



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	26

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

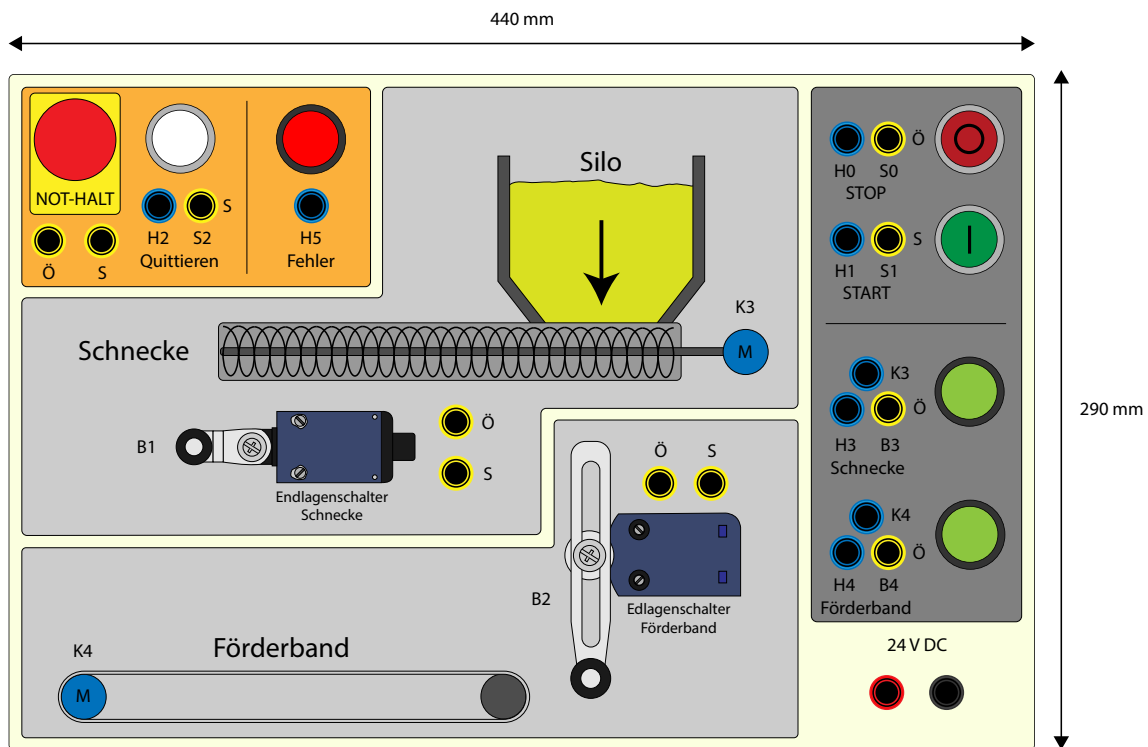


Abbildung 1: Technologisches Schema der Anlage „Silo mit Förderanlage“

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-Signal der Hilfskontakte (B3, B4) der Schütze. Sind die vorangegangenen Bedingungen erfüllt, blinkt der START-Leuchtdrücktaster (H1) mit einer vorgegeben Frequenz von $f = 1 \text{ Hz}$. Der STOP-Leuchtdrücktaster (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

Tabelle 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

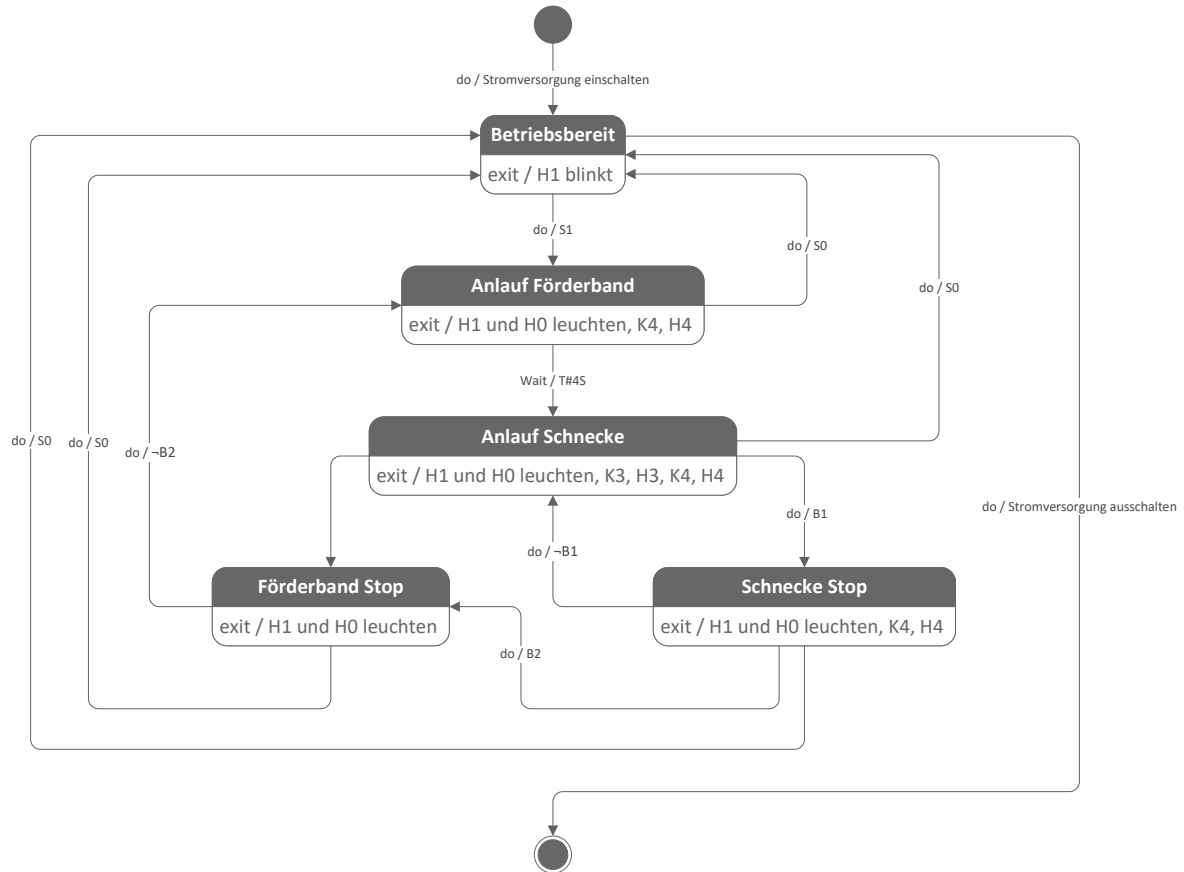


Abbildung 2: Moore Automaten graph des Normalbetriebs

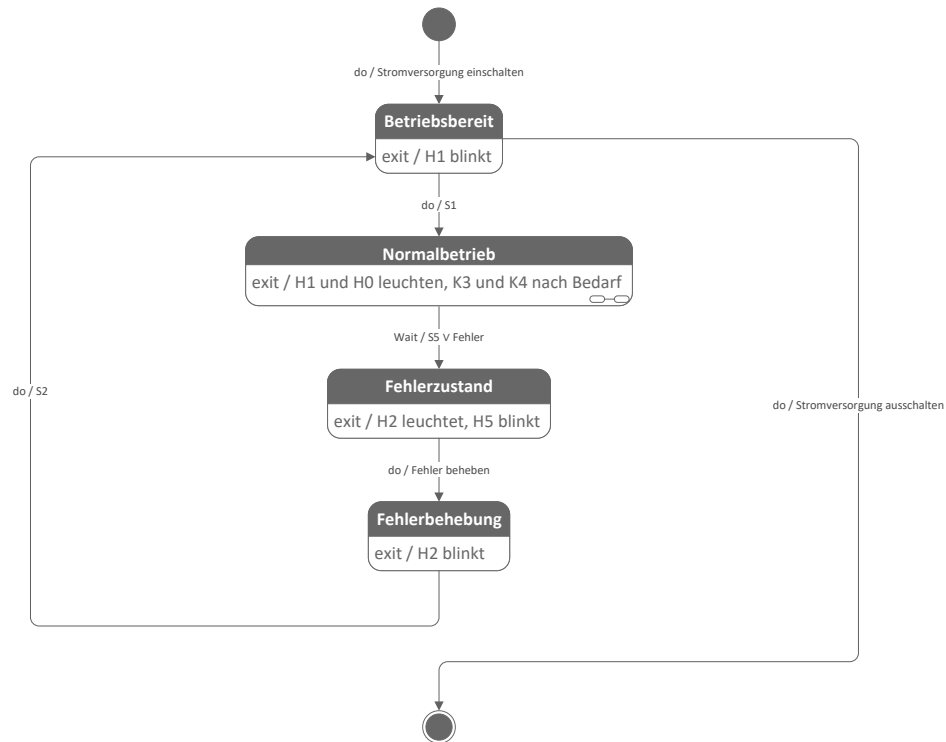


Abbildung 3: Moore Automatengraph des Fehlerfalls

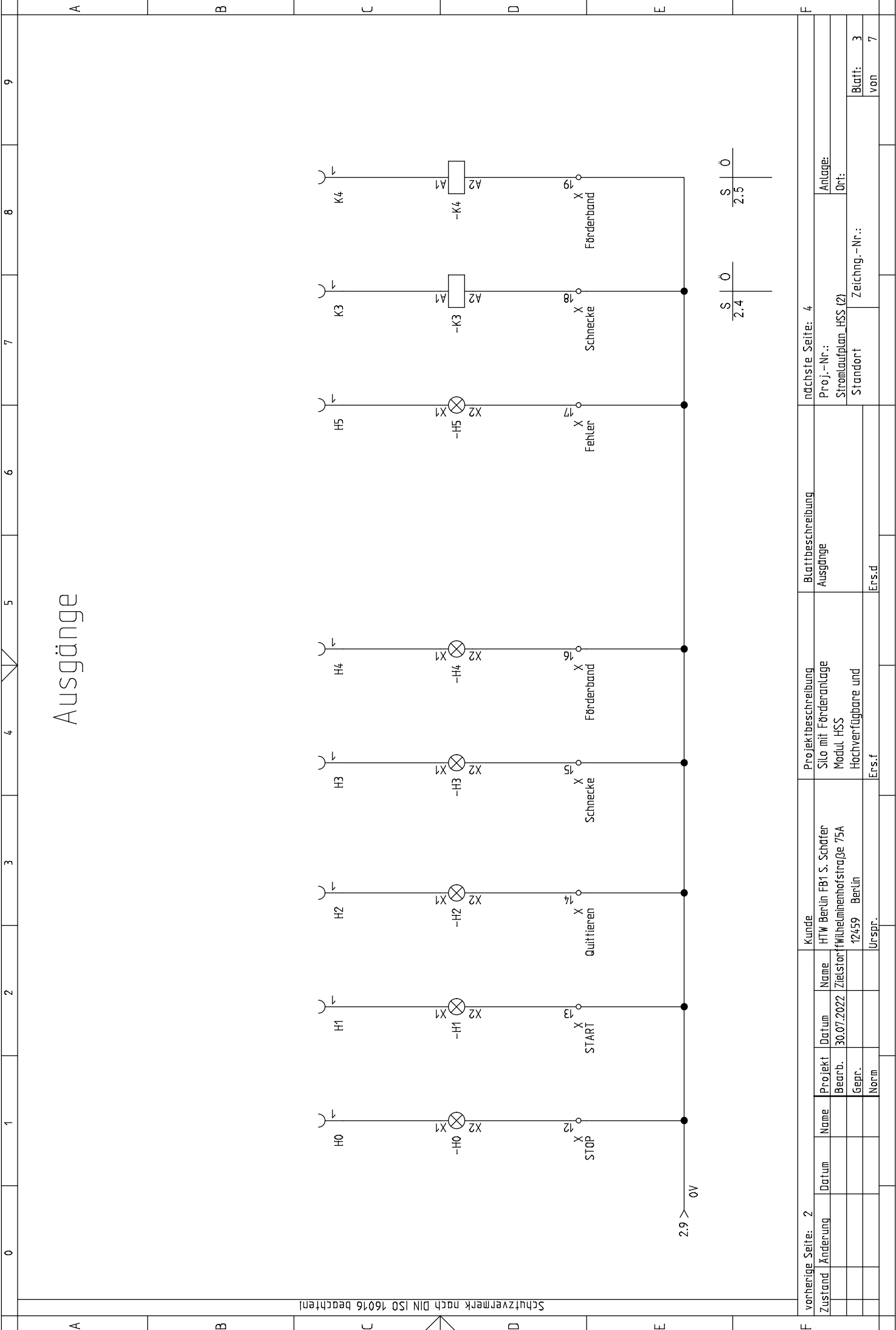
5 Stromlaufplan

[illegible]

[illegible]

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
A	Einspeisung										
B											
C											
D											
E											
F	<div> <div>vorherige Seite:</div> <div> <div>Zustand</div> <div>Änderung</div> <div></div> <div></div> </div> <div> <div>Projekt</div> <div>Name</div> <div>Datum</div> <div></div> </div> <div> <div>Bearb.</div> <div></div> <div>30.07.2022</div> <div></div> </div> <div> <div>Gepr.</div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> <div> <div>Norm</div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> </div> <div> <div>Kunde</div> <div>FTW Berlin FB1 S. Schöfer</div> <div>12459 Berlin</div> <div>Urspr.</div> </div> <div> <div>Projektbeschreibung</div> <div>Silo mit Förderanlage Modul HSS Hochverfügbare und</div> <div>Ers.f</div> </div> <div> <div>Blattbeschreibung</div> <div>Einspeisung</div> <div>Ers.d</div> </div> <div> <div>nächste Seite: 2</div> <div> <div>Proj.-Nr.:</div> <div>Standort</div> </div> <div> <div>Anlage:</div> <div>Zeichn.-Nr.:</div> </div> <div> <div>Ort:</div> <div>Blatt: 1 von 7</div> </div> </div>										

Schutzvermerk nach DIN ISO 16016 beachten!







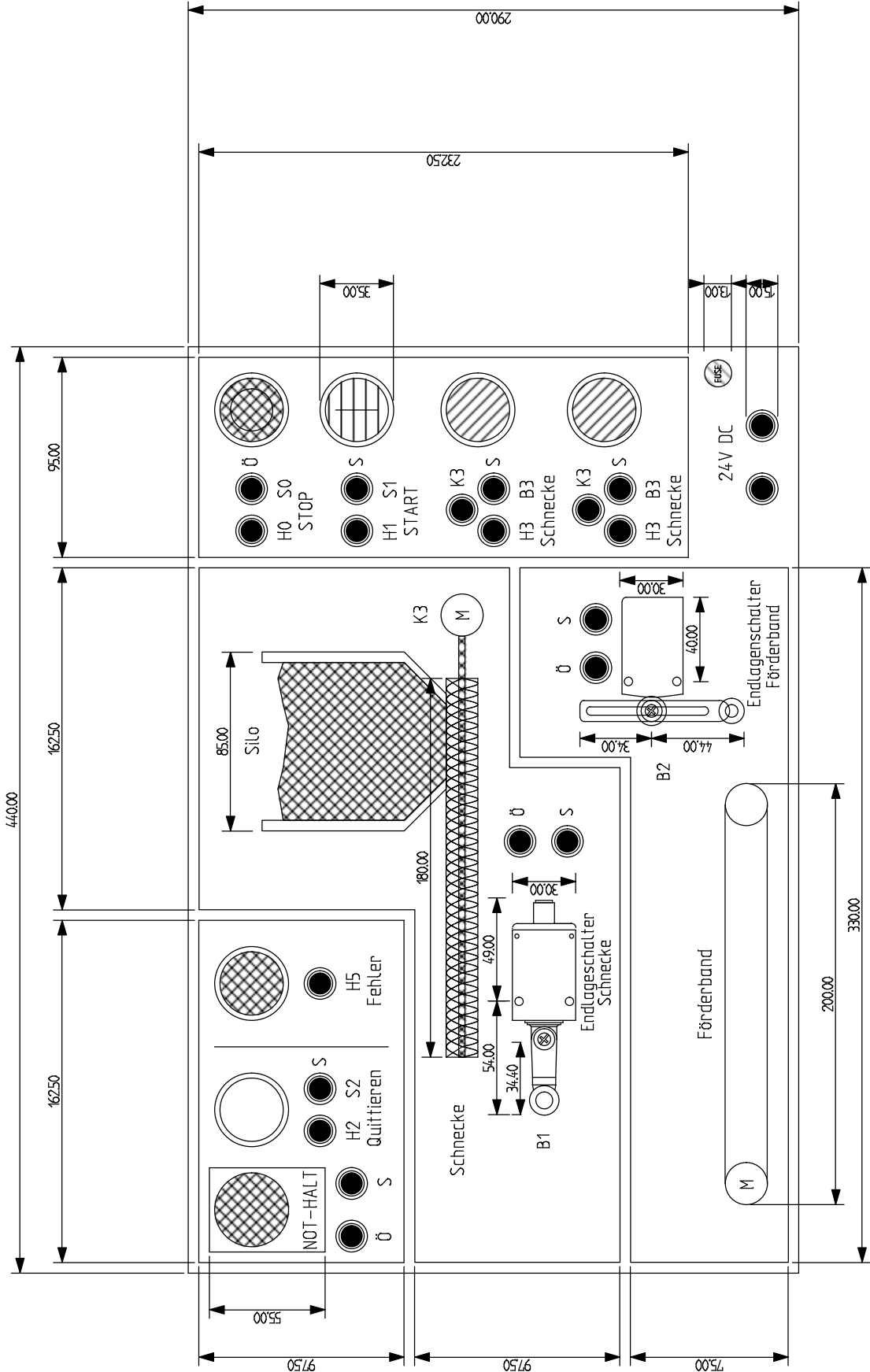
Bauteilliste										
Nr.	Anzahl	Bauteilname	Bezeichnung			Hersteller			A	
1	2	Schütz	Mini-Schütz LC1SK 2p, 2.2 kW, 6 A, 400 V AC3, Spule 24 V AC			Schneider Electric				
2	1	Endlagenschalter Förderschnecke	XCMV2115M12			Telemecanique				
3	1	Endlagenschalter Förderband	XCMN2145L1			Telemecanique				
4	1	NOT-HALT-Taster	Not-Halt/Aus-Taster Eaton 197536 – M22-PVT30			EATON			B	
	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			C	
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			D	
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			E	
12	1	Brücken	Brücken (2002-409) 9-fach			WAGO				
	1	–"–	Brücken (2004-410) 10-fach			WAGO				
	1	–"–	Brücken (2001-403) 3-fach			WAGO				
13	1	Tragschiene	Stahltragschiene (210-112) 2m			WAGO				
vorherige Seite: 3			Kunde		Projektbeschreibung		Blattbeschreibung		nächste Seite: 5	
Zustand Änderung			Datum		Name		HTW Berlin FB1 S. Schäfer		Proj.-Nr.:	
			04.08.2022		Zielstor		Silo mit Förderanlage Modul HSS		Stromlaufplan HSS (2)	
							Hochverfügbare und		Standort	
					12459 Berlin		Ers.d		Zeichng.-Nr.:	
					Urspr.				Blatt: 4	
									von 7	

Schutzvermerk nach DIN ISO 16016 beachten!

	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:		
				Bearb.	04.08.2022	Zielstor fWilhelmshofstraße 75A	Stramlaufplan HSS (2)			
				Gepr.		Hochverfügbare und	Standort			Blatt: 5
				Norm		Ers.f	Zeichng.-Nr.:			von 7

Schutzvermerk nach DIN ISO 16016 beachten!

	Rot
	Weiß
	Dunkelgrün
	Hellgrün



F	vorherige Seite: 5				Kunde				Projektbeschreibung				Blattbeschreibung				nächste Seite: 7				F					
	Zustand	Änderung	Datum	Name	Projekt	Datum	Name	Silo mit Förderanlage							Aufbauplan – Vorderseite				Proj. – Nr.:		Anlage:					
			14./08./2022		Bearb.	04.08.2022	Zielsfor	Wilhelmminnenhofstraße 75A											Stromlaufplan_HSS (2)				Ort:			
					Gepr.			12459 Berlin							Hochverfügbare und				Standort				Zeichng. – Nr.:		Blatt: 6	
					Norm			Unspr.							Ers.f										von 7	

[illegible]

Verdrahtungsliste										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3
										2
										1
										0
										9
										8
										7
										6
										5
										4
										3

[illegible]

[illegible]

Klemmenleiste:

X

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