche / tätigkeitsberichte .....	26

# Aufgabenstellung + Anlagenübersicht

## Projektziel:

Das Projekt ist eine automatisierte Prozessanlage, die den industriellen Aufbereitungsprozess von **Kaffeebohnen – von der Fermentierung bis zur Qualitätskontrolle – simuliert**. Sie demonstriert, wie moderne Steuerungstechnik (SPS), Sensorik und Antriebstechnik zusammenarbeiten, um einen komplexen Prozess effizient und sicher zu steuern.

## Anlagenbeschreibung:

Die angelieferten Kaffeebohnen werden in ein Fermentationsbecken gegeben, in dem sie für einen Zeitraum von **24 bis 36 Stunden verbleiben**. Aufgrund der verbleibenden Feuchtigkeit in den Bohnen setzt ein Fermentationsprozess ein, bei dem Wärme entsteht.

Nach Ende der Fermentationszeit gelangen die Kaffeebohnen in eine Trocknungstrommel (Hulling). Während des Trocknungsprozesses löst sich die äußere Schale der Bohnen, wobei die Rotation der Trommel diesen Vorgang beschleunigt.

Nachdem die Trocknung, die etwa **11 bis 12 Tage dauert**, abgeschlossen ist, gelangen die Kaffeebohnen auf ein Förderband. Dort entfernt ein starkes Gebläse die verbliebenen, leichteren Schalen von den Bohnen. Die Kaffeebohnen werden am Ende einer letzten Qualitätskontrolle unterzogen. Ungeeignete Bohnen werden aussortiert, die übrigen gehen in die Weiterverarbeitung.

## Detaillierte Prozessbeschreibung:

### Steuerungstechnik:

Die Anlage wird durch eine **Siemens S7-1512C SPS** gesteuert und über ein **HMI-Panel (TP700 Comfort)** bedient. Sensoren überwachen Füllstand, Temperatur und Feuchtigkeit, während Motoren und pneumatische Zylinder die Prozesse automatisieren. Zusätzlich ist ein **ESP32-Mikrocontroller** integriert, der speziell zur **Ansteuerung des Gleichstrommotors (DC-Motor)**.

### Betriebszustände:

- **Automatikbetrieb:** Vollautomatischer Ablauf von Fermentierung bis Qualitätskontrolle.
- **Reparaturbetrieb:** Manuelle Steuerung der Motoren/Zylindern für Wartung und

### Funktionsbeschreibung des Steuerungsprozesses:

#### 1. Fermentierung

Die angelieferten Kaffeebohnen werden in das **Fermentierungsbecken** gefüllt. Sobald der **Füllstandsensor (Endtaster B2 Bedingung für die Simulation)** ein volles Becken erkennt, erfolgt eine Anzeige am **HMI** und am **Meldeleuchte (P1)**. Danach startet der Fermentierungsprozess automatisch.

Während dieses Vorgangs wird die entstehende **Temperatur mit ein Temperatursensor (analog, 0–10 V) kontinuierlich überwacht**. Steigt die Temperatur über **40 °C**, aktiviert sich ein **Rührwerk (P3)**, das für eine Abkühlung sorgt. Sinkt die Temperatur unter **25 °C (30 und 40 °C für die Simulation)**, schaltet sich das Rührwerk wieder ab. Dieser Regelkreis wiederholt sich automatisch.

Der **Fermentierungsprozess dauert 24 bis 36 Stunden (20 Sekunden für die Simulation)**. Nach Ablauf dieser Zeit öffnet der **pneumatische Zylinder -B- (Schieber)** das Becken. Gleichzeitig startet **Motor 1** (Förderband, Rechtslauf). Danach fährt der **Zylinder -A- (Rechen) (manuelle Bedingung mit ein Meldeleuchte P9 für die Simulation)** aus und schiebt die Bohnen auf das Förderband, das sie in die Trocknungstrommel transportiert.

Wenn das Förderband nach dem Entleeren noch **240 Sekunden (10 Sekunden für die Simulation) leer läuft**, wird es automatisch abgeschaltet.

## 2. Trocknung

Die Kaffeebohnen gelangen in die Trocknungstrommel. Gleichzeitig mit Motor 1 wird **Motor 2 eingeschaltet**, der über einen Frequenzumrichter (FU) gesteuert wird.

Die Trommel läuft anfangs im Linkslauf **mit 1000 U/min, nach 10 Sekunden erhöht sich die Drehzahl auf 1400 U/min. Nach 5 Minuten (15 Sekunden für die Simulation)** wechselt die Drehrichtung auf Rechtslauf, ebenfalls mit einer kurzen Phase bei **1000U/min und anschließend 1400 U/min.**

Dieser Wechsel sichert eine gleichmäßige Bewegung der Bohnen während der 11–12 Tage langen Trocknungsphase. Ziel ist eine Restfeuchte von maximal **12 %** erreichte **(Endtaster B2 Bedingung für erreichen restfeuchte)**. In diesem Prozess löst sich die äußere Schale der Bohnen.

Sobald die Ziel-Restfeuchte erreicht, ist:

- Öffnet sich der pneumatische **Zylinder -D- (Schieber)**
- Die Trommel wird durch den **Zylinder -C- (Heben Trocknung)** angehoben.  
**(Manuelle Bedingung mit ein Meldeleuchte P8 für die Simulation)**
- Durch die Hebung und Rotation gleiten die Bohnen auf das nächste Förderband zur Qualitätskontrolle.

## 3. Qualitätskontrolle

**Ein Gebläse (Motor 3)** trennt durch Luftstrom die leichteren Schalen von den schwereren Kaffeebohnen. Die Schalen werden weggeblasen, während die Bohnen auf dem Förderband verbleiben.

Anschließend erfolgt eine optische Endkontrolle. Verunreinigungen werden durch ein zielgerichtetes Starkgebläse entfernt. (Für die Simulation wird ein 3D-gedrucktes PLA-Filament mit Metall mithilfe eines induktiven Sensors erkannt. Der Erfassungszustand wird über die Meldeleuchte P7 angezeigt.)

Wenn sich **180 Sekunden** lang keine Bohnen mehr auf dem Förderband befinden, wird das Band automatisch abgeschaltet. (Für die Simulation der Leerlauf von Förderband 2 wird durch einen kapazitiven Sensor erkannt. Nach 10 Sekunden ohne Materialfluss schaltet sich das Band automatisch ab)

## Steuerungstechnik:

Die Anlage wird durch eine **Siemens S7-1512C SPS** gesteuert und über ein **HMI-Panel (TP700 Comfort)** bedient. Sensoren überwachen Füllstand, Temperatur und Feuchtigkeit, während Motoren und pneumatische Zylinder die Prozesse automatisieren.

## Betriebszustände:

- **Automatikbetrieb:** Vollautomatischer Ablauf von Fermentierung bis Qualitätskontrolle.
- **Reparaturbetrieb:** Manuelle Steuerung der Motoren/Zylindern für Wartung und

## Zustandsanzeige der Motoren über Meldeleuchten:

Pro Motor sind drei Meldeleuchten vorgesehen – **Störung (rot)**, **Bereitschaft (grau)** und **Läuft (grün)** – zur Anzeige des aktuellen Zustands.

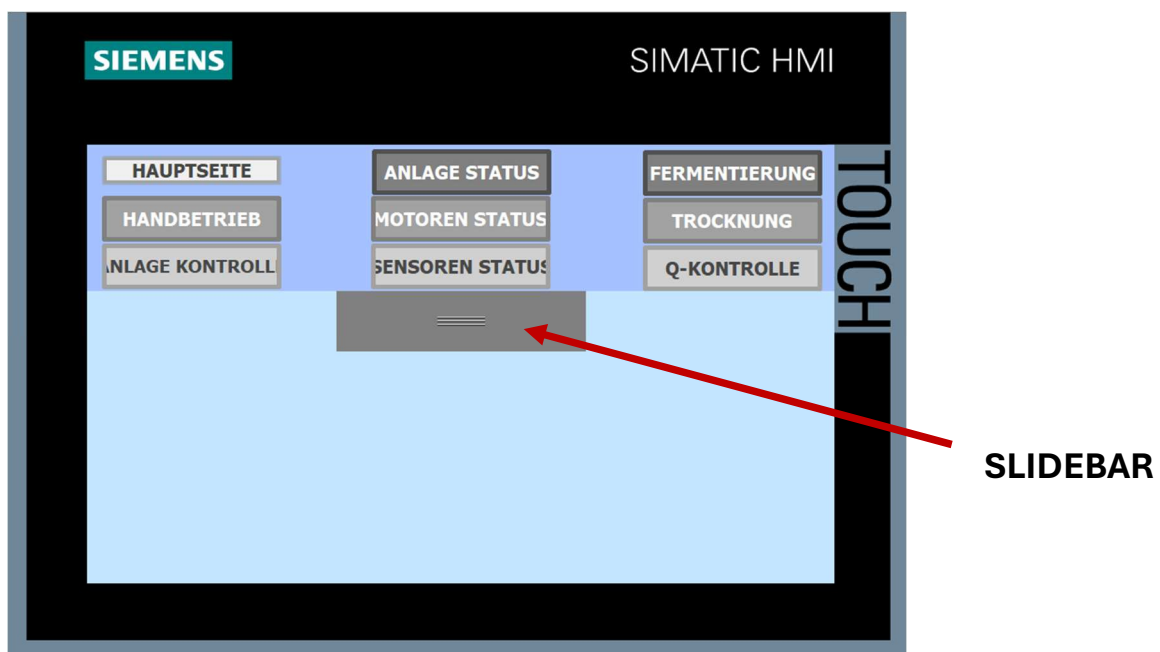
## Lampentest:

Ein **Lampenfunktionstest** ermöglicht die gleichzeitige Aktivierung aller **Signallampen der Anlage**, um deren Funktionsfähigkeit zu überprüfen.

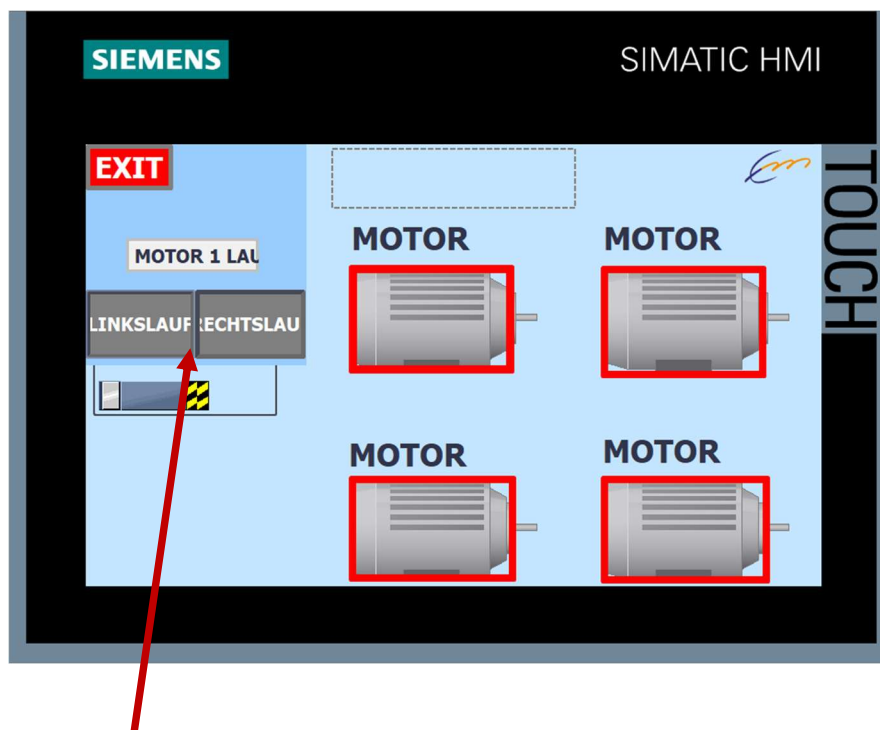
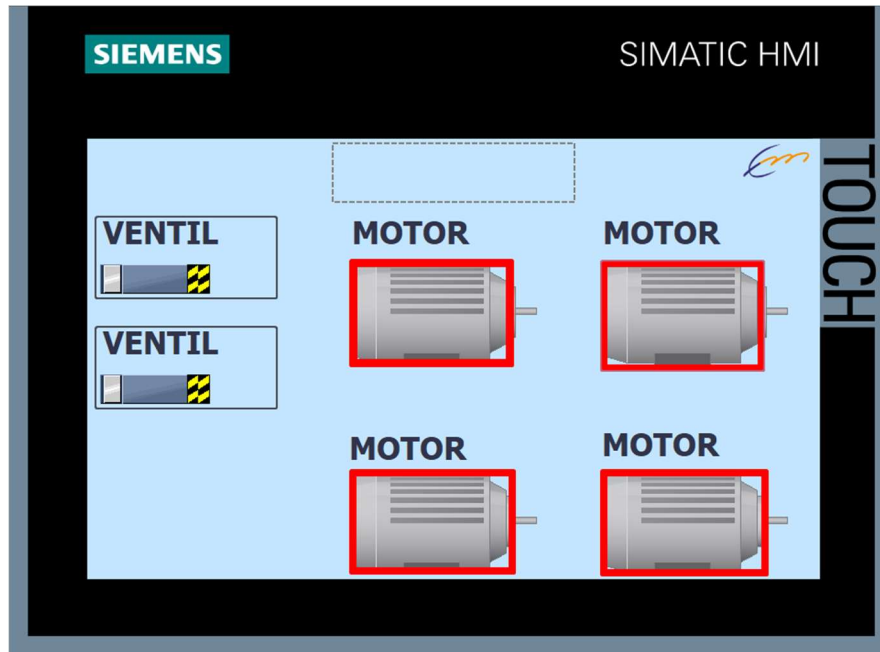
## Visualisierung – Aufbau und Logik im HMI



Die Hauptseite verfügt über eine seitliche Navigationsleiste (Slidebar), über die alle weiteren Seiten direkt aufgerufen werden können.



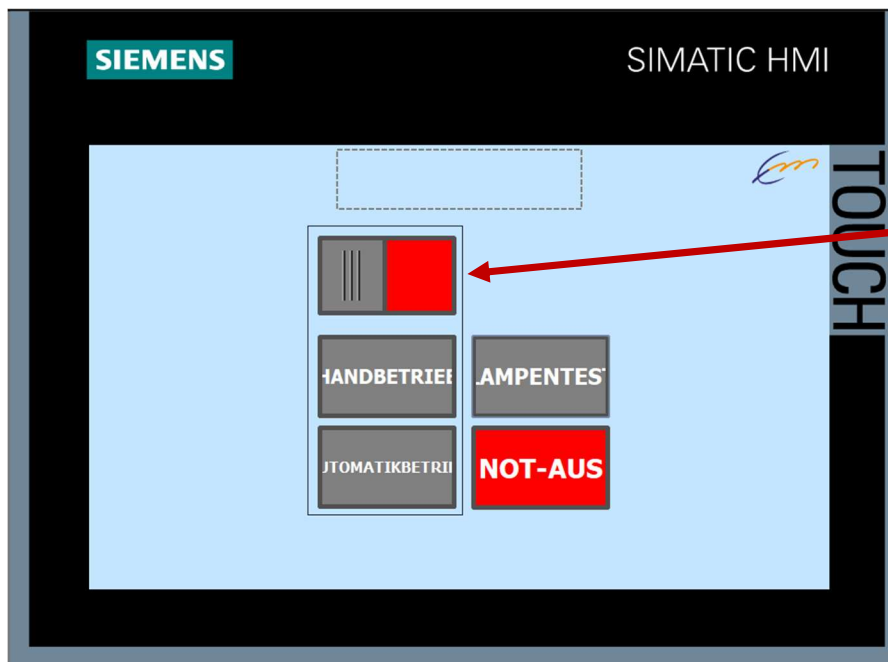
Auf der Handbetrieb-Seite können Motoren und Ventile manuell gesteuert werden.  
Beim Auswählen eines Motors öffnet sich ein Pop-up-Fenster zur gezielten Bedienung



POP-UP-FENSTER

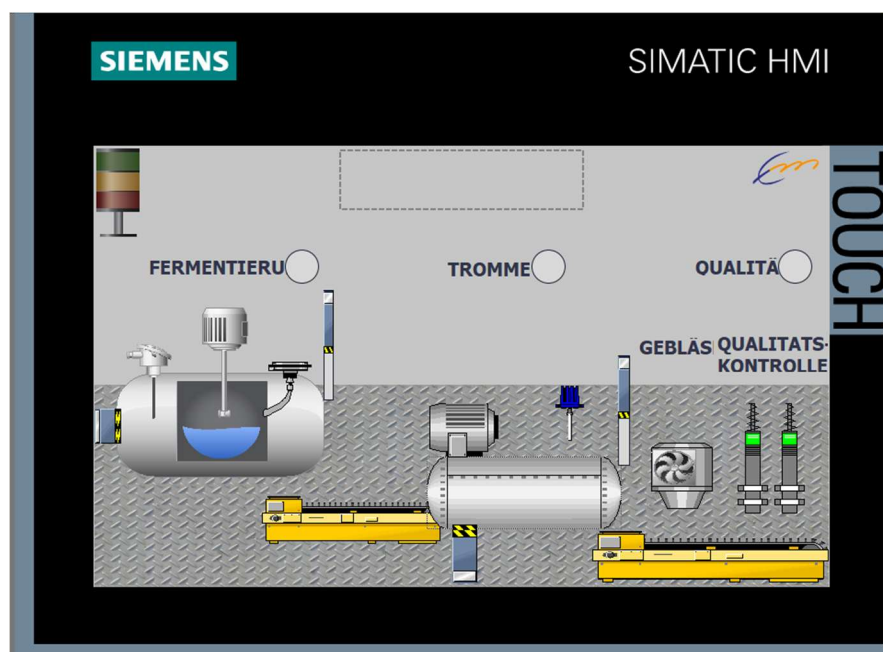


Dann gibt es die Seite ‚Anlage-Kontrolle‘, auf der zwischen Automatikbetrieb und Handbetrieb umgeschaltet werden kann. Außerdem sind hier der Lampentest und der Not-Aus untergebracht.

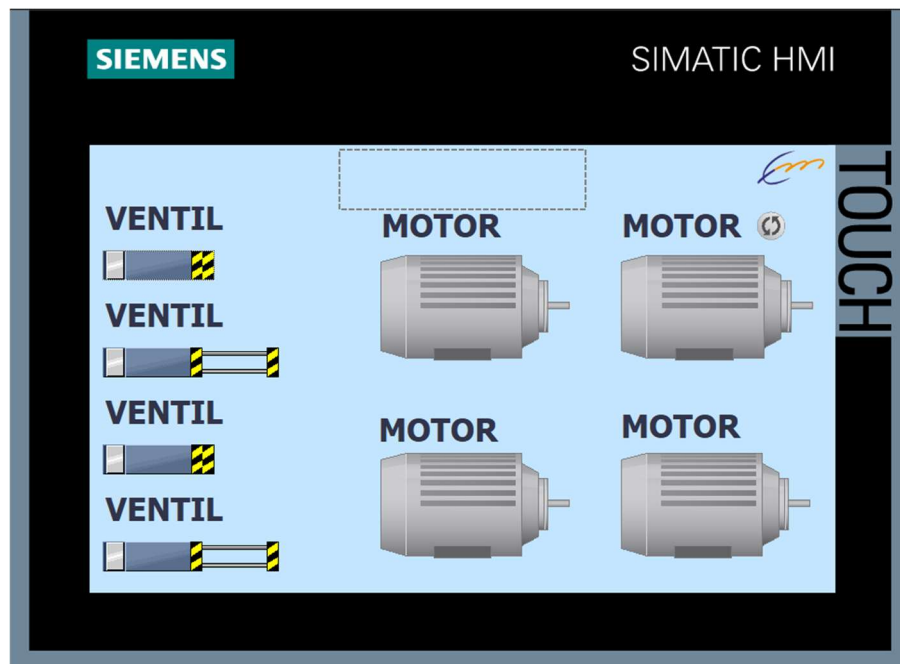


Ein Safe Switch erlaubt die Umschaltung zwischen Hand- und Automatikbetrieb nur bei Freigabe – der Status ist im HMI sichtbar

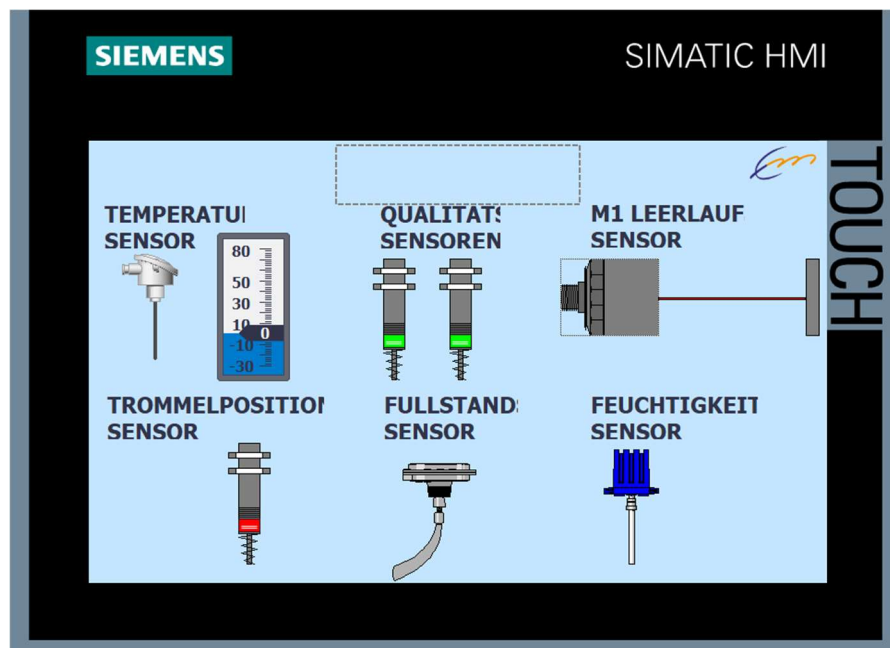
Die Seite ‚Anlagenstatus‘ zeigt den aktuellen Zustand der Anlage.



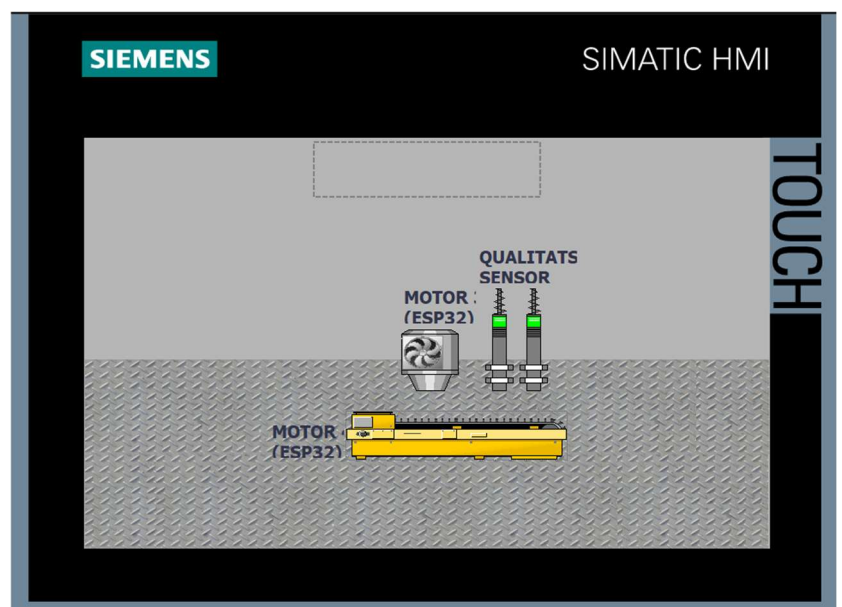
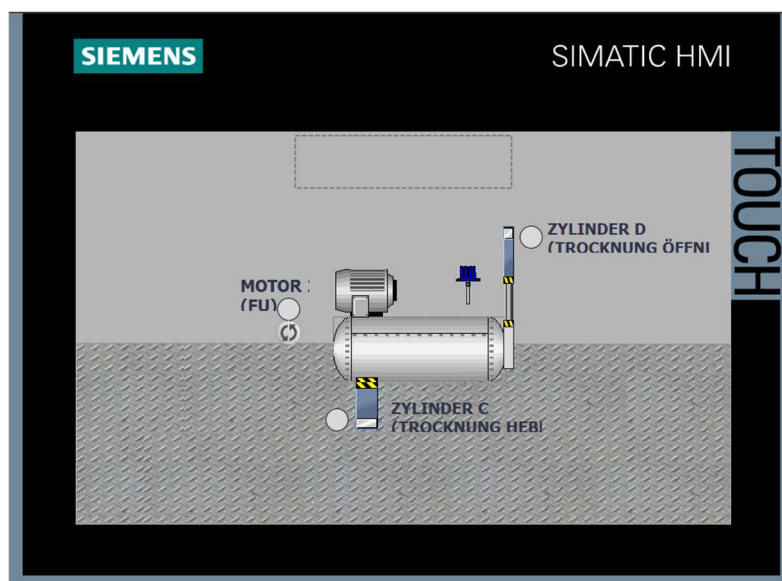
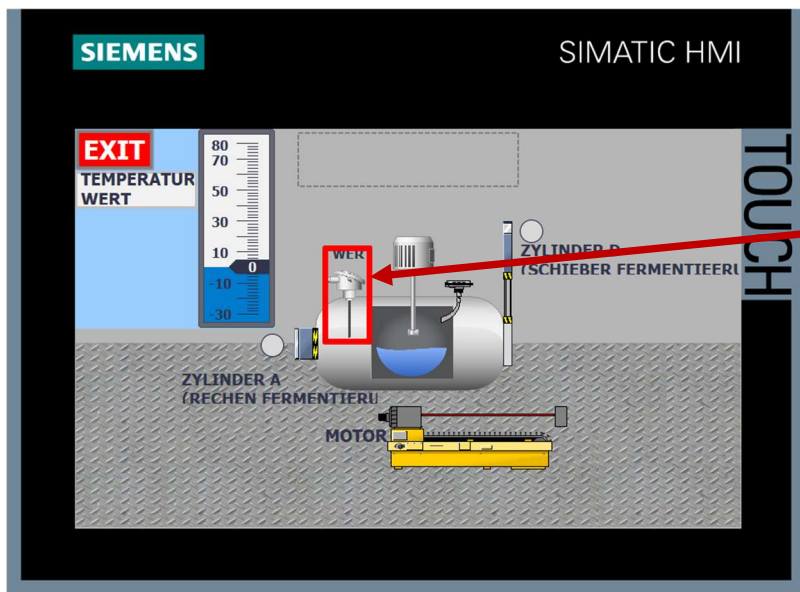
Die Seite ‚Motor- und Ventilstatus‘ zeigt den aktuellen Betriebszustand aller Motoren und Ventile in der Anlage. Für jedes Element wird angezeigt, ob es läuft, gestoppt oder gestört ist.



Die Seite ‚Sensorstatus‘ zeigt den aktuellen Zustand aller Sensoren in der Anlage. Hier sieht man, ob ein Sensor aktiv ist oder nicht.



Die drei Prozesse der Anlage können jeweils auf eigenen Seiten visualisiert werden.



## Unsere konkreten Aufgaben:

### 1. Steuerungstechnik umsetzen

- Programmierung einer **Siemens S7-1200 SPS** (TIA Portal)
- Entwurf eines **Bedienpanels (HMI TP700)** zur Prozessvisualisierung
- Fernüberwachung via Smartphone/Tablet implementieren

### 2. Mechanik & Elektrik aufbauen

- Montage der Komponenten auf zwei Holztafeln (800x800 mm)
- Verdrahtung der **400V/230V/24V-Stromkreise**
- Mechanisches Teilen 3D druck planen, um eine Simulation zu zeigen
- Einbau von **3 Motoren**:
  - M1: Förderband (Asynchronmotor)
  - M2: Trocknungstrommel (mit Frequenzumrichter)
  - M3: Gebläse (Gleichstrommotor + ESP32)

### 3. Sensoren integrieren

- **Mindestens 6 Sensoren**
- **1 analoger Sensor**

### 4. Sicherheit garantieren

- Ganzen Anlage mit sicher sichern
- NOT-AUS mit Sicherheitsrelais und Bereitschaft
- Motorschutzschalter für alle Antriebe
- Verriegelungen gegen falsche Bedienung

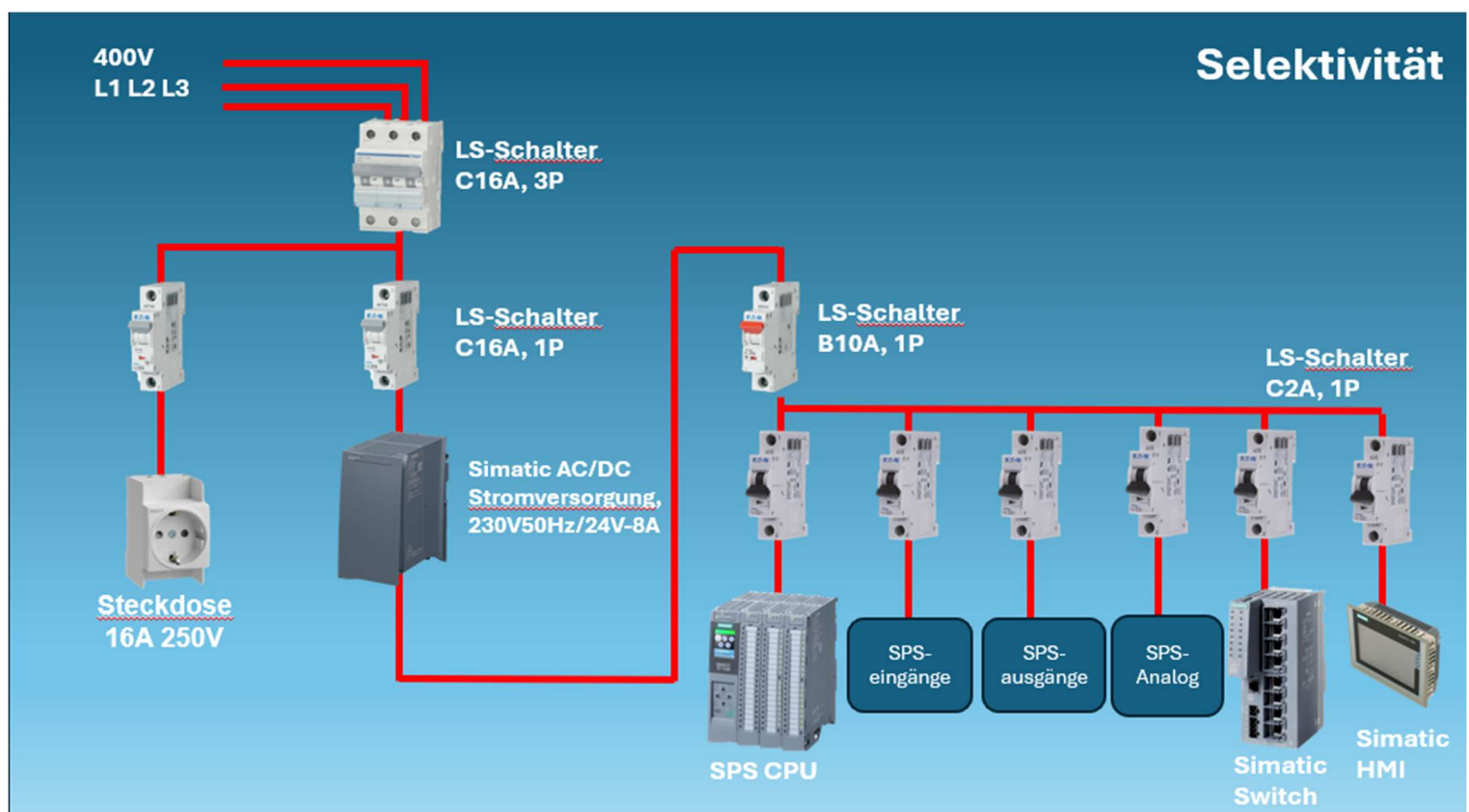
### 5. Dokumentation erstellen

- Technische Zeichnungen (Schaltpläne, Montagepläne)
- Kundenordner mit allen Unterlagen

# Selektivität

In der Elektrotechnik beschreibt Selektivität die Fähigkeit von Schutzgeräten wie Sicherungen oder Schutzschaltern, gezielt nur den betroffenen Teil eines Stromnetzes abzuschalten, wenn ein Fehler (z.B. Kurzschluss oder Überlast) oder, während die restlichen Teile des Netzes weiter in Betrieb bleiben. Dadurch wird sichergestellt, dass Störungen auf ein Minimum beschränkt werden und nicht das gesamte System abgeschaltet wird.

## Selektivität in unserer Anlage:



# Zentrale Komponenten der Anlage

## Leitungsschutzschalter 3-Polig

### 1. Kompletter Anlagenschutz

- **Zentrale Absicherung** aller Stromkreise (400V, 230V und 24V)
- **Schützt vor:**
  - **Kurzschlüssen** in der Zuleitung
  - **Überlast** durch gleichzeitigen Betrieb aller Komponenten
  - **Isolationsfehlern**

### 2. Warum 3-polig?

- **Sicherheit:** Gleichzeitige Trennung aller Außenleiter
- **Zuverlässigkeit:** Verhindert "hängende Phasen"
- **Effizienz:** Komplette Abschaltung bei Wartung

### 3. Technische Vorteile

- **Phasensymmetri:** Verhindert Motorschäden durch Phasenausfall
- **Wartung:** Einfache Störungseingrenzung
- **Zentrale Abschaltung:** Schnelle Lokalisierung des Fehlerbereichs



# Leitungsschutzschalter 1-polig

## 1. Gezielter Komponentenschutz

- Selektive Absicherung einzelner Stromkreise (230V und 24V DC)
- Schützt spezifisch:
  - Primärseiten von Netzteilen
  - CPU, SPS-modulen, HMI, Simatic switch
  - Steckdose



## 2. Warum 1-polig?

- **Präzisionsschutz:** Isolierte Absicherung kritischer Einzelverbraucher
- **Sicherheit:** Verhindert Kaskadenausfälle bei Defekten
- **Effizienz:** Schneller Zugriff für Wartung/Reparatur

## 3. Technische Vorteile

- **Selektivität:** Löst vor zentralem 3-poligem LS aus
- **Kosteneffizienz:** Geringerer Platzbedarf und Anschaffungskosten Modularer
- **Aufbau:** Unterschiedliche Charakteristiken (B/C/D) pro Stromkreis möglich

# Motorschuttschalter

## 1. Kompletter Motorschutz

- **Umfassende Absicherung aller Motorfunktionen (M1, M2) schützt vor:**
  - Thermischer Überlast (Dauerbetrieb)
  - Mechanischer Blockade (Stromspitzen)
  - Phasenausfall (Asynchronmotoren)



## 2. Warum separate Motorschutzschalter?

- **Präziser Schutz:** Angepasst an jeden Motortyp
- **Selektivität:** Löst vor dem Haupt-LS aus
- **Anpassungsfähigkeit:** Einstellbarer Auslösestrom

## 3. Technische Vorteile

- **Motorlebensdauer:** Verhindert Wicklungsschäden
- **Prozesssicherheit:** Vermeidet ungeplante Stillstände
- **Energieeffizienz:** Unterbindet Leerlaufverluste



# Sirius (Sicherheitsrelais)

## 1. Zentrale Sicherheitsüberwachung

- **Überwachung aller Sicherheitskomponenten:**
  - NOT-AUS
  - Schutzgitter und Lichtvorhänge
  - Sicherheitstüren

## 2. Warum SIRIUS Sicherheitsrelais?

- **Sofortige Abschaltung** (<20ms) bei Gefahr
- **Zuverlässigkeit:** Redundante Kontaktanordnung
- **Flexibilität:** Anpassbar an verschiedene Sicherheitsfunktionen

## 3. Technische Vorteile

- Schnelle Reaktion Abschaltung >20ms
- Umfangreiche Diagnose LED-Statusanzeige und Fehler Speicher
- Kompatibel mit SPS-Steuerung



# Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)

## 1. Zentrale Steuerungsfunktion

- **Automatisierung aller Prozessabläufe:**
  - Fermentierung (Temperaturregelung)
  - Trocknungssteuerung (Drehzahlregelung)
  - Qualitätskontrolle (Sortierlogik)

## 2. Warum Siemens S7-1200 SPS?

- **Zuverlässigkeit:** Industrietaugliche Ausführung
- **Flexibilität:** Einfache Programmierung mit TIA Portal
- **Kommunikation:** PROFINET-Schnittstelle für HMI-Anbindung
- **Weniger Verkabelung:** Jeder Sensor und Aktor brauchen eigene Kabel für die Logik

## 3. Technische Vorteile

- **Echtzeitsteuerung:** Zykluszeiten <10ms
- **Diagnosefunktionen:** Online-Monitoring möglich
- **Erweiterbarkeit:** Modularer Aufbau



# Frequenzumrichter

## 1. Hauptaufgabe

- **Drehzahlregelung** von Asynchronmotoren
- **Schützt vor:**
  - Mechanischen Überlastungen
  - Stromspitzen beim Anlauf
  - Energieverschwendung



## 2. Warum Frequenzumrichter?

- **Energieeffizienz:** Reduziert Stromverbrauch um bis zu 40%
- **Präzise Steuerung:** Regelung der Drehzahl (z. B. 50 → 100 U/min)
- **Sanfter Anlauf:** Verlängert Motorlebensdauer
- 

## 3. Technische Vorteile

- **Dynamische Regelung:** Anpassung an Laständerungen
- **Integrierter Schutz:** Überstrom-/Überspannungserkennung
- **Kommunikation:** PROFINET-Anbindung an SPS

# HMI (Human Machine Interface)

## 1. Hauptaufgabe:

- **Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine**
- **Überwachung und Steuerung von Prozessen**

## 2. Warum HMI?

- **Einfache Bedienung**
- **Erhöhte Sicherheit**
- **Effiziente Prozesskontrolle**

## 3. Technische Vorteile:

- **Echtzeitdaten**
- **Fehlererkennung**
- **Touchbedienung**
- **Flexible Anpassung**
- **Gute Visualisierung**



## Materialliste und Preisliste

## Technische Unterlagen

E-plan

Tia Portal



Werkstück

PowerPoint der zwischen Präsentation

## Wochenbereiche / tätigkeitsberichte