



Hochschule für Technik
und Wirtschaft Berlin

University of Applied Sciences

Konzeption und Realisierung eines Laborversuches im Modul: VA2 Hochverfügbare und sichere Systeme

Name:

Sebastian Richter
Aaron Zielstorff

Matrikelnummer:

572906
567183

Fachbereich: FB1

Studiengang: M. Elektrotechnik

Fachsemester: 2. FS

Fach: VA2 Hochverfügbare und sichere Systeme

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Stephan Schäfer

Abgabe am: 23. September 2022

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| 1 Einführung | 3 |
| 1.1 Voraussetzungen | 3 |
| 2 Anlagenbeschreibung | 4 |
| 2.1 Betriebsbereiter Zustand | 4 |
| 2.2 Normalbetrieb | 5 |
| 2.3 Fehlerfall | 5 |
| 3 Datenmodell | 7 |
| 4 Verhaltensspezifikation | 8 |
| 5 Stromlaufplan | 10 |
| Literaturverzeichnis | 27 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|---|
| 1 Technologieschema | 4 |
| 2 Automatengraph Normalbetrieb | 8 |
| 3 Automatengraph Fehlerfall | 9 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|-------------------------------------|---|
| 1 Datenmodell des Systems | 7 |
|-------------------------------------|---|

1 Einführung

Es sollen Fähigkeiten und Fertigkeiten für den Programmwurf für sicherheitsgerichtete Anlagenmodelle (Funktionale Sicherheit nach DIN EN 61131-6) unter Verwendung von Beschreibungsmitteln und der Programmierung (Normsprachen nach DIN EN 61131-3) am Beispiel eines Silos mit Fördereinrichtung aufgebaut werden. Hierzu sollen zunächst unter Verwendung der textbasierten Programmiersprache „Strukturierter Text, ST“ sicherheitsgerichtete Programmelemente entwickelt werden. Für diesen Zweck wird die Siemens S7-1500 Industriesteuerung inklusive der dezentralen Peripherie ET 200 SP und deren Programmierumgebung TIA Portal V17 verwendet.

1.1 Voraussetzungen

Um die nachfolgend beschriebene Anlage in Betrieb nehmen und Fehler simulieren zu können, wird ein Bachelor-Abschluss in Elektrotechnik oder in einem anderen ingenieurwissenschaftlichen Studiengang vorausgesetzt. Zusätzlich wird das Wissen aus den Vorlesungen der Bachelor-Module „Grundlagen der Automation“, „Prozesssteuerungssysteme“ und „Projekt: Prozesssteuerungssysteme“ und der Nachweis der erfolgreichen Teilnahme an den jeweiligen Laborpraktika verlangt. Durch die erfolgreiche Teilnahme weist der Studierende die notwendigen Fähigkeiten im Bereich der ST-Programmierung nach.

2 Anlagenbeschreibung

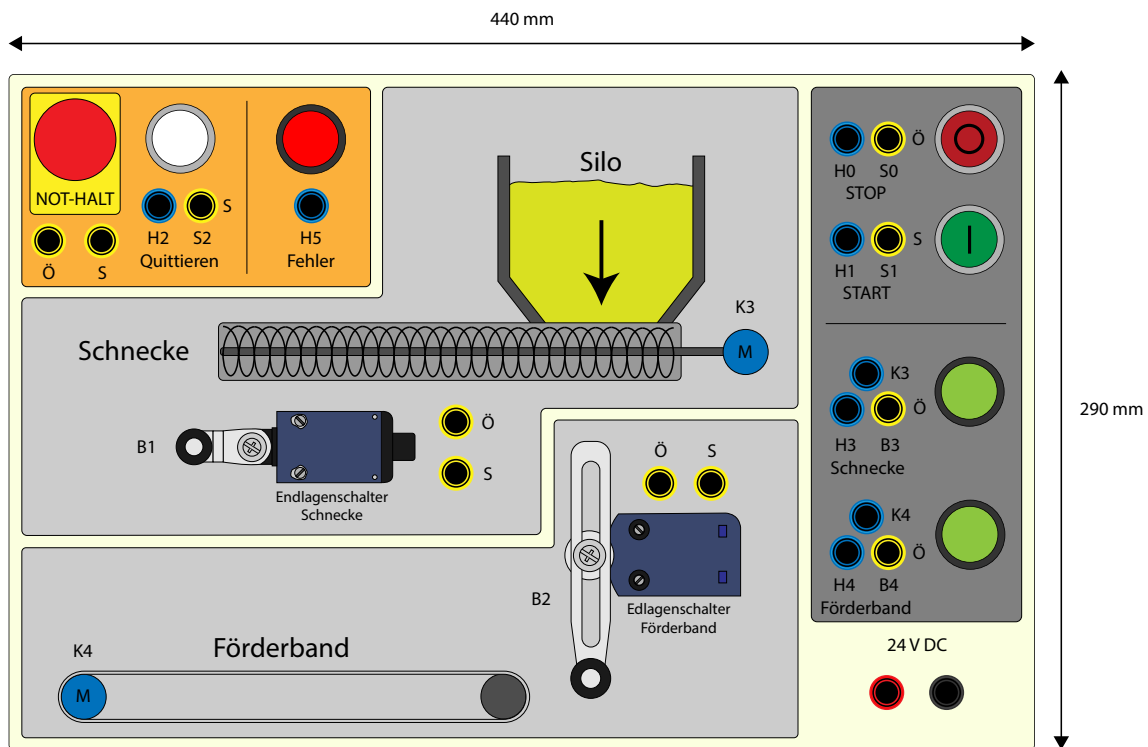


Abb. 1: Technologisches Schema der Anlage „Silo mit Förderanlage“

Die Versuchsanlage kann sich grundsätzlich in drei Betriebszustände befinden. Dabei handelt es sich um den **betriebsbereiten Zustand**, den **Normalbetrieb** und den **Fehlerfall**. Diese sind nachfolgend beschrieben.

2.1 Betriebsbereiter Zustand

Zunächst muss die Stromversorgung hergestellt werden. Der betriebsbereite Zustand wird erreicht, wenn für die Anlage kein Fehler detektiert wird. Zusätzlich dürfen die Endlagen der Förderschnecke und des Förderbandes (B1, B2) nicht auslösen. Die Motoren müssen ausgeschaltet sein, d.h. die SPS erhält FALSE-Signale der Hilfskontakte (B3, B4) der Schütze.

Sind die vorangegangenen Bedingungen erfüllt, blinkt der START-Leuchtdrücktaster (H1)

mit einer vorgegeben Frequenz von $f = 1$ Hz. Der STOP-Leuchtdrucktaster (H0) ist ausgeschaltet.

2.2 Normalbetrieb

Die Anlage wird durch das Drücken des START-Leuchtdrucktasters (S1) vom betriebsbereiten Zustand in den Normalbetrieb überführt. Der START-Leuchtdrucktaster (H1) hört zu blinken auf und leuchtet nun dauerhaft. Der STOP-Leuchtdrucktaster (H0) leuchtet ebenfalls dauerhaft. Befindet sich die Anlage im Normalbetrieb, soll der Prozess des Materialtransportes von einer Förderschnecke über ein Förderband simuliert werden. Die Ansteuerung der Förderschnecke und des Förderbandes erfolgt jeweils über eine zugeordnete Motorsteuerung. Die modellhaft dargestellten Motoren werden über Hilfsschütze (K3, K4) angesteuert. Der Schaltzustand der Schütze (B3, B4) wird über Hilfskontakte einerseits zur weiteren Auswertung auf die SPS (S7-1500) rückgeführt, andererseits erfolgt die Signalisierung an den Anwender mittels Leuchtmelder (H3, H4). Damit ein fehlerfreier Transport gewährleistet wird, muss das Förderband vier Sekunden vor der Schnecke anlaufen. Ebenfalls ist ein Nachlauf des Förderbandes von fünf Sekunden nach dem Stoppen der Förderschnecke erforderlich. Die Anlage besitzt sowohl für die Förderschnecke als auch das Förderband einen mechanischen Endlagensensor (B1, B2). Das Erreichen der Endlagen wird der SPS signalisiert. Die Anlage wird durch das Drücken des STOP-Leuchtdrucktasters (S0) angehalten.

2.3 Fehlerfall

Tritt ein vom Normalbetrieb abweichender Anlagenzustand auf, wird dieser über die Steuerung bzw. das Steuerungsprogramm erkannt und über das Blinken des FEHLER-Leuchtmelders (H5) signalisiert (Blinktakt 1 Hz). Weiterhin findet ein NOT-Halt statt, so dass keine Gefährdung mehr von der Anlage ausgeht. Der Nutzer muss anschließend den Fehler beheben und diesen über einen QUITTIER-Taster (S2) bestätigen. Aus Sicherheitsgründen sollen sowohl kritische als auch unkritische Fehler quittiert werden. Die Anlage befindet sich nun wieder im betriebsbereiten Zustand. Über das erneute Betätigen des START-Leuchtdrucktasters (S1) nimmt die Anlage ihren Normalbetrieb wieder auf.

Es ist möglich verschiedene Fehlersituationen an der Anlage zu simulieren. Diese werden folgendermaßen unterteilt:

1. Kritische Fehler

- NOT-Halt Betätigung
- Unplausible Sensorsignale
- Fehlende Rückmeldung der Motorschütze

- Mechanische Blockierung der Endlagensensoren
- Abweichung innerhalb eines F-Kanals (Ein-/Ausgänge)

2. Unkritische Fehler

- Überschreiten der SPS-Zykluszeit (Watchdog-Meldung)
- Drahtbruch in der Signalleitung des START- oder STOP-Tasters
- Ausfall der SPS (Verlust der Spannungsversorgung)
- Förderband läuft nach Schnecke an
- Förderband stoppt vor Schnecke

Tritt einer der beschriebenen Fehlerfälle auf, wird die Anlage gestoppt. Es muss erst die Fehlerfreiheit vom Nutzer sichergestellt und quittiert werden, um die Anlage erneut zu starten.

3 Datenmodell

Die nachfolgende Datenpunktliste gibt einen Überblick über die zu verwendenden Ein- und Ausgänge:

| Nr. | BMK | Text | Ort | Datentyp | SPS Adr. | | |
|-----------|-----|--|---------------------|----------|----------|---------|-----------|
| | | | | | Kanal | Öffner | Schließer |
| S7-1500 | | | | | | | |
| Eingänge | | | | | | | |
| 1 | S0 | STOP-Leuchtdrucktaster | DI 32x24VDC HF | BOOL | | %I 0.0 | |
| 2 | S1 | START-Leuchtdrucktaster | DI 32x24VDC HF | BOOL | | | %I 0.1 |
| 3 | S2 | QUITTIER-Leuchtdrucktaster | DI 32x24VDC HF | BOOL | | | %I 0.2 |
| 4 | B3 | Rückmeldung Motorschütz Förderschnecke | DI 32x24VDC HF | BOOL | | | %I 0.3 |
| 5 | B4 | Rückmeldung Motorschütz Förderband | DI 32x24VDC HF | BOOL | | | %I 0.4 |
| Ausgänge | | | | | | | |
| 6 | H0 | STOP-Leuchtdrucktaster | DQ 32x24VDC/0.5A HF | BOOL | | | %Q 0.0 |
| 7 | H1 | START-Leuchtdrucktaster | DQ 32x24VDC/0.5A HF | BOOL | | | %Q 0.1 |
| 8 | H2 | QUITTIER-Leuchtdrucktaster | DQ 32x24VDC/0.5A HF | BOOL | | | %Q 0.2 |
| 9 | H3 | Leuchtmelder Förderschnecke | DQ 32x24VDC/0.5A HF | BOOL | | | %Q 0.3 |
| 10 | H4 | Leuchtmelder Förderband | DQ 32x24VDC/0.5A HF | BOOL | | | %Q 0.4 |
| ET 200-SP | | | | | | | |
| Eingänge | | | | | | | |
| 11 | S5 | NOT-HALT-Taster | F-DI 8x24VDC HF | BOOL | 1 | %I 22.0 | %I 22.4 |
| 12 | B1 | Sensor Endlagenschalter Förderschnecke | F-DI 8x24VDC HF | BOOL | 2 | %I 22.1 | %I 22.5 |
| 13 | B2 | Sensor Endlagenschalter Förderband | F-DI 8x24VDC HF | BOOL | 3 | %I 22.2 | %I 22.6 |
| Ausgänge | | | | | | | |
| 14 | H5 | Fehlerleuchtmelder | F-DQ 4x24VDC/2A HF | BOOL | | | %Q 28.0 |
| 15 | K3 | Motorschütz Förderschnecke | F-DQ 4x24VDC/2A HF | BOOL | | | %Q 28.1 |
| 16 | K4 | Motorschütz Förderband | F-DQ 4x24VDC/2A HF | BOOL | | | %Q 28.2 |

Tab. 1: Datenmodell des hochverfügbaren und sicheren Systems Silo mit Förderschnecke und Förderband

Alle Leuchtdrucktaster (S0, S1 und S2) werden an der SPS (S7-1500) sowohl an dem digitalen Eingangsmodul „DI 32x24VDC HF“ für Schaltbefehle, als auch am digitalen Ausgangsmodul „DQ 32x24VDC/0,5A HF“ für Leuchtmeldungen (H0, H1, H2) einkanalig angeschlossen. Die Rückmeldungen der Hilfskontakte der Motorschütze (B3 und B4) erfolgen ebenfalls über das Modul „DI 32x24VDC HF“. Der Betrieb beider Motoren wird über zugehörige Leuchtmelder (H3 und H4) als Ausgänge des digitalen Ausgangsmodul „DQ 32x24VDC/0,5A HF“ signalisiert.

Die zweikanalig ausgeführten Eingänge (S5, B1, B2) werden an dem fehlersicheren Eingangsmodul „F-DI 8x24VDC HF“ der dezentralen Peripherie (ET 200 SP) betrieben. Der Fehlerleuchtmelder (H5) sowie die Ansteuerung der Motorschütze der Förderschnecke (K3) und des Förderbandes (K4) werden an das fehlersichere Ausgangsmodul „F-DQ 4x24VDC/2.0A HF“ angeschlossen.

4 Verhaltensspezifikation

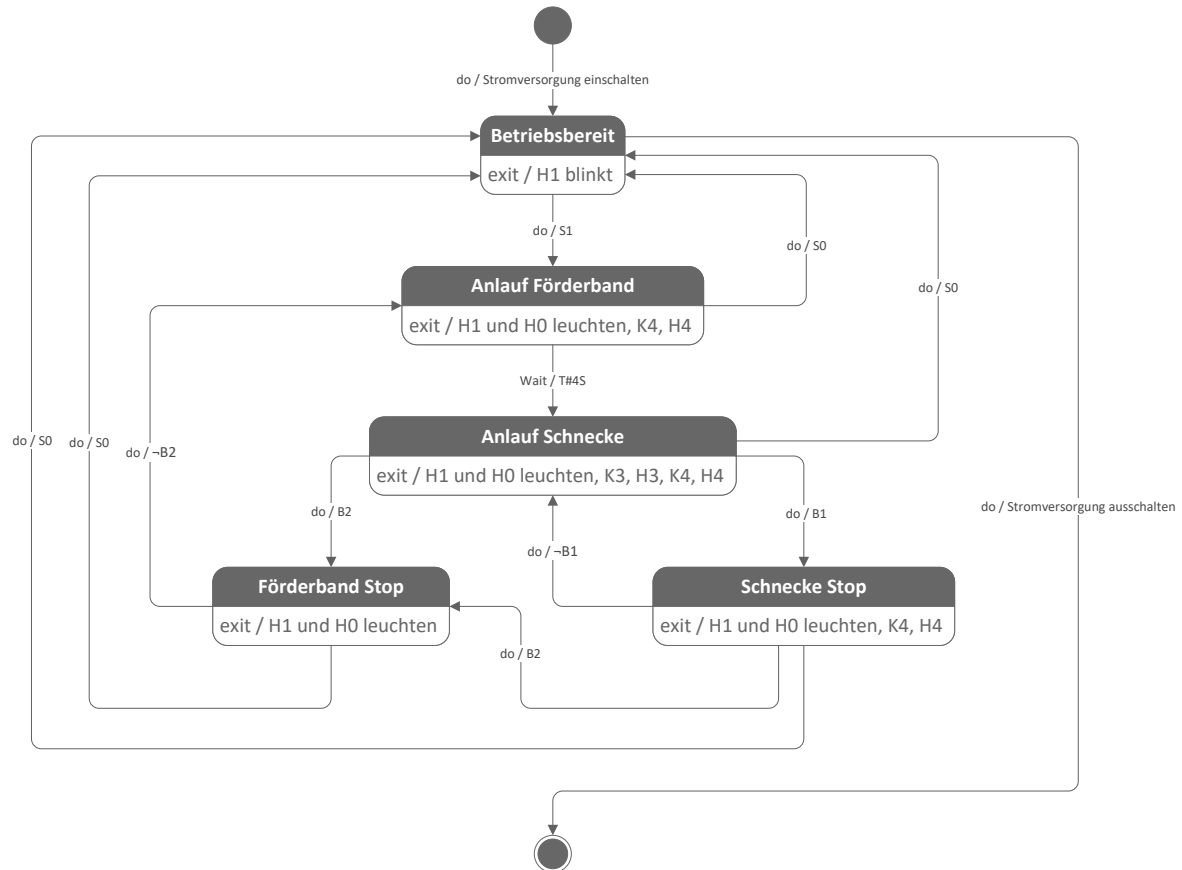


Abb. 2: Moore Automatengraph des Normalbetriebs

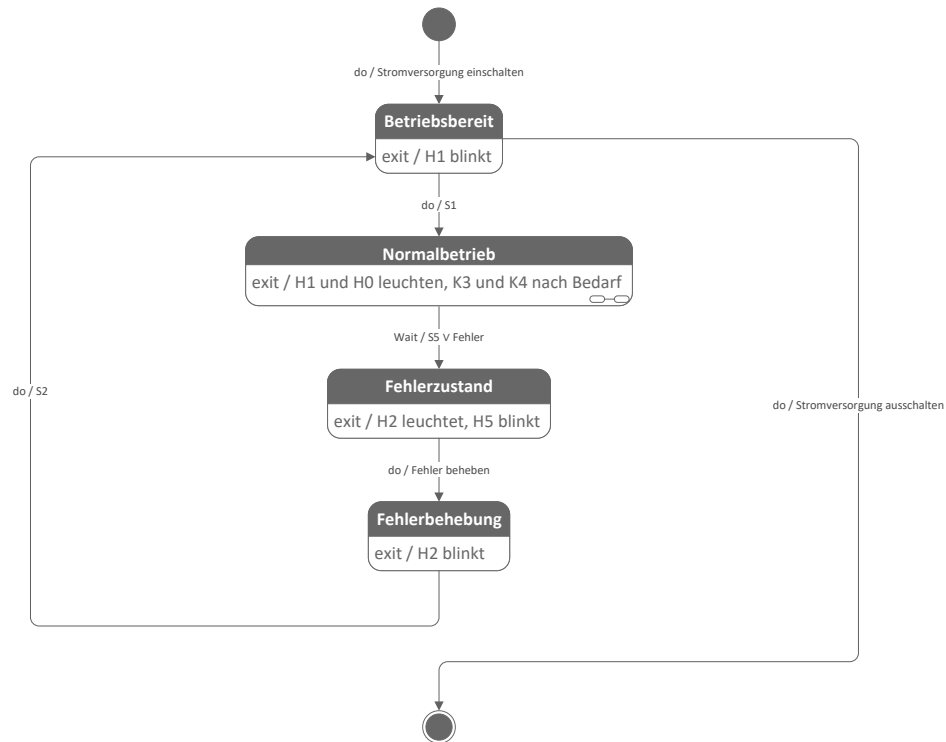


Abb. 3: Moore Automaten graph des Fehlerfalls

5 Stromlaufplan

[illegible]

[illegible]

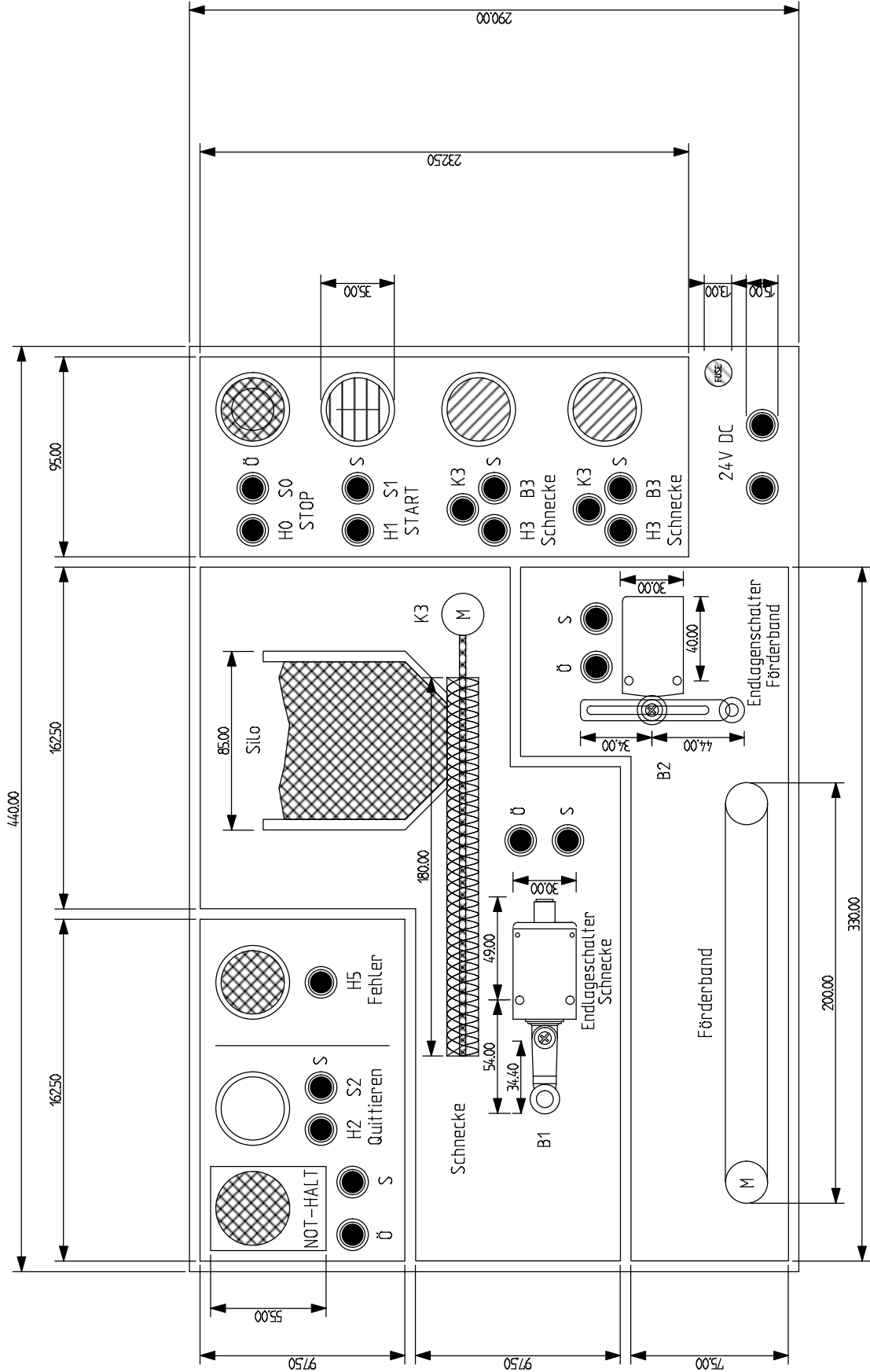
[illegible]

| | | | | | | | | | |
|--|--------|---------------------------------|---|-------------------|--|-------------------|--------------------|------------------|--|
| Bauteilliste | | | | | | | | | |
| Nr. | Anzahl | Bauteilname | Bezeichnung | | | | Hersteller | | |
| 1 | 2 | Schütz | Mini-Schütz LC1SK 2p, 2.2 kW, 6 A, 400 V AC3, Spule 24 V AC | | | | Schneider Electric | | |
| 2 | 1 | Endlagenschalter Förderschnecke | XCMV2115M12 | | | | Telemecanique | | |
| 3 | 1 | Endlagenschalter Förderband | XCMN2145L1 | | | | Telemecanique | | |
| 4 | 1 | NOT-HALT-Taster | Not-Halt/Aus-Taster Eaton 197536 – M22-PVT30 | | | | EATON | | |
| | 1 | –"– | Not-Aus-Schild Eaton 216471 – M22-XZK-D99 | | | | EATON | | |
| | 1 | –"– | Kontaktelement Eaton 216376 – M22-K10 | | | | EATON | | |
| | 1 | –"– | Kontaktelement Eaton 216378 – M22-K01 | | | | EATON | | |
| | 1 | –"– | Befestigungsadapter Eaton 216374 – M22-A | | | | EATON | | |
| 5 | 1 | FEHLER-Leuchtmelder rot | Setartikel Leuchtmelder (rot) Eaton M22-L-R/-A/-LED-R | | | | EATON | | |
| 6 | 1 | QUITTIER-Leuchtdrucktaster | Set Leuchtdrucktaster Eaton M22-DL-W/-A/-LED-W/-K10 | | | | EATON | | |
| 7 | 2 | Leuchtmelder grün | Set Leuchtmelder (grün) Eaton M22-L-G/-A/-LED-G | | | | EATON | | |
| 8 | 1 | STOP-Leuchtdrucktaster | Set Leuchtdrucktaster Eaton M22-DL-R-X0/-A/-LED-R/-K01 | | | | EATON | | |
| 9 | 1 | START-Leuchtdrucktaster | Set Leuchtdrucktaster Eaton M22-DL-G-X1/-A/-LED-G/-K10 | | | | EATON | | |
| 10 | 21 | Durchgangsklemmen | 2-Leiter-Durchgangsklemme (2200-1201) | | | | WAGO | | |
| 11 | 1 | Beschriftungskarte | WMB-Beschriftungskarte 1.10 (793-5502) | | | | WAGO | | |
| | 1 | –"– | WMB-Beschriftungskarte 11.20 (793-5503) | | | | WAGO | | |
| | 1 | –"– | WMB-Beschriftungskarte 0V/24V (793-4997) | | | | WAGO | | |
| 12 | 1 | Brücker | Brücker (2002-409) 9-fach | | | | WAGO | | |
| | 1 | –"– | Brücker (2004-410) 10-fach | | | | WAGO | | |
| | 1 | –"– | Brücker (2001-403) 3-fach | | | | WAGO | | |
| 13 | 1 | Tragschiene | Stahltragschiene (210-112) 2m | | | | WAGO | | |
| vorherige Seite: 3 | | | | Kunde | | Blattbeschreibung | | nächste Seite: 5 | |
| Zustand | | Änderung | | Datum | | Projekt | | Name | |
| | | | | 15/08/2022 | | Bearb. | | 04.08.2022 | |
| | | | | | | Gepr. | | 12459 Berlin | |
| | | | | | | Norm | | Urspr. | |
| Schutzvermerk nach DIN ISO 16016 beachten! | | | | Ers.f | | Ers.d | | Zeichng.-Nr.: | |
| | | | | Proj.-Nr.: | | Standort | | Anlage: | |
| | | | | Stromlaufplan_HSS | | Ort: | | Blatt: 4 | |
| | | | | | | | | von 7 | |

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|--------------------|------------|---------------------------|--|---------------------|-----------------------|-------------------|---------------|----------|---|
| | | | | | ✓ | | | | | |
| A | Bauteilliste | | | | | | | | | |
| | Nr. | Anzahl | Bauteilname | Bezeichnung | | | Hersteller | | | A |
| | 14 | 1 | Buchse | SLB4-F6,3/N-X Sicherheits-Laborbuchse f rot | | | Stäubli | | | |
| | | 1 | -"- | SLB4-F6,3/N-X Sicherheits-Laborbuchse f schwarz | | | Stäubli | | | |
| | | 11 | -"- | SLB4-F6,3/N-X Sicherheits-Laborbuchse f gelb | | | Stäubli | | | |
| B | | 8 | -"- | SLB4-F6,3/N-X Sicherheits-Laborbuchse f blau | | | Stäubli | | | |
| | 15 | 1 | Feinsicherung | ESKA 521.515 Feinsicherung 5x20mm, mittelträge (m), 630mA | | | ESKA | | | |
| | 16 | 1 | Diode | TMM BAT43 FILM Kleinsignal-Schottky-Dioden, 30V, 0,2A | | | ST life.augmented | | | |
| | 17 | 1 | Sicherungshalter | Sicherungshalter für Feinsicherung 5 x 20 mm 10 A 250 V/AC | | | Conrad | | | |
| C | 18 | 1 | Einzelader 0.5mm² rot | Einzelader LAPP 4510041 – H05V-K 1X0,5 RD | | | LAPP | | | |
| | 19 | 1 | Einzelader 0.5mm² schwarz | Einzelader LAPP 4510011 – H05V-K 1X0,5 BK | | | LAPP | | | |
| | 20 | 1 | Einzelader 0.5mm² blau | Einzelader LAPP 4510021 – H05V-K 1X0,5 BU | | | LAPP | | | |
| | 21 | 1 | Aderendhülse 0.5mm² | Aderendhülsen-Streifen Enghofer E 0,5-8 WH – 30002200 | | | KARLENGHOFER | | | |
| D | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| F | vorherige Seite: 4 | | | Kunde | Projektbeschreibung | Blattbeschreibung | nächste Seite: 6 | | | |
| | Zustand / Änderung | Datum | Name | Projekt | Datum | Name | Proj.-Nr.: | Anlage: | | |
| | | 15/08/2022 | | HTW Berlin FB1 S. Schäfer | 04.08.2022 | Silo mit Förderanlage | Stramlaufplan HSS | Ort: | | |
| | | | | 12459 Berlin | | Hochverfügbare und | Standort | Zeichng.-Nr.: | Blatt: 5 | |
| | | | | Urspr. | Ers.d | | | | von 7 | |

Schutzvermerk nach DIN ISO 16016 beachten!

| Farbe | Farbcode |
|------------|----------|
| Rot | 1 |
| Weiß | 2 |
| Dunkelgrün | 3 |
| Hellgrün | 4 |

[illegible]

[illegible]

| | | | | | | | | | |
|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Verdrahtungsliste | | | | | | | | | |
| Schutzvermerk nach DIN ISO 16016 beachten | | | | | | | | | |
| A | | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | |
| F | | | | | | | | | |
| vorherige Seite: | | | | | | | | | |
| Zustandänderung | | | | | | | | | |
| Datum | | | | | | | | | |
| Name | | | | | | | | | |
| Projekt | | | | | | | | | |
| Datum | | | | | | | | | |
| Name | | | | | | | | | |
| Kunde | | | | | | | | | |
| Projektbeschreibung | | | | | | | | | |
| Blattbeschreibung | | | | | | | | | |
| Verdrahtungsliste | | | | | | | | | |
| nächste Seite: 2 | | | | | | | | | |
| Proj.-Nr.: | | | | | | | | | |
| Anlage: | | | | | | | | | |
| Strömungsplan_HSS | | | | | | | | | |
| Ort: | | | | | | | | | |
| Zeichn.-Nr.: | | | | | | | | | |
| Standort | | | | | | | | | |
| Blatt: 1 | | | | | | | | | |
| von 3 | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------------|-----|--------------------------|--|--|--|--|--|
| Verdrahtungsliste | | | | | | | | | |
| A | | | | | | | | | |
| Lfd. Nr. | Adenfarbe | Aderquerschnitt | Typ | Ziele | | | | | |
| 011 | BU | 0.5 | | Endl. Schnecke:1 / X:9 | | | | | |
| 012 | BU | 0.5 | | Endl. Schnecke:2 / -B1:1 | | | | | |
| 013 | BU | 0.5 | | Endl. Schnecke:3 / X:8 | | | | | |
| 014 | BU | 0.5 | | H0:1 / -H0:X1 | | | | | |
| 015 | BU | 0.5 | | H1:1 / -H1:X1 | | | | | |
| 016 | BU | 0.5 | | H2:1 / -H2:X1 | | | | | |
| 017 | BU | 0.5 | | H3:1 / -H3:X1 | | | | | |
| 018 | BU | 0.5 | | H4:1 / -H4:X1 | | | | | |
| 019 | BU | 0.5 | | H5:1 / -H5:X1 | | | | | |
| 020 | BU | 0.5 | | K3:1 / -K3:A1 | | | | | |
| 021 | BU | 0.5 | | K4:1 / -K4:A1 | | | | | |
| 022 | BU | 0.5 | | NOT-HALT:1 / X:6 | | | | | |
| 023 | BU | 0.5 | | NOT-HALT:2 / S5:1 | | | | | |
| 024 | BU | 0.5 | | NOT-HALT:3 / X:7 | | | | | |
| 025 | BU | 0.5 | | NOT-HALT:4 / -S5:1 | | | | | |
| 026 | BU | 0.5 | | S0:1 / -S0:2 | | | | | |
| 027 | BU | 0.5 | | S1:1 / -S1:4 | | | | | |
| 028 | BU | 0.5 | | S2:1 / -S2:4 | | | | | |
| 029 | BU | 0.5 | | X:1 / -S0:1 | | | | | |
| 030 | BU | 0.5 | | X:2 / -S1:3 | | | | | |
| 031 | BU | 0.5 | | X:3 / -S2:3 | | | | | |
| 032 | BU | 0.5 | | X:4 / -K3:3 | | | | | |
| 033 | BU | 0.5 | | X:5 / -K4:3 | | | | | |
| 034 | BU | 0.5 | | X:12 / -H0:X2 | | | | | |
| 035 | BU | 0.5 | | X:13 / -H1:X2 | | | | | |
| 036 | BU | 0.5 | | X:14 / -H2:X2 | | | | | |
| 037 | BU | 0.5 | | X:15 / -H3:X2 | | | | | |
| 038 | BU | 0.5 | | X:16 / -H4:X2 | | | | | |
| 039 | BU | 0.5 | | X:17 / -H5:X2 | | | | | |
| Schutzvermerk nach DIN ISO 16016 beachten | | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | |
| F | | | | | | | | | |
| vorherige Seite: 1 | | | | | | | | | |
| Zustand _nderung | | | | | | | | | |
| Datum 15/08/2022 | | | | | | | | | |
| Projekt Datum 15/08/2022 | | | | | | | | | |
| Name Name | | | | | | | | | |
| Kunde HTW Berlin FB1 S. Schäfer | | | | | | | | | |
| Projekt Beschreibung Silo mit Förderanlage | | | | | | | | | |
| Bearb. 15/08/2022 Zielort fWilhelminenhofstraße 75A | | | | | | | | | |
| Gepr. 12459 Berlin | | | | | | | | | |
| Norm Urspr. | | | | | | | | | |
| Ers.f | | | | | | | | | |
| Ers.d | | | | | | | | | |
| Blattbeschreibung Verdrahtungsliste | | | | | | | | | |
| n. chste Seite: 3 | | | | | | | | | |
| Proj.-Nr.: | | | | | | | | | |
| Anlage: | | | | | | | | | |
| Stromaufplan_HSS | | | | | | | | | |
| Standort | | | | | | | | | |
| Zeichng.-Nr.: | | | | | | | | | |
| Blatt: 2 | | | | | | | | | |
| von 3 | | | | | | | | | |

[illegible]

Literaturverzeichnis

- [1] HTW-Logo auf dem Deckblatt
https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Logo_HTW_Berlin.svg
Stand: 17.08.2018 um 14:49 Uhr

- [2] HTW-Logo in der Kopfzeile
<http://tonkollektiv-htw.de/>
Stand: 17.08.2018 um 14:53 Uhr