



# TECHNIKERARBEIT - ONLINEVERSION -

Bau und Programmierung einer Plug-In Station für die I4.0 Anlage der Hohentwiel-Gewerbeschule Singen, zur Ermittlung der korrekten Tiefe der Libellenbohrungen in der Wasserwaage

Tim Weitz, Jonas Deggelmann, Dominic Schmid

- Inhaltsverzeichnis siehe S. 4
- Symboltabellen u. Programm siehe Anhang



Tim Weitz

Jonas Deggelmann

Dominic Schmid

## Technikerarbeit

Hohentwiel-Gewerbeschule

Fachbereich Automatisierungstechnik / Mechatronik

Uhlandstraße 27

78224 Singen am Hohentwiel

Betreuung durch

Herrn *Josef Läufler*  
Hohentwiel-Gewerbeschule  
Fachbereich  
E-Labor und E-CAD  
Uhlandstraße 27  
78224 Singen am Hohentwiel  
[josef.laeufle@hgs-singen.de](mailto:josef.laeufle@hgs-singen.de)

Herrn *Michael Tritschler*  
Hohentwiel-Gewerbeschule  
Fachbereich  
Automatisierungstechnik  
Uhlandstraße 27  
78224 Singen am Hohentwiel  
[michael.tritschler@hgs-singen.de](mailto:michael.tritschler@hgs-singen.de)



## **Danksagung**

Wir danken der Hohentwiel-Gewerbeschule Singen für die Bereitstellung einer Technikerarbeit, die auf neusten Technologien basiert und uns gleichermaßen gefordert und begeistert hat.

Ein besonderer Dank geht an unsere betreuenden Lehrer Michael Tritschler und Josef Läufe, die uns bei Fragen und Problemen immer zur Seite gestanden sind. Dies gilt vor allem für den Bereich der Programmierung.

Insbesondere danken wir auch Firma Schubert System Elektronik, für Ihre großzügige Sachspende, in einem Wert von ca. 3000 €. Es handelt sich dabei um ein Messsystem, bestehend aus einem axialen Prüftastkopf (Typ: TK9LIN50) und dem zugehörigen Controller (Typ: BKM91PN Premium). Ohne diese kostenlos überlassenen Komponenten, wäre die Umsetzung der Messstation und somit dieser Technikerarbeit nicht möglich gewesen.



## Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort.....	7
1.1. Unternehmensvorstellung .....	8
1.1.1. Die Hohentwiel-Gewerbeschule Singen als Träger der Industrie 4.0 Anlage.....	8
2. Aufgabenstellung.....	10
2.1. Basisaufgabe.....	10
2.2. Istzustand .....	11
2.3. Sollzustand .....	13
3. Projektablauf .....	13
4. Planung und Umsetzung .....	15
4.1. Konstruktion.....	15
4.1.1. Anpassung an vorhandene Anlage .....	15
4.1.2. Erstellung eines Layouts .....	15
4.1.3. Aufbau und Anschluss .....	15
4.2. Bauteile.....	16
4.2.1. Übersicht der Bauteile in der Messstation.....	16
4.2.2. BK-Mikro.....	18
4.2.3. Beckhoff Klemmen .....	22
4.2.4. Mehrstockklemmen .....	26
4.2.5. SMC Pneumatik Ventilinsel .....	27
4.2.6. Lineareinheit (-MM3) .....	30
(Parallelgreifer: HGP-10-A, Firma Festo) .....	32
4.2.7. Hubzylinder (-MM2) .....	33
4.2.8. Schwenkeinheit (-MM4).....	34
4.2.9. Querverschiebeschlitten (-MM5).....	35
4.3. Ablaufprozesse .....	36
4.3.1. Positionserkennung der Tastnadel.....	36
4.3.2. Automatikbetrieb .....	37
4.4. Programmierung .....	39
4.4.1. Baustein-Programmbeschreibung.....	41
4.4.2. HMI-Panel: Bilderbeschreibung.....	44
4.4.3. QR-Code.....	47
4.5. Schaltpläne .....	48
4.5.1. Elektroschaltplan.....	48
4.5.2. Pneumatikplan.....	48



5. Fazit .....	49
6. Vorschläge für eine Optimierung der Messstation .....	49
7. Liste aller Datentypen.....	50
8. Anhang Symboltabellen.....	52
8.1. PLC.....	52
8.2. HMI.....	52
9. Anhang Programm .....	52



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Hohentwiel-Gewerbeschule Singen .....	8
Abbildung 2: Industrie 4.0 Anlage .....	9
Abbildung 3: Zeichnungsausschnitt Wasserwaage .....	10
Abbildung 4: Wasserwaage auf Ablageblock .....	11
Abbildung 5: Mobile Wasserwaage-Messstation .....	11
Abbildung 6: Aufbau Warenträger .....	12
Abbildung 7: Warenträger auf Förderband .....	12
Abbildung 8: Übersicht der Bauteile in der Messstation .....	16
Abbildung 9: Übersicht der Bauteile in der Messstation .....	17
Abbildung 10: Anschlussbelegung BK-Mikro Messsystem; Schaltplan Blatt 3 .....	18
Abbildung 11: Messtaster TK9LIN50 .....	19
Abbildung 12: Bohrungsmessstellen an der Wasserwaage .....	19
Abbildung 13: Steuergerät BKM91PN Premium .....	20
Abbildung 14: Steuergerät BKM91PN Premium .....	21
Abbildung 15: Buskoppler: EK9300 .....	22
Abbildung 16: Anschlussbelegung Buskoppler: EK9300; Schaltplan Blatt 2 .....	23
Abbildung 17: 8-Kanal-Digital-Eingangsklemme: EL1008 .....	24
Abbildung 18: Busendklemme: KL9010 .....	24
Abbildung 19: Anschlussbelegung Eingangsklemmen .....	25
Abbildung 20: Initiatoren-/Aktorenklemme - DIKD 1,5 .....	26
Abbildung 21: Ausschnitt Ventilinsel .....	27
Abbildung 22: Serielle Übertragungseinheit für Ventilinseln: EX260SPN1 .....	28
Abbildung 23: Datenblattauszug; Serie EX260 für PROFINET .....	29
Abbildung 24: Ventil SY3200-5U1 .....	29
Abbildung 25: von oben nach unten: Linearantrieb -MM3, Doppelkolbenzylinder -MM2, Parallelgreifer -MM1 .....	30
Abbildung 26: Greifer Komponenten .....	32
Abbildung 27: Doppelkolbenzylinder CXSM10-40 .....	33
Abbildung 28: Schwenkantrieb DSR-16-180-P .....	34
Abbildung 29: Mini-Schlitten SLT-10-50-A-CC-B .....	35
Abbildung 30: Mini-Schlitten SLT-16-10-P-A .....	35
Abbildung 31: Ablaufschema .....	37
Abbildung 32: Präfix – nicht vollständig .....	39
Abbildung 33: Baustein FB7 Graph7 .....	40
Abbildung 34: Anfang und Ende der Schrittkette .....	43
Abbildung 35: Homebildschirm .....	44
Abbildung 36: Automatikbildschirm .....	45
Abbildung 37: Handbetrieb .....	46
Abbildung 38: QR-Code .....	47



## 1. Vorwort

Die Technikerarbeit ist wichtiger Bestandteil der Fortbildung zum staatlich geprüften Techniker. Hierbei werden fachspezifische Kenntnisse vertieft, erarbeitet und angewandt. Ziel ist es, dabei praxisnah die möglichst fachübergreifenden, schulischen Inhalte anzuwenden und auf eine Aufgabenstellung zu übertragen.

Darüber hinaus soll sich ggfs. aber auch in neue Aufgabenbereiche eingearbeitet werden.

Es handelt sich bei der Technikerarbeit um eine praktische Projektarbeit, welche von Betrieben oder direkt von der Schule vergeben wird. Im Laufe des ersten Jahres der Technikerschule suchen sich die Schüler selbst eine für sie passende Technikerarbeit, indem sie mit einem Unternehmen eine Aufgabenstellung festlegen. Die Technikerarbeit soll sich in einem zeitlichen Rahmen von ca. 160 bis 250 Stunden bewegen.

Unser Team, bestehend aus Tim Weitz, Jonas Deggelmann und Dominic Schmid, übernimmt die von der Hohentwiel-Gewerbeschule Singen vergebene Technikerarbeit. In Absprache mit den verantwortlichen Lehrern Herr Michael Trischler und Herr Josef Läufler, welche uns die Aufgaben näherbringen, erörtern wir, was es hierbei zu tun gibt.

Ziel ist es hierbei, eine Messstation umzusetzen, von der Konstruktion über den Aufbau bis hin zur Programmierung und diese in die Industrie 4.0 Anlage der Schule zu integrieren.

Der Entschluss zu dieser Technikerarbeit ist für uns darin begründet, dass hier sehr vielseitige Herausforderungen der Themenbereiche Mechatronik und Automatisierungstechnik bearbeitet werden können. Dies bereitet uns ideal auf den späteren Berufsalltag vor.

## 1.1. Unternehmensvorstellung

Die Hohentwiel Gewerbeschule Singen beinhaltet verschiedene Formen von beruflichen Schulen, die Technische Oberschule, das Technische Gymnasium, die Meisterschule Kraftfahrzeugtechnik und die Technikerschule. Letztere wird in zweijährigem Vollzeitunterricht in Theorie und Labor durchgeführt. Sie bildet zum staatlich geprüften Techniker fort und untergliedert sich in die Fachrichtung Maschinentechnik, sowie unsere Richtung Automatisierungstechnik / Mechatronik.



Abbildung 1: Hohentwiel-Gewerbeschule Singen

### 1.1.1. Die Hohentwiel-Gewerbeschule Singen als Träger der Industrie 4.0 Anlage

Im Jahr 2015 startet das Ministerium für Wirtschaft und Finanzen Baden-Württemberg das Projekt Lernfabrik 4.0, um die vielbeachteten 4.0-Technologien an den beruflichen Schulen zu etablieren.

Ziel ist es, automatisierte Anlagen mit Schnittstellen in die Fertigungstechnik und die Robotik zu realisieren. Vorbild ist die vollautomatische Produktion bis zur Losgröße 1 mit lückenloser Datenerfassung und einem übergeordneten MES-System (Manufacturing Execution System).

Die Komponenten der Lernfabrik sind inzwischen fester Bestandteil des Unterrichts.

(Vgl. <https://www.hgs-singen.de/2017-2018-Lernfabrik.html>, 11.06.2019)

Die Technikerarbeit, welche wir umsetzen, wird fester Bestandteil der Industrie 4.0 Anlage dieser Lernfabrik.



*Abbildung 2: Industrie 4.0 Anlage*

## 2. Aufgabenstellung

### 2.1. Basisaufgabe

In der Lernfabrik 4.0 unserer Schule werden Wasserwaagen aus Aluminium gefertigt. Diese Wasserwaagen werden automatisiert in der schuleigenen Lernfabrik „Smart Factory – I4.0“ fertig montiert, geprüft und eingelagert (siehe Kapitel 1.1.1). Das Ziel der Technikerarbeit ist es, eine Plug-In Messstation zu entwerfen, welche die zwei Ausfräsungen der Wasserwaage mittels eines axialen Prüftastkopfes mit Mikrocontroller auf Maß (in mm) misst.

Es sollen dabei zwei Messungen an den Bohrungen vorgenommen werden. Die Messergebnisse sollen an einem HMI-Panel angezeigt, in einem Datenbaustein gespeichert und ausgewertet werden. Diese Prüfungen dienen dazu, dass bei der späteren Montage der Wasserwaagelibellen, eine ausreichende Maßhaltigkeit gewährleistet ist.

Die neue Messstation soll in die bestehende Smart Factory – I4.0 integriert werden, aber nur bei Bedarf durch einen extra Startbefehl in Funktion treten.

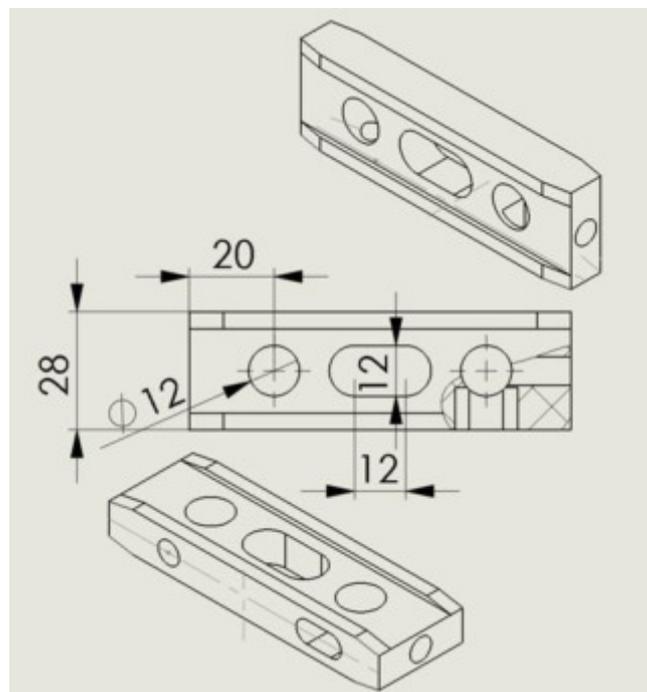


Abbildung 3: Zeichnungsausschnitt Wasserwaage

## 2.2. Istzustand

Für das digitale SPS-Labor besitzt die Hohentwiel-Gewerbeschule Singen (HGS) schon fünf mobile Messstationen für Wasserwaagen.

Die zu prüfende Wasserwaage wird hierbei manuell in eine Ausfräsung im Ablageblock des Drehtellers gelegt (siehe Abb. 4).

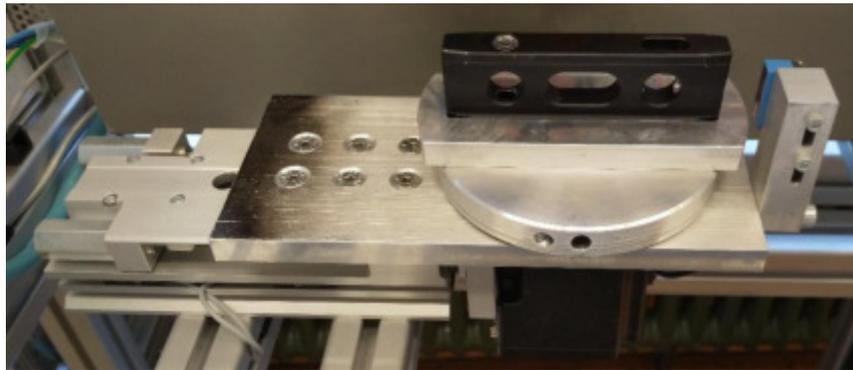


Abbildung 4: Wasserwaage auf Ablageblock

Ist die mobile Messstation mit Hilfe einer Schutzabdeckung geschlossen, kann ein Prüfvorgang gestartet werden. Dieser wird mittels eines Prüftastkopfes ausgeführt. Die Messergebnisse können dabei an einem HMI-Panel angezeigt werden.

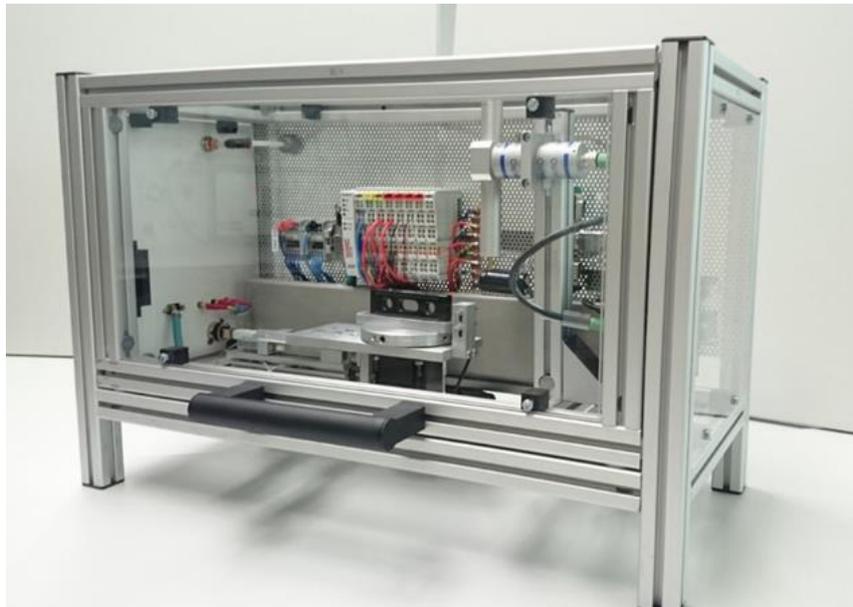


Abbildung 5: Mobile Wasserwaage-Messstation

Die nachträglich installierte Smart Factory – I4.0 (HGS-Lernfabrik) besitzt noch keine integrierte Wasserwaage-Messstation.

Die Wasserwaagen, welche hier automatisiert ausgelagert und über ein Förderbandsystem transportiert werden, befinden sich jeweils auf einer Palette, welche wiederum auf einem Warenträger aufliegt. Dieser Aufbau ist in Abbildung 6 und dargestellt.

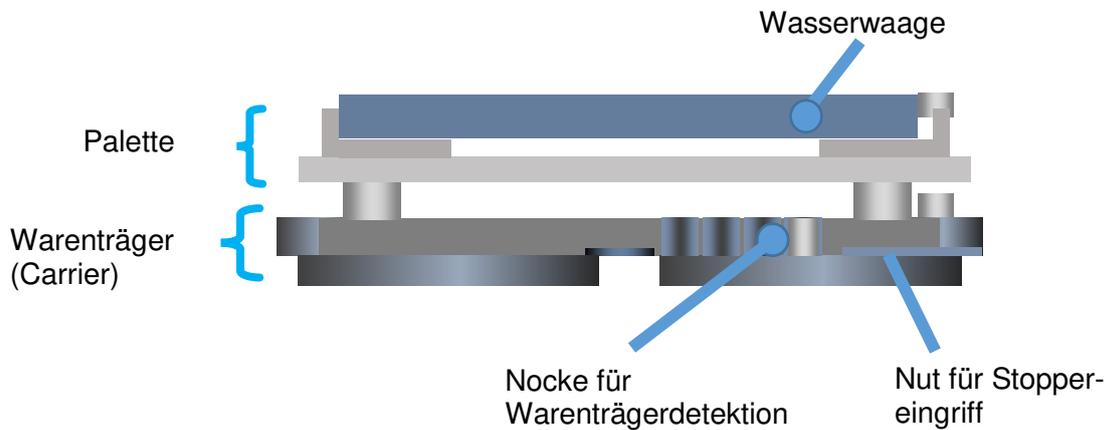


Abbildung 6: Aufbau Warenträger

Die Wasserwaagen müssen für eine Messung durch die zu integrierende Station korrekt aufliegen, in Bezug zum Warenträger und zur Bandlaufrichtung. In Abb. 7 ist ein Warenträger ersichtlich, welcher in die Halteposition einer Station einfährt.

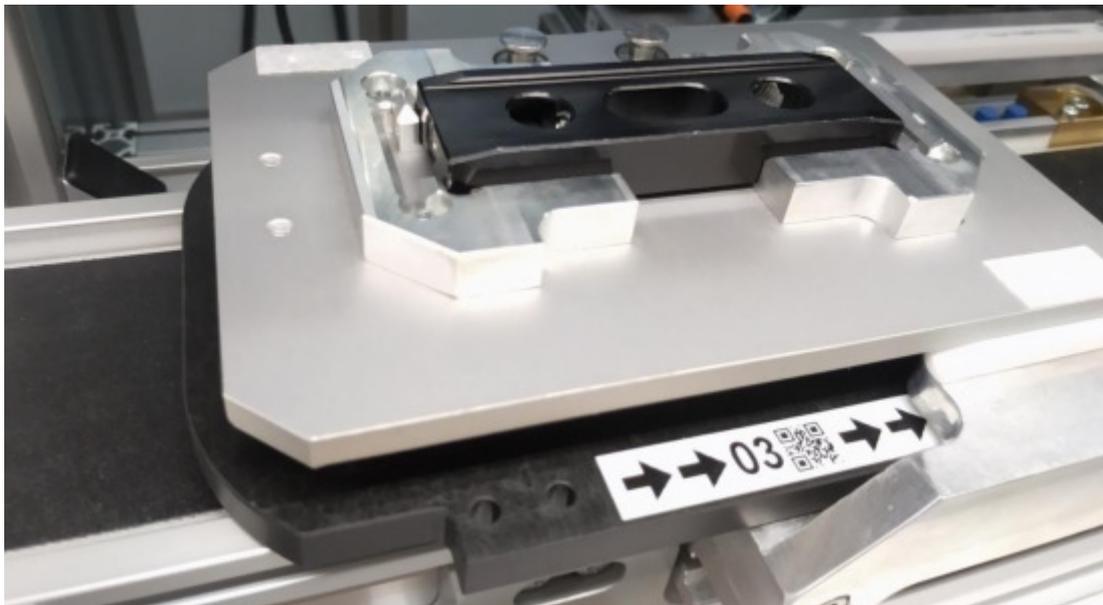


Abbildung 7: Warenträger auf Förderband



### **2.3. Sollzustand**

Unsere Aufgabe ist es, für die Smart-Factory – I4.0 am Förderband 3 eine Wasserwaage-Messeinheit zu entwerfen und herzustellen, die die notwendigen Messungen durchführen kann. Zudem muss sie auf die Gegebenheiten und Anforderungen der Smart-Factory – I4.0 abgestimmt sein.

Bei der geplanten Messstation soll die Wasserwaage, die sich auf einer Palette des Warenträgers befindet, von einem Greifer erfasst und mittels elektropneumatischer Zylinder zum Messkopf transportieren werden. Nach Durchführung der zwei Messungen soll die Wasserwaage wieder auf die Palette des Warenträgers zurückgesetzt werden.

Die erfassten Messwerte sollen an einem HMI-Panel angezeigt und in einen SPS-Datenbaustein zwischengespeichert werden.

Das SPS-Programm für die Messstation soll mit Hilfe der SPS-Software "TIA-Portal V14" erstellt werden. Mittels des schon am Förderband 3 vorhandenen HMI-Panel soll die Messstation bedienbar sein.

Die Messstation soll eine Sicherheitsumhausung aus Plexiglas erhalten.

## **3. Projektablauf**

Der Projektablauf umfasst im Wesentlichen folgende Schritte:

➤ **Einarbeitungsphase:**

Es werden die technischen Gegebenheiten und geforderten Maßnahmen der Anlage inspiziert und sich in die Thematik eingearbeitet. Vor allem die genaue Funktion der Linearmesseinheit stellt dabei für uns alle eine neue Herausforderung dar. Da eine solche zwar vorhanden ist, jedoch keine Gebrauchsanweisung, recherchieren wir über Dokumentationen und das Internet die Funktionsweise.

Es werden Möglichkeiten zur Umsetzung der Problemstellungen besprochen. Dabei werden Entwurfsskizzen erstellt, für das mechanische und pneumatische Ablaufschema und verschiedene Umsetzungsmöglichkeiten.



➤ **Auswahl der Bauteile:**

Um das gegebene Budget einzuhalten versuchen wir elektrische und pneumatische Teile einzusetzen, welche bereits an der HGS vorhanden und frei verfügbar sind. Dazu wird unter anderem eine nicht mehr benötigte Sortieranlage zerlegt, um die benötigten Zylinder und Sensoren auszubauen. Außerdem wird eine Auswahl an vorrätigen Bauteilen aus dem Schulbestand verwendet.

➤ **Funktionstest:**

Mittels eines eigens erstellten einfachen Testprogramms werden an einer S7-Station elektropneumatische Funktionstests an Zylindern mit den dazugehörigen Sensoren durchgeführt.

➤ **Weiterer Verlauf:**

Des Weiteren werden elektrische, pneumatische und mechanische Entwürfe und Konstruktionen zur Umsetzung der Anlage erstellt. Auch die spätere Umhausung wird stets berücksichtigt. Es werden fehlende Komponenten bestellt.

Die Montage findet zunächst auf einem mobilen Testwagen statt, welchen wir eigens für diesen Zweck umfunktionieren.

➤ **Programmierung:**

Die Station wird programmiert und getestet.

➤ **Integration:**

Die Station wird in die I4.0 Anlage integriert und umhaust.

Dieses stellt eine Übersicht der vielseitig anfallenden Aufgaben dar. Der ausführliche Verlauf der Planung, Konstruktion und Programmierung wird im Kapitel 4: „Planung und Umsetzung“ erläutert.



## **4. Planung und Umsetzung**

### **4.1. Konstruktion**

#### **4.1.1. Anpassung an vorhandene Anlage**

Da es sich um eine Plug-In Station handelt ist darauf zu achten, dass die Messstation ähnliche Ausmaße und Formen wie bereits an der Smart Factory vorhandene Stationen erhält.

Da die beweglichen Komponenten der Messstation aus einer vorhandenen Anlage ausgebaut sind ergibt sich eine gewisse Größe der Station. Bei der Höhe wird sich an den vorhandenen Aufbauten orientiert und diese auch angenommen.

Auch bei dem Design wird sich an die vorhandenen Vorgaben gehalten.

Die Messstation wird in der Smart Factory –I4.0 am Förderband 3 ihren festen Platz finden. Dort kann sie durch die vorhandenen Steckplätze, mit Spannung, Luft und Netzwerk (PROFINET) versorgt werden.

#### **4.1.2. Erstellung eines Layouts**

Das Layout wird mit Hilfe von SolidWorks erstellt. Dafür werden alle Bauteile in SolidWorks mit den korrekten Maßen erstellt, mit den nötigen Verknüpfungen zu einer gesamten Station zusammengefügt und im Anschluss vermessen. Die Vermessung ist wichtig, damit beim Aufbau die richtige Maße eingestellt werden können. Des Weiteren wird nach den Layoutvorgaben auch die Bestellung der benötigten Item Profile und die Umhausung getätigt.

#### **4.1.3. Aufbau und Anschluss**

Die Teile für den Aufbau werden aus dem Layout entnommen und in den richtigen Längen bestellt. Die beweglichen Bauteile werden alle auf ihre Funktion getestet und gegebenenfalls ausgetauscht. Fehlende Sensoren werden beim Hersteller geordert und eingebaut.

Zuerst wird das Außenskelett montiert, danach werden die einzelnen Komponenten mit den entsprechenden Maßen eingebaut und anschließend wird die Spannungsversorgung und die Luftversorgung gewährleistet. Ein Pneumatik- und ein Schaltplan sind vorhanden.

## 4.2. Bauteile

### 4.2.1. Übersicht der Bauteile in der Messstation

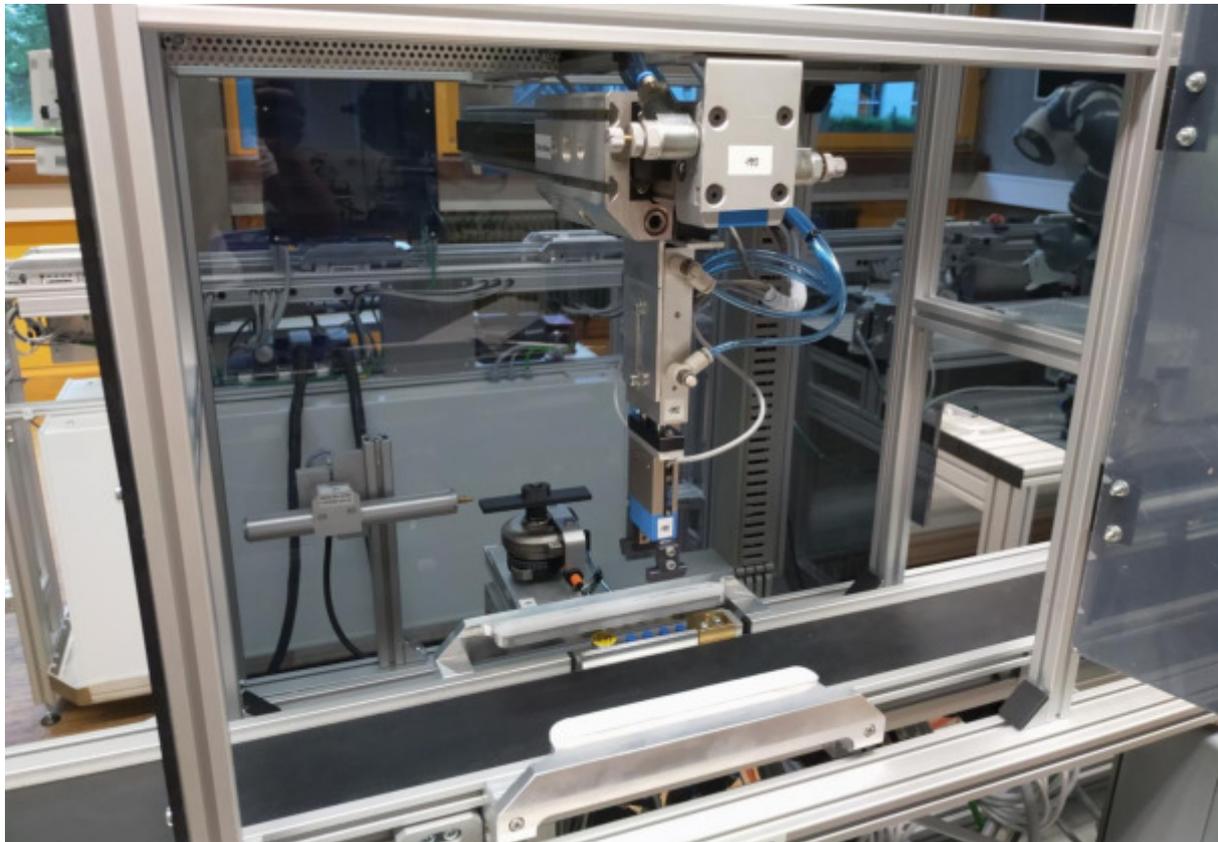
Im linken oberen Bereich der Messstation (Abb. 8) befindet sich das Installationsgitter mit der Hutschiene. Darauf ist der Beckhoff Buskoppler (-BC1), die Digitalen Eingangsklemmen (DI1 und -DI2) sowie die Busendklemme (-ST1) angebracht.

Zudem befinden sich hier die Mehrstockklemmen (-X1), das Steuergerät (-BK1) für den Tastkopf und im Anschluss rechts daneben der Buskoppler -K1 der Pneumatik Ventilinsel mit den Ventilen -KH1-10. Alle Bauteile werden im Folgenden näher erläutert. Die genauen Anschlussbelegungen finden sich zudem im Schaltplan im Anhang dieser Dokumentation.



Abbildung 8: Übersicht der Bauteile in der Messstation

Im unteren Teil der Anlage (Abb.9) befinden sich die Pneumatikzylinder (-MM1 bis -MM6) und der motorisch-lineare Tastkopf (-BK2). Auch diese Bauteile werden im Folgenden näher erläutert. Im Anhang dieser Dokumentation befindet sich zudem ein Pneumatikplan.



*Abbildung 9: Übersicht der Bauteile in der Messstation*

### 4.2.2. BK-Mikro

Für die Bohrtiefenmessung wird ein, auf mechanischer Berührung basierendes, Messsystem von der Firma Schubert System Elektronik verwendet. Dieses Messsystem, im Wert von ca. 3000,- €, wurde von der Firma Schubert System Elektronik an die HGS gespendet. Das Messsystem setzt sich aus einem motorisch-linearen Tastkopf TK9LIN50 (Messtaster) und dem Steuergerät BKM91PN Premium mit PROFINET-Anbindung zusammen. Diese Komponenten werden im Folgenden genauer erläutert.

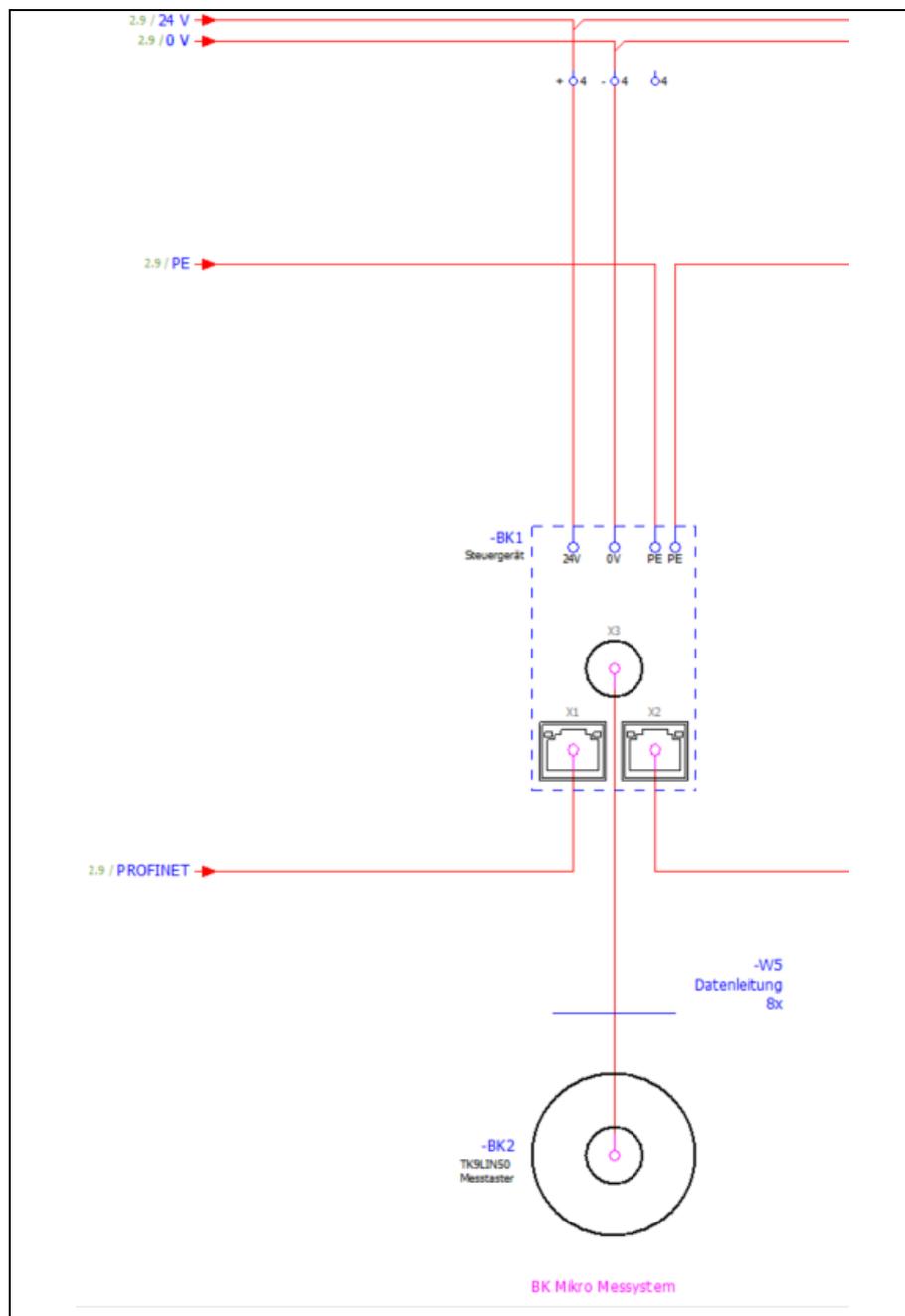


Abbildung 10: Anschlussbelegung BK-Mikro Messsystem; Schaltplan Blatt 3

**Messtaster: TK9LIN50**



Abbildung 11: Messtaster TK9LIN50

Der Messtaster TK9LIN50 ermöglicht eine lineare Abtastung von Geometrien. Je nach vor-eingestellten Parametern im Steuergerät, bzw. entsprechend dem vom SPS-Programm ge-sendeten Prüfauftrag, fährt die Tastnadel linear aus, bis sie auf den Prüfling trifft. Bei Antref-fen des Objekts, oder Überschreiten des Überwachungsbereichs, fährt die Tastnadel sofort wieder in die Home-Position zurück.

Bei der Wasserwaage wird die Tastnadel für die Ermittlung der Tiefenmaße der Bohrungen benutzt. Die dadurch ermittelten Messwerte bilden die Grundlage der Datenauswertung.



Abbildung 12: Bohrungsmessstellen an der Wasserwaage

Die Sollwerte der Messung betragen dabei:

- Messung 1: 36 mm
- Messung 2: 36 mm

Funktionen und Merkmale:

- Es sind zwei Stufen der Abtastintensität einstellbar
- Der maximale Hub der Tastnadel in Längsrichtung beträgt 50 mm
- Um verschiedenen Prüfapplikationen zu entsprechen, stehen austauschbare Nadelspitzen aus unterschiedlichen Materialien, sowie Verlängerungen zur Verfügung. In unserem Fall kommt eine Messingspitze zum Einsatz.
- Anschluss zur Verbindung mit dem Steuergerät: achtpoliger Kleinrundsteckverbinder mit M12x1 Gewinde
- Die Spannungsversorgung stellt das Steuergerät bereit. Sie erfolgt, wie auch der Datentransfer, über die achtpolige Verbindungsleitung.

**Steuergerät: BKM91PN Premium (IP-Adresse: 172.21.3.42)**



Abbildung 13: Steuergerät BKM91PN Premium

Die vom Tastkopf bewegte Tastnadel tastet die Bohrtiefe ab. Das Steuergerät BKM91PN Premium mit Mikrocomputer löst durch ein SPS-Signal die Nadelbewegung aus. Das vom Tastkopf gelieferte Messergebnis wird mit den im Steuergerät definierten Parametern und Sollwerten verglichen. Daraus ergibt sich ein „OK“- oder „KO“-Signal, das an die SPS-Steuerung weitergegeben wird.

Außerdem übermittelt das Steuergerät das Messergebnis an die SPS-Steuerung. Der Datenaustausch zwischen der SPS-CPU und dem Steuergerät erfolgt über den PROFINET-Bus.

Die Parametrierung der Werkzeugdaten erfolgt direkt am PC, wird via USB einmalig zum Steuergerät übertragen und dort gespeichert. Für die Parametrierung und für die Konfiguration stellt die Firma Schubert Elektronik die Software „System Setup BK Mikro9“ kostenlos zur Verfügung. Die Firma Schubert stellt die Konfigurations-Software unter dem Download "[www.bkmikro.de](http://www.bkmikro.de)" bereit.

Der Messbetrieb erfolgt über den PROFINET-Bus. Hier erfolgt die Überwachung und Messung unter Vorgabe der Parameter (Toleranz etc.) vom SPS-Master (CPU).

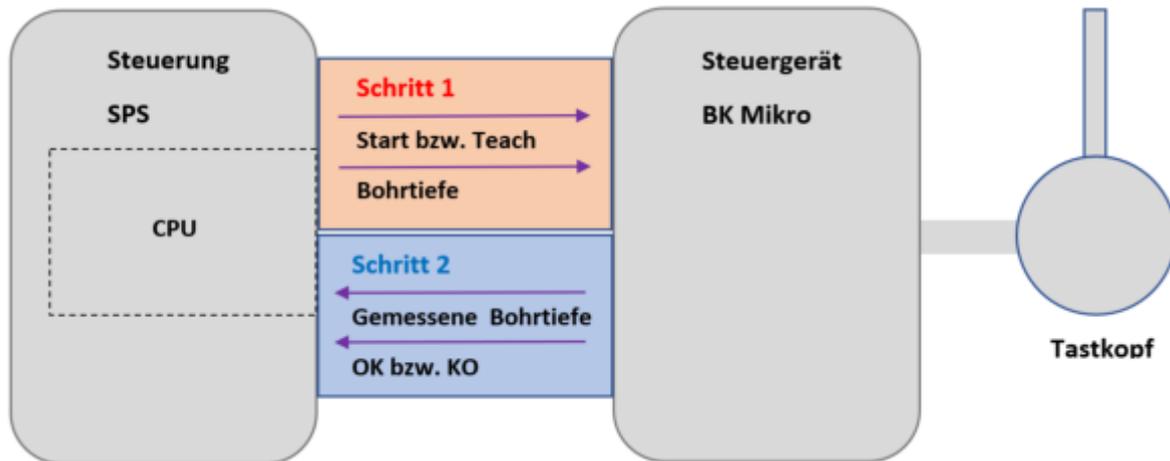


Abbildung 14: Steuergerät BKM91PN Premium

Von der SPS-Steuerung werden die Befehle und die Parametrierungsdaten an das Steuergerät übertragen. Umgekehrt sendet das Steuergerät seine Statusmeldungen an die SPS-CPU.

Eigenschaften:

- Anschlüsse für unsere Versorgungsspannung von 24 V DC
  - Einen Mini-USB Anschluss für PC-Ankopplung: dieser ermöglicht uns Grundkonfigurationen am Steuergerät vorzunehmen
  - Achtpoliger Rundsteckverbinder zum Anschluss der Verbindungsleitung zur Linearmesseinheit
  - 4 LEDs, welche den aktuellen Status wiedergeben (PWR, BUS, OK, KO)
  - 2 Ethernet-Anschlüsse (RJ45)
- Diese ermöglichen die Einbindung des Steuergerätes über PROFINET in unser System.

### 4.2.3. Beckhoff Klemmen

Für die Signalerfassung der Sensoren werden PROFINET-fähige digitale Eingangsklemmen von der Firma Beckhoff verwendet. Die modularen Eingangsklemmen werden mittels des PROFINET-Buskopplers „EK9300“ an die Master-CPU angeschlossen, welche sich im unteren Schaltschrank befindet.

**Buskoppler: EK9300 (IP-Adresse: 172.21.3.41)**

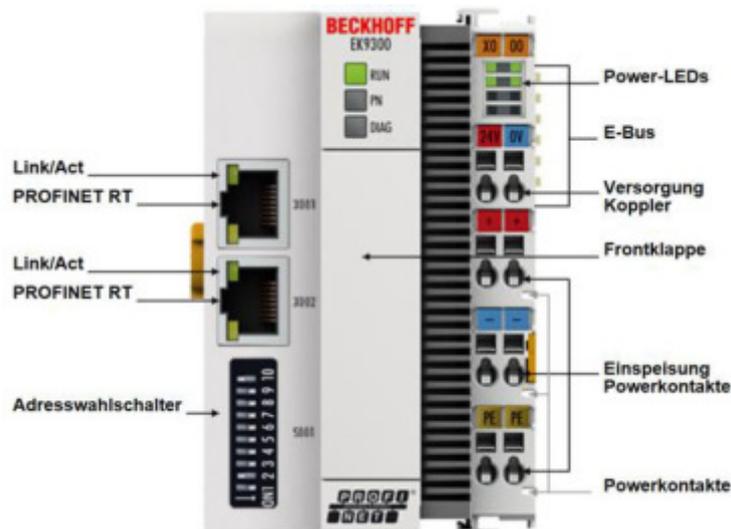


Abbildung 15: Buskoppler: EK9300

Der Buskoppler EK9300 verbindet das PROFINET Netzwerk mit den von uns verwendeten EtherCAT-Eingangsklemmen (EL1008). Er setzt die Telegramme von PROFINET RT auf die E-Bus-Signaldarstellung um.

- Zum Anschluss an PROFINET dienen die RJ45 Anschlüsse (Link/Act). Wir verwenden beide davon, um sowohl den Buskoppler als auch das BK Mikro Steuergerät in unser System einzubinden.
- Die Adresswahlschalter (DIP Schalter) sind in der Anlage alle mit 0 belegt. Die IP-Adresse, welche im Siemens TIA Portal festgelegt ist, lautet: 172.21.3.41, die MAC-Adresse lautet: 00-01-05-23-E7-A4
- Die LEDs für RUN, PN und DIAG, sowie die Power LEDs zeigen den aktuellen Status an.
- Die E-Bus Kontakte bieten die Datenverbindung zu den Eingangsklemmen.
- An den Koppler Versorgungsanschlüssen wird die Spannungsversorgung von 24V DC für den Koppler angelegt.

- An den Einspeisungpowerkontakten wird PE, 0V und 24V angelegt, um diese an den Powerkontakten bereitzustellen.
- Die Powerkontakte bieten Anschlüsse für die 24 V DC Spannungsversorgung, für die Klemmen (bei uns Eingangskarten).

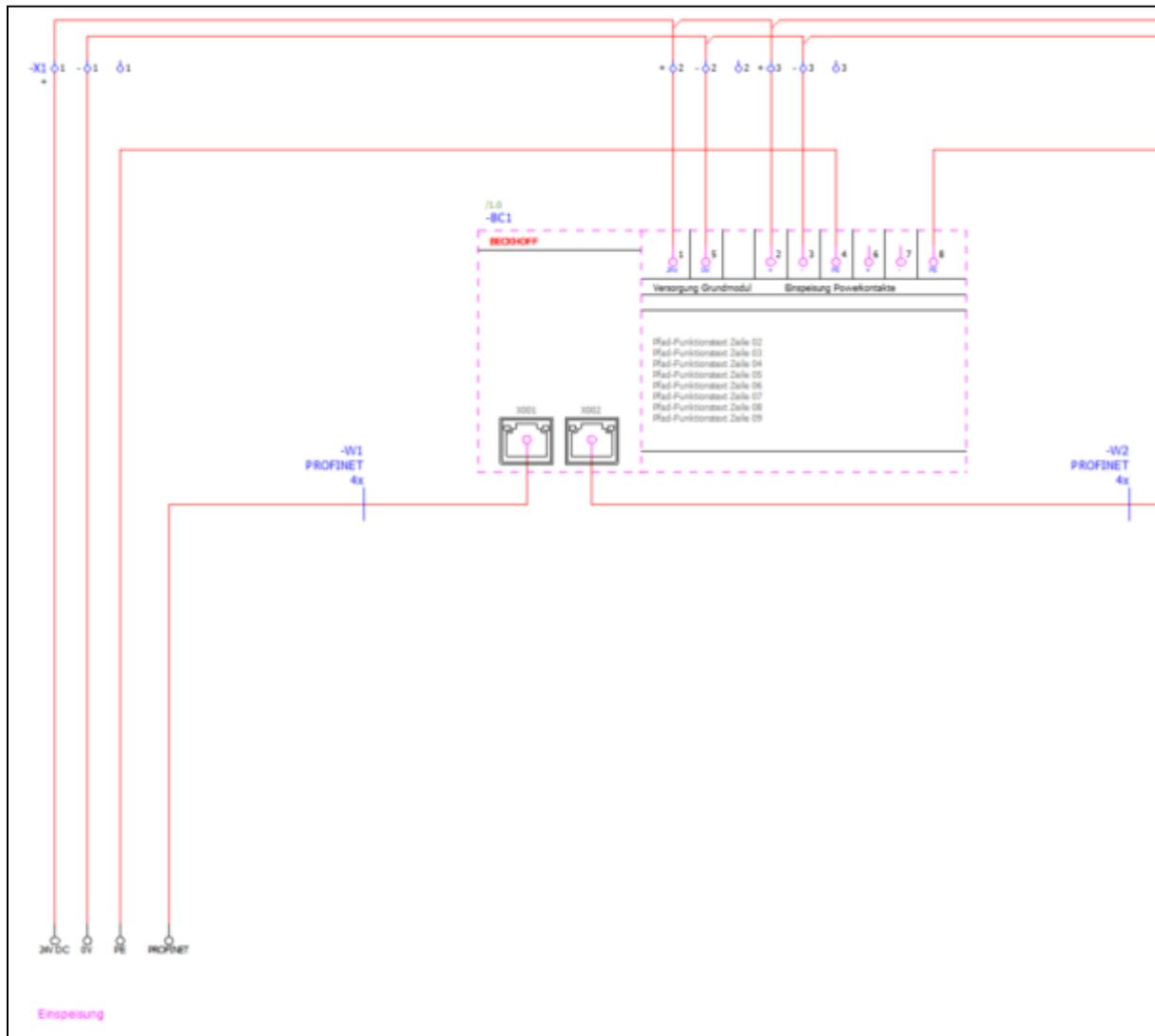


Abbildung 16: Anschlussbelegung Buskoppler: EK9300; Schaltplan Blatt 2

### 8-Kanal-Digital-Eingangsklemme: EL1008

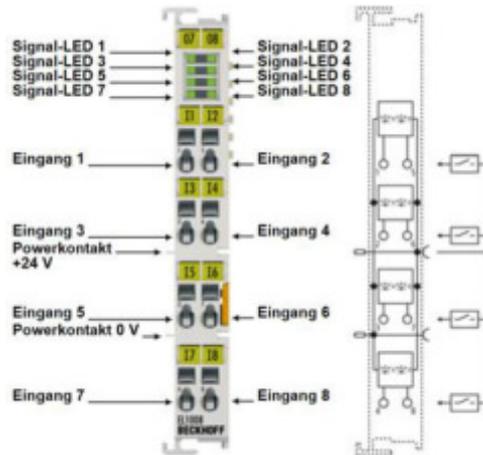


Abbildung 17: 8-Kanal-Digital-Eingangsklemme: EL1008

Für die Messstation werden zwei Eingangsklemmen mit jeweils acht digitalen Eingängen verwendet. Diese erfassen die Signalzustände der Endlagesensoren der elektropneumatischen Zylinder. Die Spannungsversorgung (DC 24V) für die Eingangsklemmen erfolgt mittels der Powerklemme, die sich am Buskoppler befindet. Der Eingangssignalzustand (True / False) wird durch die entsprechenden LEDs angezeigt.

### Busendklemme: KL9010



Abbildung 18: Busendklemme: KL9010

Die Busendklemme (Busabschlussklemme) KL9010 ist notwendig, um den Datenaustausch zwischen den Eingangsklemmen und den Buskoppler störungsfrei zu gewährleisten. Diese Busendklemme muss als letzte Klemme auf der rechten Seite installiert werden. Sie schließt den PROFINET-Bus ab.

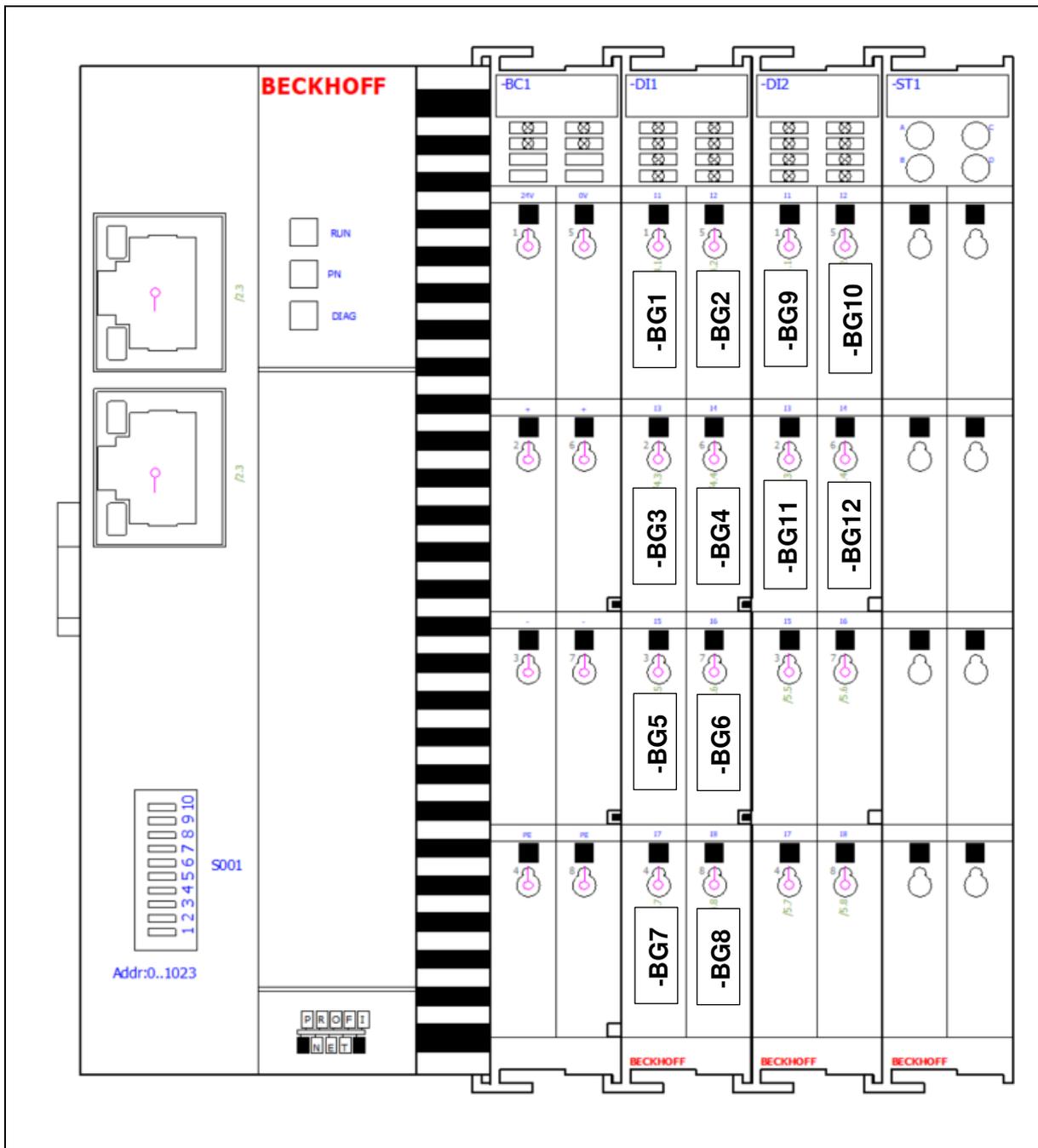
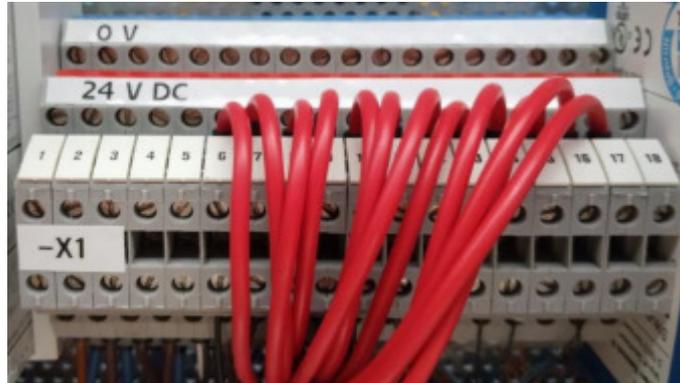


Abbildung 19: Anschlussbelegung Eingangsklemmen

In Abb. 19 ist die Anschlussbelegung der Eingangsklemmen in der Anlage, bezüglich der Sensoren zu sehen. Weitere Informationen dazu sind Blatt 4 und 5 des Schaltplanes im Anhang dieser Dokumentation zu entnehmen.

#### **4.2.4. Mehrstockklemmen**

##### **Phoenix Contact Initiatoren-/Aktorenklemme - DIKD 1,5**



*Abbildung 20: Initiatoren-/Aktorenklemme - DIKD 1,5*

Für den direkten Anschluss der Lagesensorleitungen, werden diese dreistöckigen Klemmen verwendet. Die Signale werden hierbei am dritten Stock aufgelegt und von dort an die digitalen Eingangsklemmen (EL1008) weitergeleitet.

Die genauen Belegungen der Klemmen 1-18 von -X1 sind den Blättern 2-5 des Schaltplanes im Anhang zu entnehmen.

Der Einsatz dieser Dreileiterdurchgangsklemme ermöglicht es, jeweils die Spannungsversorgung (0 V Leiter, 24 V DC Leiter) und den Signalleiter eines Sensors, an einer Klemme anzuschließen. Somit ist ein übersichtliches Layout gewährleistet. Die Einspeisepotenziale werden durch Einlegebrücken auf alle Klemmen übertragen.

#### **4.2.5. SMC Pneumatik Ventilinsel**

SMC stellt Bauteile für modular zusammenstellbare Ventilinseln bereit. Im Wesentlichen werden eine Übertragungseinheit und ein entsprechender Ventilblock benötigt. Für die Messstation wurde eine PROFINET-Ventilinsel mit 10 impulsgesteuerte 5/2 Wegeventil verwendet. Die Pneumatikanschlüsse befinden sich auf der Rückseite der Ventilinsel. Die wesentlichen Bauteile werden im Folgenden näher erläutert.



Abbildung 21: Ausschnitt Ventilinsel

Anschlussbelegung:

- KH1: Zylinder -MM1: Parallelgreifer
- KH2: Zylinder -MM2: Doppelkolbenzylinder
- KH3: Zylinder -MM3: Linearantrieb
- KH4: Zylinder -MM4: Schwenkeinheit
- KH5: Zylinder -MM5: Verschiebeschlitzen oben
- KH6: Zylinder -MM6: Verschiebeschlitzen unten
- KH7: Reserve
- KH8: Reserve
- KH9: Reserve
- KH10: Reserve

Siehe auch Pneumatikplan Blatt 1 und Blatt 2

**Serielle Übertragungseinheit (Buskoppler): EX260SPN1 (IP-Adresse: 172.21.3.40)**

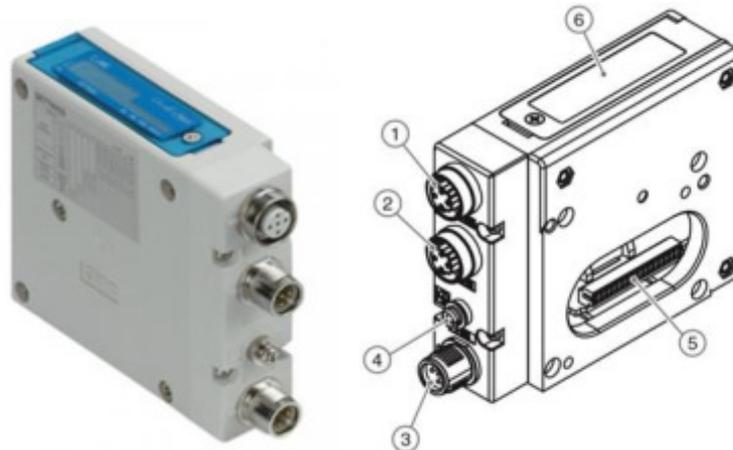


Abbildung 22: Serielle Übertragungseinheit für Ventilinseln: EX260SPN1

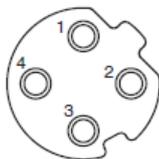
Diese Übertragungseinheit (PROFINET-Buskoppler) realisiert die Datenkommunikation zu den einzelnen Ventilen, die sich auf der Ventilinsel befinden.

Elemente nach Pos. Nr. (siehe Abb.22) geordnet:

1. Feldbus Anschluss PROFINET (BUS OUT), vierpolige Buchse
2. Feldbus Anschluss PROFINET (BUS IN), vierpolige Buchse
3. Anschluss für Spannungsversorgung: mit Lastspannung für die Elektromagnetventile und Betriebsspannung für die SI-Einheit; 5-poliger Stecker, davon 4 Pole verwendet: 2 Pole für 24V und 2 Pole für 0V
4. Masse Anschluss, Betriebserde (M3 Schraube)
5. Ventilblock Anschluss: Ausgangsschnittstelle für Ventilblock
6. LEDs für Busstatus und SI-Einheit

○ **Anordnung der Busanschlüsse**

BUS OUT: M12 4-polige Buchse D-kodiert



Pos.	Bezeichnung	Bezeichnung
1	TD+	Daten übertragen +
2	RD+	Daten empfangen +
3	TD -	Daten übertragen -
4	RD -	Daten empfangen -

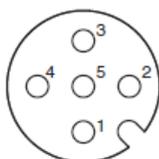
BUS IN: M12 4-polige Buchse D-kodiert



Pos.	Bezeichnung	Bezeichnung
1	TD+	Daten übertragen +
2	RD+	Daten empfangen +
3	TD -	Daten übertragen -
4	RD -	Daten empfangen -

○ **Anordnung des Spannungsversorgungssteckers**

PWR: M12 5-poliger Stecker A-kodiert



Pos.	Bezeichnung	Bezeichnung
1	SV24 V	+24 V für Elektromagnetventil
2	SV0 V	0 V für Elektromagnetventil
3	SI24 V	+24 V für Betrieb SI-Einheit
4	SI0 V	0 V für Betrieb SI-Einheit
5	-	nicht verwendet

Abbildung 23: Datenblattauszug; Serie EX260 für PROFINET

**Impulsgesteuertes 5/2-Wegeventil: SY3200-5U1**



Abbildung 24: Ventil SY3200-5U1

Bei dem SY3200-5U1 – Ventil handelt es sich um ein Impulsgesteuertes 5/2 Wegeventil.

Betätigungsmöglichkeiten:

1. Elektrische Ansteuerung:

Das Ventil wird durch ein TRUE-Signal (+24 V) gesetzt und mittels eines FALSE-Signals (0 V) zurückgesetzt. Diese Ansteuerungsart wird bei einer SPS-Steuerung verwendet.

2. Manuelle Ansteuerung:

Das Ventil wird durch Betätigung des gelben Tasters gesetzt und durch Betätigung des blauen Tasters wieder zurückgesetzt.

Diese Betätigungsart ist besonders sinnvoll für den Ventilttestbetrieb.

#### **4.2.6. Lineareinheit (-MM3)**

(Linearantrieb: DGPL-25-224-PPVA-KFB, Firma Festo)

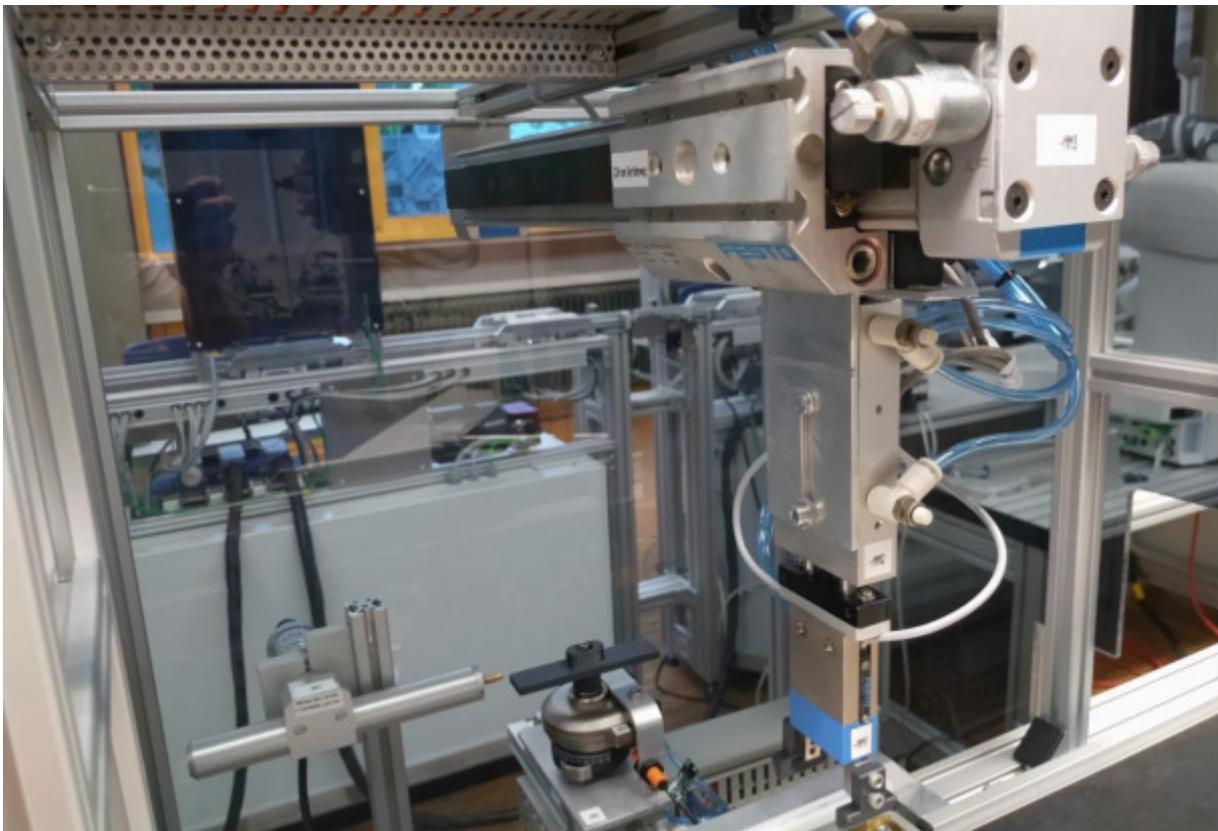


Abbildung 25: von oben nach unten: Linearantrieb -MM3, Doppelkolbenzylinder -MM2, Parallelgreifer -MM1



Die in der Messstation verwendete Lineareinheit -MM3, von der Firma Festo, dient dazu um den Greifer -MM1 mit der Wasserwaage vom Förderband in die Messposition zu verfahren.

Folgende Eigenschaften weist der Linearzylinder -MM3 auf: (Datenblatt – Linearantrieb DGPL)

- DGPL: Lineareinheit mit Schlitten:  
Der geführte Schlitten bietet unserem eingesetzten Greifer -MM1 einen gleichmäßigen, stabilen Lauf.
- 25: Kolbendurchmesser 25mm:  
Dieser wirkt sich auf die Kraftübertragung des Zylinders aus, welche hier mehr als ausreichend ist.
- 224: Hub = 224 mm:  
Das entspricht dem Fahrweg den er in unserer Anlage hat.
- PPV: pneumatische Dämpfung, beidseitig einstellbar:  
vermeidet ein ruckartiges Abbremsen
- A: für Näherungsschalter: Diese dienen der Endlagenerkennung
- KF: Kugelumlauflührung:  
diese ist weitgehend wartungsfrei (bis 5000 km)
- (B: Generation B-Reihe)

Sensoren: Endlagesensoren -BG5 und -BG6: Typ und Anschlussbelegung der Sensoren  
siehe Schaltplan Blatt 4

## Parallelgreifer (-MM1)

(Parallelgreifer: HGP-10-A, Firma Festo)

Komponenten des Parallelgreifers (-MM1):

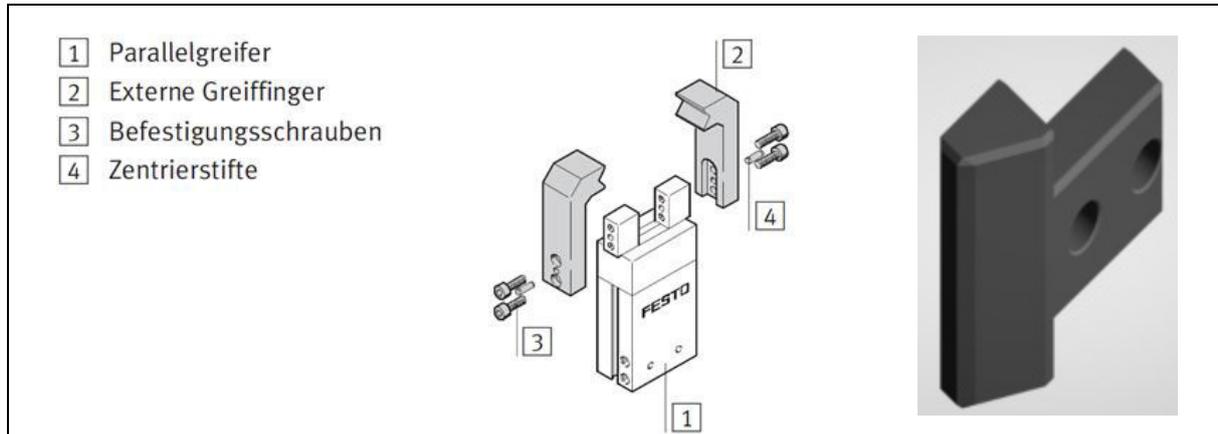


Abbildung 26: Greifer Komponenten

Der Greifer -MM1 dient dazu, um die Wasserwaage vom Warenträger zu ergreifen und diese in die Messposition zu transportieren bzw. diese nach der Messung wieder auf den Warenträger zurückzulegen.

Der eingesetzte, pneumatische Parallelgreifer -MM1 von der Firma Festo hat einen doppeltwirkenden Kolbenantrieb. Er ist selbstzentrierend und hat variable Greifrichtungen (außen- und innengreifend), wie in der Abbildung 26 zu sehen.

Für das Ergreifen der Wasserwaage wird ein innengreifender Greiffinger verwendet (siehe Abb. 26 rechts)

Die beiden Positionssensoren -BG1 (Greifer geöffnet) und -BG2 (Greifer geschlossen) werden an den äußeren Nuten eingebracht.

Typ und Anschlussbelegung der Sensoren siehe Schaltplan Blatt 4

#### **4.2.7. Hubzylinder (-MM2)**

(Doppelkolbenzylinder: CXSM10-40, Firma SMC)



*Abbildung 27: Doppelkolbenzylinder CXSM10-40*

Zum Anheben und Ablegen der Wasserwaage vom Förderband und in der Messposition, kommt der Hubzylinder -MM2 von der Firma SMC zum Einsatz. Der Hubzylinder -MM2 ist ein doppelwirkender Doppelkolbenzylinder. Er hat einen Kolbendurchmesser von 10 mm. Der Hub beträgt 40mm.

Die Endlagesensoren -BG3 (Hub ist ausgefahren), -BG4 (Hub ist eingefahren) werden in den Nuten eingebracht.

Typ und Anschlussbelegung der Sensoren siehe Schaltplan Blatt 4

Für die Befestigung des Greifers -MM2 an den Hubzylinder -MM2 hat Herr Weitz eine Halterung aus Aluminium konstruiert und gefräst.

#### **4.2.8. Schwenkeinheit (-MM4)**

(Schwenkantrieb: DSR-16-180-P, Firma Festo)



*Abbildung 28: Schwenkantrieb DSR-16-180-P*

Zum Drehen der Wasserwaage für die zweite Messung, kommt dieser Schwenkantrieb -MM4 zum Einsatz. Ein Schwenkflügel überträgt bei diesem die Kraft direkt auf die Antriebswelle. Auf dieser Welle ist der Drehteller für die Wasserwaage befestigt. Dieser ist dazu eigens konstruiert und 3D-gedruckt.

Der Schwenkwinkel ist stufenlos von  $0^\circ$  bis  $184^\circ$  einstellbar. Dazu dienen verstellbare Anschlagplatten, welche mit den integrierten Schrauben fixiert werden. Die Endlagendämpfung erfolgt durch elastische Kunststoffplatten, auf welche die Anschlagplatten auftreffen.

Die Sensoren -BG7 und -BG8 dienen zur Drehpositionserkennung des Schwenkantriebs -MM4.

Typ und Anschlussbelegung der Sensoren siehe Schaltplan Blatt 4

#### 4.2.9. Querverschiebeschlitten (-MM5)

(Mini-Schlitten: SLT-10-50-A-CC-B, Firma Festo)



Abbildung 29: Mini-Schlitten SLT-10-50-A-CC-B

Der in der Abbildung 19 dargestellte doppelwirkenden Mini-Schlitten -MM5 von der Firma Festo wird zum Verschieben der Wasserwaage in der Messposition verwendet (Querverschieber). Er besitzt eine präzise und hochbelastbare Kugelführung. Der Endlagenbereich ist justierbar für den benötigten Verfahrweg. Der Quer-Verschiebeschlitten -MM5 verfügt über einen Kolbendurchmesser von 10 mm und der maximale Hub beträgt 50 mm.

Endlagesensoren -BG10 (Hub ist ausgefahren), -BG9 (Hub ist eingefahren)

Typ und Anschlussbelegung der Sensoren siehe Schaltplan Blatt 5

#### 4.2.10 Längsverschiebeschlitten (-MM6)

(Mini-Schlitten SLT-16-10-P-A, Firma Festo)



Abbildung 30: Mini-Schlitten SLT-16-10-P-A



Der doppelwirkenden SLT Mini-Schlitten (-MM6) von der Firma Festo wird als Längsverschieber eingesetzt. Auch dieser besitzt eine präzise und hochbelastbare Kugelführung. Der Endlagenbereich ist ebenso justierbar. Der Zylinder verfügt über einen Kolbendurchmesser von 10 mm und der maximale Hub beträgt 50 mm.

Endlagesensoren -BG12 (Hub ist ausgefahren), -BG11 (Hub ist eingefahren)

Typ und Anschlussbelegung der Sensoren siehe Schaltplan Blatt 5

## 4.3. Ablaufprozesse

### 4.3.1. Positionserkennung der Tastnadel

Über die Funktion "teach-in" fährt die Tastnadel aus bis diese ihre Sollposition (WORK-Position) erreicht hat und fährt anschließend wieder in ihre HOME-Position. Die erfasste Sollposition (Sollwert) in mm wird gespeichert.

Nach einem Startimpuls fährt die Tastnadel mit einem Hub bis 50 mm linear auf die zu messende Position (Istwert) zu. Die Nadel stoppt, wenn sie auf einen Widerstand trifft und fährt darauf hin wieder ein. Wenn der Messwert in der gespeicherten Toleranz liegt wird die „OK“ LED aktiviert. Ist der Wert außerhalb der Toleranz oder die Messspindel gar komplett ausgefahren worden, wird die „KO“ LED aktiviert. Die erfassten Messwerte werden an das Steuergerät (BKM91PN Premium) und mittels PROFINET an die angeschlossene CPU übermittelt.

### 4.3.2. Automatikbetrieb

Nachfolgend wird das Ablaufschema bei der Messung erläutert. Eine genauere Beschreibung des Programmablaufs ist im Kapitel 4.4 Programmierung zu finden.

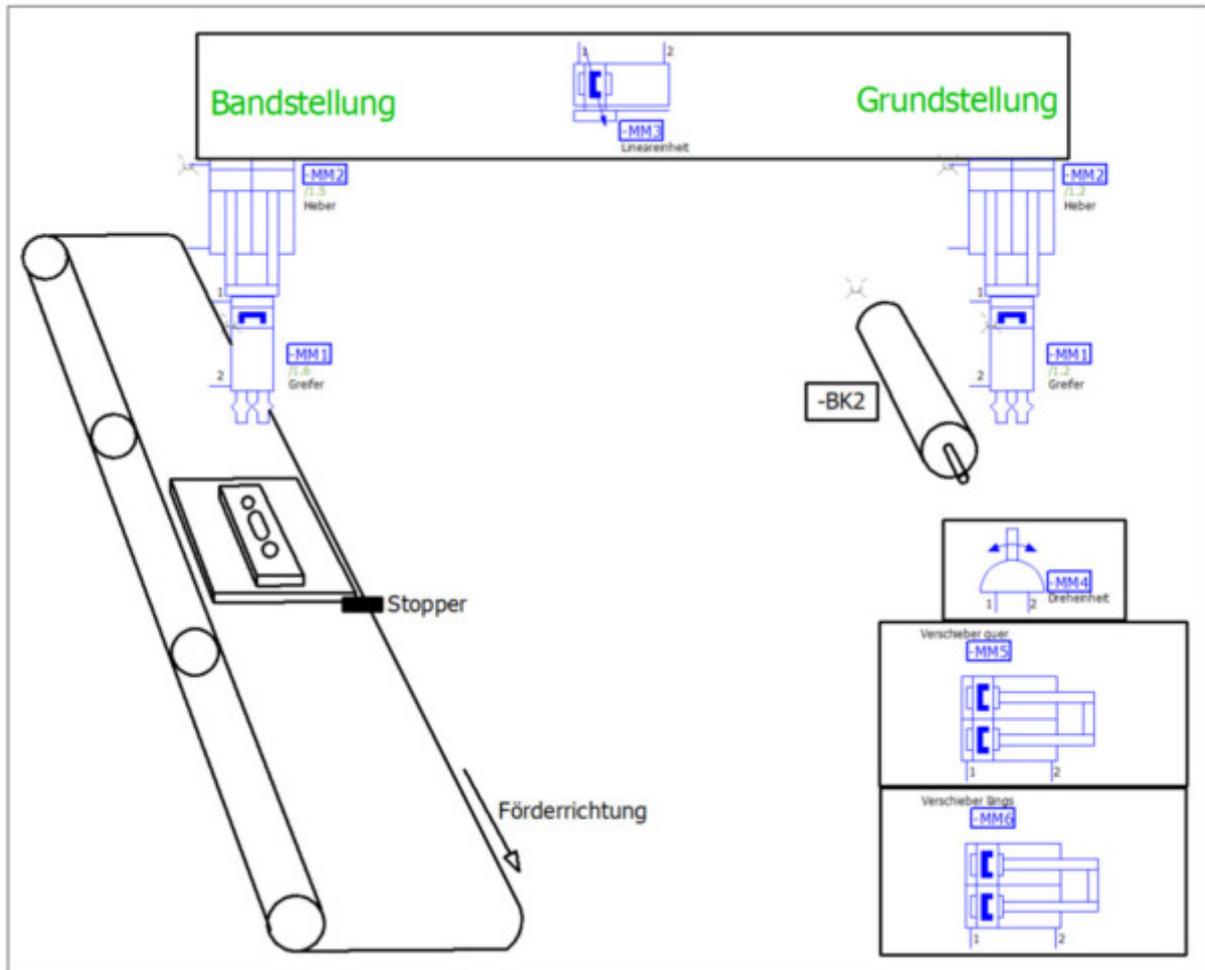


Abbildung 31: Ablaufschema

Mit Hilfe des Förderbandes werden die Warenträger, auf denen sich die Wasserwaagen befinden, transportiert. Der Automatikbetrieb kann am HMI-Panel ausgewählt werden, wenn sich die Anlage in ihrer Grundstellung befindet.

Fährt eine Wasserwaage auf den Stopper -xK3\_MM40 im Förderbandabschnitt ST3 auf, so wird der Warenträger gestoppt und das Förderband 3 abgeschaltet. Befindet sich der Warenträger am Stopper -xK3\_MM40 meldet dies der induktive Sensor -xG1\_BG41 (-xG1\_BG41 = TRUE).



In der Grundstellung (Home-Position) ist der Stopper -xK3\_MM40 ausgefahren. Wird der Stopper -xK3\_MM40 eingefahren, meldet dies der Endlagesensor -xG1\_BG40 (Work-Position = TRUE: Eingefahren).

Die Lineareinheit -MM3 verfährt mit dem Hubzylinder -MM2 in die Förderbandposition über den Warenträger. Anschließend fährt der Hubzylinder -MM2 aus. Ist der Hubzylinder -MM2 ausgefahren, schließt der Greifer -MM1 und greift die Wasserwaage. Meldet der Sensor -BG2 dass der Greifer -MM1 geschlossen ist, fährt der Hubzylinder -MM2 mit der erfassten Wasserwaage wieder ein. Ist der Hubzylinder -MM2 wieder eingefahren transportiert die Lineareinheit -MM3 die Wasserwaage über die Messposition.

In dieser Linearposition fährt der Hubzylinder -MM2 aus und setzt die Wasserwaage auf den Drehteller -MM4, welcher sich auf dem Querverschiebeschlitten -MM5 befindet. Der Greifer -MM1 öffnet und somit befindet sich die Wasserwaage in ihrer ersten Messposition.

Der Messtaster -BK2 führt nun die erste Messung in der stirnseitigen Bohrung durch. Er fährt dazu aus bis er auf Widerstand stößt und wieder ein. Das Messergebnis (in mm) wird an das Steuergerät BKM91PN bzw. an die SPS-Steuerung übermittelt.

Anschließend dreht der Drehteller -MM4 die Wasserwaage um 90° nach rechts. Der Querverschiebeschlitten -MM5 und der Längsverschiebeschlitten -MM6 fahren aus. Sind die beiden Zylinder ausgefahren, befindet sich die Wasserwaage in ihrer zweiten Messposition. Ist dies der Fall, führt der Messtaster -BK2 nun die zweite Messung in der seitlichen Bohrung durch. Er fährt dazu erneut aus, bis er auf Widerstand stößt und wieder ein. Auch dieses Messergebnis (in mm) wird an das Steuergerät BKM91PN bzw. an die SPS-Steuerung gesendet.

Danach fährt der Querverschiebeschlitten -MM5 und der Längsverschiebeschlitten -MM6 wieder ein. Befinden sich die beiden Zylinder in Ihre Home-Position, dreht sich der Drehteller -MM4 wieder in seine Home-Position (90° Linksdrehung). Anschließend fährt der Hubzylinder -MM2 aus. Hat der Greifer -MM1 die Wasserwaage ergriffen, fährt der Hubzylinder -MM2 wieder ein. Ist der Hubzylinder -MM2 wieder eingefahren, wird die Wasserwaage mittels der Lineareinheit -MM3 wieder über den Warenträger verfahren. Anschließend fährt der Hubzylinder -MM2 wieder aus, der Greifer -MM1 wird geöffnet. Befindet sich die Wasserwaage auf den Warenträger, wird der Hubzylinder -MM2, der Greifer -MM1 und die Lineareinheit -MM3 wieder in ihre Grundstellung (Home-Position) gefahren.

Somit ist der Messvorgang beendet und die Messstation befindet sich wieder in ihrer Grundstellung.

Der Stopper -xG1\_BG40 fährt ein und gibt den Warenträger mit der Wasserwaage frei. Das Förderband 3 wird wieder eingeschaltet und transportiert den Warenträger auf das Förderband 4.

## Handbetrieb

Die Zylinder können auch über das HMI Panel im Handbetrieb verfahren werden unter Berücksichtigung der gegenseitigen Verriegelung.

### **Handbetrieb – Pneumatikventile**

Zu Wartungszwecken können auch die Pneumatikventile per Handhilfsbetätigung (blaue und gelbe Buttons) direkt betätigt werden.

Ventil -KH1 steuert -MM1, Ventil -KH2 steuert -MM2 ... -KH6 steuert MM6

### **Achtung!**

Dabei besteht bei falschem Verfahren Kollisionsgefahr, da hier keine Verriegelung gegen Fehlbetätigung stattfindet!

## **4.4. Programmierung**

Die Programmierung wurde mit dem TIA Portal V14 von der Firma Siemens realisiert. Dabei wird streng darauf geachtet, dass jede Variable, ob Eingang oder Ausgang, mit der richtigen Präfix gekennzeichnet ist.

Datentyp	Präfix
Bool	x
Byte	b
Integer	i
Real	r
Word	w
Time	t
Struct-Feld	struct

Abbildung 32: Präfix – nicht vollständig

Die vollständige Liste aller Datentypen ist auf der Seite 51 zu finden.



Innerhalb des Programms werden ausschließlich lokale Variablen (#) verwendet. Der Main-Baustein ist mit globalen Variablen (%) beschaltet. Dadurch ist es möglich das Programm mit der Anlage auch an anderen Arbeitsplätzen zu installieren. Hierfür muss ausschließlich von außen neu beschaltet werden. Für die Ansteuerung der Aktoren (Ventile) wurde das Software-Tool „Graph 7“ (Ablaufkettenprogrammierung) verwendet, dieses ist ab der Version 14 (TIA-Portal V14) integriert. Die Bausteinaufrufe mit den entsprechenden Verknüpfungen im Main-Baustein wurden sowohl in der Erstellungssprache SCL als auch in der Erstellungssprache FUP realisiert.

### Ablaufprogramm (Graph 7)

Den gesamten Ablauf unserer Messstation realisieren wir mit Hilfe des im TIA integrierten Schrittkettenprogramm „Graph 7“.

Im unten dargestellten Betriebsarten-Funktionsbaustein “Graph“ (Abb.:23) ist zu erkennen, welche Ein- und Ausgänge die Schrittkette besitzt. Der Betriebsarten-Funktionsbaustein “Graph“ wird von der Firma Siemens fest vorgegeben (schreibgeschützt).

Für unsere Funktion belegen wir nur die Eingänge „OFF\_SQ“, welcher zur Deaktivierung der Schrittkette dient, „INIT\_SQ“, mit dem die Schrittkette initialisiert wird und den Ausgang „S\_NO“, der das Datenformat Integer hat und die aktuelle Schrittnummer mitteilt.

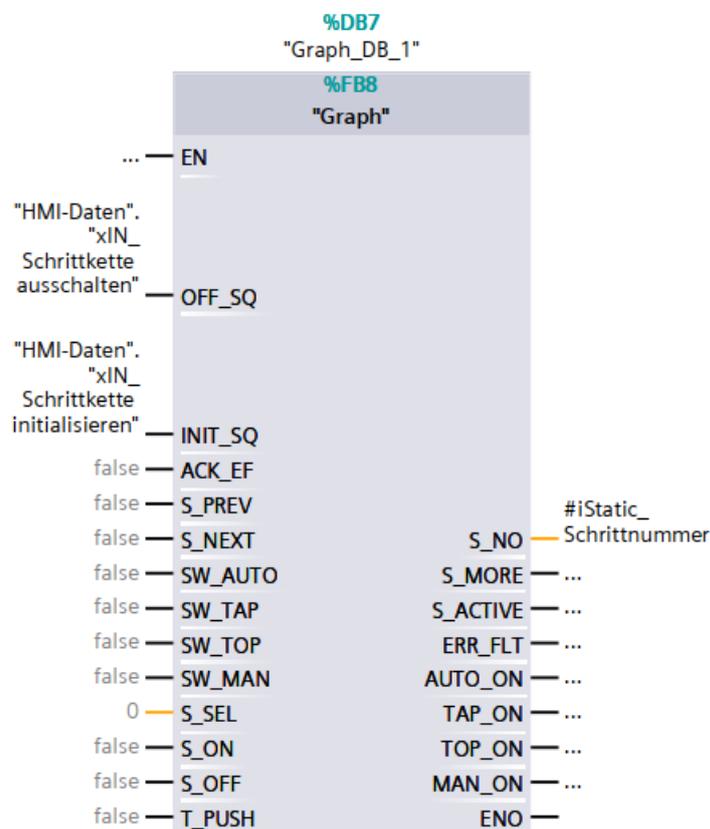


Abbildung 33: Baustein FB7 Graph7



#### **4.4.1. Baustein-Programmbeschreibung**

- **FB\_1 Messstation**

Der Funktionsbaustein „Messstation“ dient dem Aufruf aller für die Funktion benötigten FBs und FCs. Des Weiteren sind im FB „Messstation“ einige grundlegende Dinge programmiert.

Im „Netzwerk 7“ des Funktionsbausteins werden die Ventile final angesteuert, da sie durch mehrere FBs geschaltet werden. Unter anderem durch den Handbetrieb, die Grundstellung und den Graph 7. Diese Bausteine werden im Verlauf noch näher beschrieben.

- **FB\_2 Handbetrieb**

Im Funktionsbaustein „Handbetrieb“ werden alle Druckluftventile der Anlage einzeln angesteuert. Mit Hilfe dieses Bausteins und dem Panel können alle pneumatischen Bauteile separat verfahren werden.

In dem Baustein sind die Ventile gegeneinander verriegelt, sodass es zu keiner Kollision kommen kann.

- **FB\_3 Auswertung der Messwerte**

Im Baustein „Auswertung der Messwerte“ werden die Messwerte, welche die Messeinheit liefert, ausgewertet.

Mit Hilfe mehrerer Vergleicher und Verriegelungen wird ermittelt, ob die Bohrtiefe der Bohrungen stimmt, die Bohrlöcher vorhanden sind und auch, ob eine Wasserwaage vorhanden ist oder falsch eingelegt ist.

Auch der Datentransfer der Messdaten ans Panel findet in diesem Baustein statt.



- **FB\_4 Ansteuerung Frequenzumrichter**

Der Funktionsbaustein „FU-G120 PROFINET\_Telegramm“ dient der Steuerung des Frequenzumrichters, welcher das Laufband der I4.0 Anlage betreibt.

Als erstes wird die Funktion „FU-G120N\_SOLL-Normierung“ aufgerufen. Dadurch kann die Drehzahl in U/min angegeben werden und wird im FC in eine für den FU verständliche Integerzahl umgewandelt.

Anschließend werden dem FU mit Hilfe des „Steuerworts“ verschiedene hexadezimale Werte zugewiesen. Z.B. der Wert „16#047f“ für die Betriebsart Rechtslauf.

Durch die Abfrage des ersten Bits des „Zustandsworts“ des FUs wird die Einschaltbereitschaft abgefragt.

- **FB\_5 BK Mikro Messeinheit**

Im ersten Netzwerk des FBs „BK Mikro Wörter“ wird der Zustand der Messeinheit mit Hilfe des Zustandsworts abgefragt und Bit für Bit in ein Struct-Feld abgelegt.

Anschließend wird der von der Messeinheit gelieferte Wert (Integer) in eine Realzahl (mm) umgerechnet, um die Bedienung zu erleichtern.

Im weiteren Verlauf werden Sollmesswert und Toleranz in eine Integerzahl umgewandelt und alle Informationen, welche die Messeinheit benötigt in ein weiteres Struct-Feld angelegt und an die Steuereinheit übermittelt.

- **FB\_6 Grundstellung**

Mit Hilfe des FBs „Grundstellung“ wird die gesamte Anlage wieder in ihre Anfangsposition gebracht. Dies erfolgt in einer fest vorgegebenen Reihenfolge, um Kollisionen zu vermeiden.

Die Grundstellung beinhaltet alle pneumatischen Bauteile, sowie die Messeinheit.

- **FB\_7 Graph 7**

Der FB „Graph7“ beinhaltet die Schrittkette, welche unseren gesamten Ablauf steuert.

Beginnend mit Schritt Eins, der die Schrittkette initialisiert. Es folgt die erste Transaktion, die erfüllt werden muss, um zu Schritt Zwei zu gelangen.

In diesem Schema arbeitet sich die Schrittkette von Schritt zu Schritt, sobald die entsprechenden Transaktionen erfüllt sind.

Die Kette endet mit dem letzten Schritt und einer letzten Transaktion, die die Kette wieder von vorne starten lässt, sofern die Bedingungen erfüllt sind.

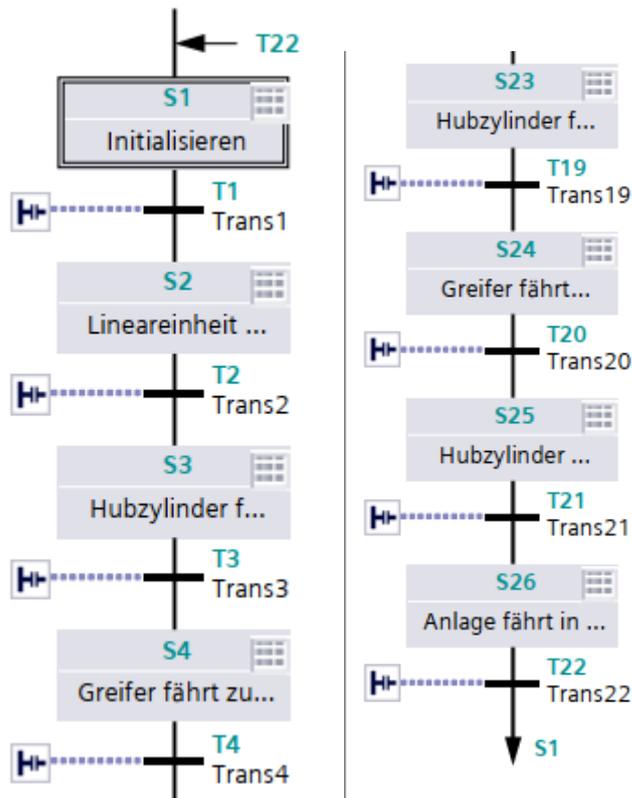


Abbildung 34: Anfang und Ende der Schrittkette

Die vollständige Ablaufkette ist im Anhang (FB7 Graph) zu finden.

#### 4.4.2. HMI-Panel: Bilderbeschreibung

In diesem Kapitel sind die HMI-Bilder und ihre Funktionen beschrieben.

##### Home

Beim Home Bildschirm wird die Wahl getroffen, in welchen Modus man wechseln möchte.

Es gibt die Wahlmöglichkeit zwischen:

- **Automatikbetrieb**
- **Handbetrieb**



Abbildung 35: Homebildschirm

### Automatikbetrieb

Der Automatikbetrieb bietet die Möglichkeit, die Maße und Toleranzen für die Kopf- bzw. Seitenmessung händisch einzugeben und der Steuereinheit des BK-Mikro zu übermitteln. Das Ist-Maß, also das gemessene Maß, welches der BK-Mikro liefert, wird im unteren Bereich angezeigt. Zusätzlich wird optisch über eine rote, bzw. grüne LED neben der Maßanzeige signalisiert, ob die Messung innerhalb der angegebenen Toleranz liegt, oder nicht.

Mit Hilfe des Starttasters wird die Schrittkette initialisiert und die Lichtschranke am Bandanfang aktiviert. Dies wird über eine grüne Leuchte an der Anlage signalisiert. Unterbricht nun ein Warenträger die Lichtschranke, wird das Laufband eingeschaltet und transportiert die Palette zur Messstation.

Der Stoptaster dient der Deaktivierung der Lichtschranke, sodass kein neuer Warenträger zur Messstation gelangt. Der laufende Messzyklus wird dabei nicht unterbrochen, sondern vollständig bearbeitet. Sobald die Palette die Lichtschranke am Bandende unterbricht, wird der FU abgeschaltet und der Zyklus ist beendet.

Sobald der Stoptaster betätigt wurde blinkt die grüne Leuchte der Anlage. Ist der Zyklus beendet erlischt die Leuchte.

Der Taster „Grundstellung“ dient der Aktivierung der Grundstellung und blinkt, sobald sich die Anlage nicht mehr in Grundstellung befindet.

Durch die Betätigung des Tasters „Störung FU“, wird eine evtl. auftretende Störung am FU rückgesetzt.

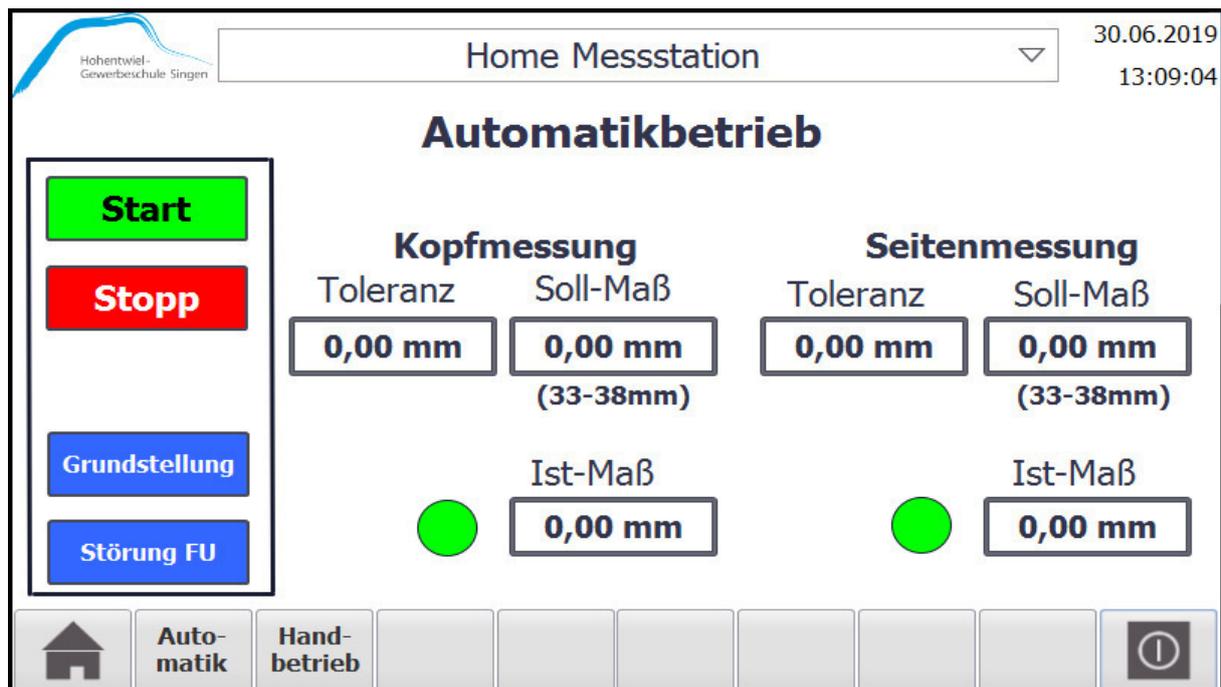


Abbildung 36: Automatikbildschirm



### Handbetrieb

Auf dem HMI-Bild „Handbetrieb“ kann jeder einzelne Aktor angesprochen und aktiviert (grün hinterlegt) bzw. deaktiviert (rot hinterlegt) werden. Es sind wesentliche Software-Verriegelungen vorgenommen worden, um mechanische Kollisionen zu vermeiden.

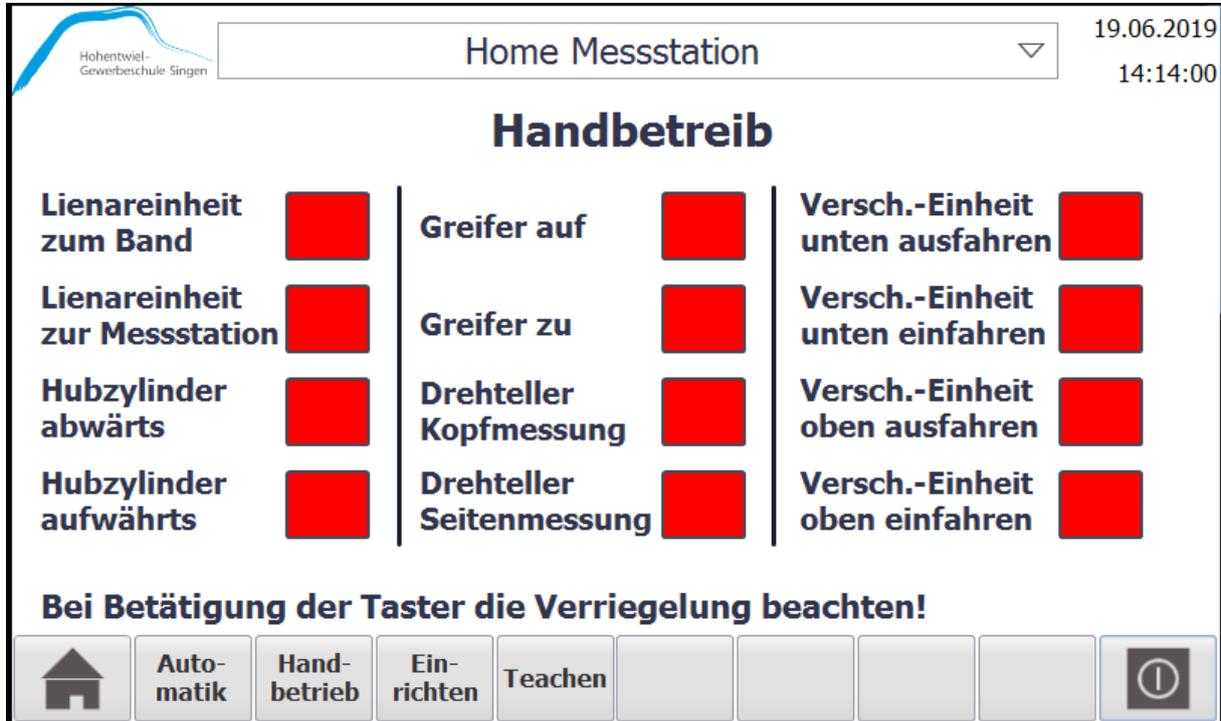


Abbildung 37: Handbetrieb

Hinweis: Ist in dem Bild ein Aktor in seiner Position, wird das entsprechende Feld grün hinterlegt und das nicht entsprechende rot gefärbt

#### 4.4.3. QR-Code

An der Messstation ist ein Schild mit einem QR-Code angebracht. Dieser enthält einen Link zu einer PDF, welche auf der HGS Website bereitgestellt wird. Dort sind diese Dokumentation, das SPS Programm und die Symboltabellen in PDF hinterlegt und einsehbar.

Somit können sich die späteren Benutzer der Station, direkt auf dem Smartphone, Informationen zur Anlage ansehen. Der Code wird mithilfe der Website „<https://www.qrcode-monkey.com/de>“ erstellt und es wird dabei das HGS Logo eingefügt.

Der Code enthält den Link:

<https://www.hgs-singen.de/messstation.pdf>



Abbildung 38: QR-Code

Zusätzlich ist der ausgeschriebene Link zu sehen, um auch auf Smartphones ohne QR Code Reader oder am PC die PDF finden zu können.

Das auf Papier gedruckte Schild wird mittels Visitenkartenfenster an der Station angebracht. Somit kann bei Bedarf schnell und einfach ein neues Schild platziert werden. Dies könnte beispielsweise erforderlich sein, wenn sich der Link ändern sollte oder weitere Links hinzukommen.



## **4.5. Schaltpläne**

### **4.5.1. Elektroschaltplan**

Der Schaltplan ist mittels EPLAN Electric erstellt. Dazu wird eine leere „Projektvorlage mit Kennzeichnungsstruktur gemäß IEC-Norm“ ausgewählt. Die bauteilspezifischen Makros aller Teile, von den Klemmen bis hin zu den Sensoren, sind über das Data Portal herausgesucht. Somit sind auch die EPLAN Artikelnummern hinterlegt. Sind im Portal keine Artikel vorhanden, wird online bei den Herstellern danach gesucht. So wird beispielsweise ein Datenkatalog des Herstellers Beckhoff heruntergeladen. Daraus werden dann die benötigten Artikel in den gewünschten Ansichten herausgesucht. In manchen Fällen werden auch Makros selbst erstellt und Typnummern des Herstellers hinterlegt, wenn keine EPLAN Makros verfügbar sind (z.B. bei BK Mikro).

Es werden die Potentialbezeichnungen, Buskennzeichnungen und die bauteilspezifischen Kennzeichen vergeben (Bsp.: „-X1“ für Klemmenblock 1; Klemmen durchnummeriert). Die Bezeichnungen werden auch auf die realen Teile übertragen und dort mittels Beschriftungsgerät angebracht. Zum Vergleich dienen die folgenden Abbildungen. Der vollständige Schaltplan ist im Anhang dieser Dokumentation zu finden.

### **4.5.2. Pneumatikplan**

Analog zur Vorgehensweise beim Elektroschaltplan, wird der Pneumatikplan in Eplan erstellt. Hier wird allerdings eine leere „Fluid-Projektvorlage mit Kennzeichnungsstruktur gemäß IEC-Norm“ verwendet. Nun werden wieder die realen Bauteile gemäß Plan beschriftet. Den vollständigen Pneumatikplan befinden sich im Anhang.



## 5. Fazit

Nach dem erfolgreichen Abschluss der Aufgabe, die uns von der Hohentwiel-Gewerbeschule Singen gestellt wurde, lässt sich sagen, dass uns die Lösung der Aufgabe in ihrer Komplexität und fachübergreifendem Umfang viel Spaß bereitet hat, sie uns jedoch auch sehr gefordert hat. Sei es nun in der Konstruktionsphase, da wir auf gebrauchte Bauteile zurückgreifen mussten und so nicht freie Hand bei der Ausarbeitung der Anlage hatten, oder während der Programmierung, die immer wieder neue Probleme offengelegt hat, die wir zu lösen hatten.

Auch die Einbindung in die bestehende I4.0 Lernfabrik gestaltete sich schwieriger als erwartet, da wir unsere Messstation nochmal geringfügig anpassen mussten, was sich auch auf die Position einiger Aktoren ausgewirkt hat.

Alles in Allem jedoch sind wir mit unserer Lösung der Aufgabenstellung sehr zufrieden und möchten uns nochmal bei der Hohentwiel-Gewerbeschule Singen für die Bereitstellung der Technikerarbeit bedanken.

## 6. Vorschläge für eine Optimierung der Messstation

1. Sensor am Förderband 3 im Bandabschnitt ST3 installieren. Der soll erkennen, ob sich eine Wasserwaage auf den Warenträger befindet bzw. die richtige Lage aufweist.
2. Arbeitsauftragskennung mittels RFID und Speicherung von wichtigen Daten, z.B. Messdaten.
3. Messstation einbinden in das MES-System und Datentransfer in das MES-System realisieren.
4. Erfassen aller gemessener Daten und senden an einen Server. Auswertung (z.B. Qualitätsmanagement) der Messdaten durch entsprechende Hochsprachen.



## 7. Liste aller Datentypen

### Übersicht Datentypen TIA-Portal

#### Binärzahlen

Datentyp	Breite (bit)	Wertebereich	Beispiel Werteingaben	S7-300/400	S7-1200	S7-1500
BOOL (x)	1 (S7-1500 optimiert 1Byte)	FALSE oder TRUE BOOL#0 oder BOOL#1 BOOL#FALSE oder BOOL#TRUE	TRUE BOOL#1 BOOL#TRUE	X	X	X
BYTE (b)	8	B#16#00 bis B#16#FF	15, BYTE#15, B#15	X	X	X
WORD (w)	16	W#16#0000 bis W#16#FFFF	61680, WORD#61680, W#61680	X	X	X
DWORD (dw)	32	DW#16#0000 0000 bis DW#16#FFFF FFFF	15793935, DWORD#15793935, DW#15793935	X	X	X
LWORD (lw)	64	LW#16#0000 0000 0000 0000 bis LW#16#FFFF FFFF FFFF FFFF	26123590360715, LWORD#26123590360715, LW#26123590360715			X

#### Ganzzahlen

Datentyp	Breite (bit)	Wertebereich	Beispiel Werteingaben	S7-300/400	S7-1200	S7-1500
SINT (si)	8	-128 bis 127	+44, SINT# +44		X	X
INT (i)	16	-32768 bis 32767	+3785, INT# +3785	X	X	X
DINT (di)	32	-2147483648 bis +2147483647	125790, DINT#125790, L#275	X	X	X
USINT (usi)	8	0 bis 255	78, USINT#78		X	X
UINT (ui)	16	0 bis 65535	65295, UINT#65295		X	X
UDINT (udi)	32	0 bis 4294967295	4042322160, UDINT#4042322160		X	X
LINT (li)	64	-9223372036854775808 bis +9223372036854775807	+154325790816159, LINT# +154325790816159			X
ULINT (uli)	64	0 bis 18446744073709551615	154325790816159, ULINT#154325790816159			X

#### Gleitpunktzahlen

Datentyp	Breite (bit)	Wertebereich	Beispiel Werteingaben	S7-300/400	S7-1200	S7-1500
REAL (r)	32	-3.402823e+38 bis -1.175 495e-38  ±0  +1.175 495e-38 bis +3.402823e+38	0.0, REAL#0.0 1.0e-5, REAL#1.0e-5	X	X	X
LREAL (lr)	64	-1.7976931348623158e+308 bis -2.2250738585072014e-308  ±0  +2.2250738585072014e-308 bis +1.7976931348623158e+308	0.0, LREAL#0.0 1.0e-5, LREAL#1.0e-5		X	X

#### Zeiten

Datentyp	Breite (bit)	Wertebereich	Beispiel Werteingaben	S7-300/400	S7-1200	S7-1500
SSTIME (sst)	16	SST#0H_0M_0S_0MS bis SST#2H_46M_30S_0MS	SST#10s, SSTIME#10s	X		X
TIME (t)	32	T#-24d20h31m23s648ms bis T#+24d20h31m23s647ms	T#10d20h30m20s630ms, TIME#10d20h30m20s630ms	X	X	X
LTIME (lt)	64	LT#-106751d23h47m16s854ms775us808ns bis LT#+106751d23h47m16s854ms775us807ns	LT#11350d20h25m14s830ms 652us315ns, LTIME#11350d20h25m14s830ms 652us315ns			X



## Zeichen

Datentyp	Breite (Bit)	Wertebereich	Beispiel Werteingaben	S7-300/400	S7-1200	S7-1500
CHAR (c)	8	ASCII-Zeichensatz	'A', CHAR#'A'	X	X	X
WCHAR (wc)	16	Unicode	WCHAR#'A'		X	X
STRING (s)	n+2 (Byte)	0 bis 254 Zeichen (n)	'Name', STRING#'NAME'	X	X	X
WSTRING (ws)	n+2 (Word)	0 bis 16382 Zeichen (n)	WSTRING#'Hallo Welt'		X	X

## Datum und Uhrzeit

Datentyp	Breite (Bit)	Wertebereich	Beispiel Werteingaben	S7-300/400	S7-1200	S7-1500
DATE (d)	16	D#1990-01-01 bis D#2168-12-31	D#2009-12-31, DATE#2009-12-31	X	X	X
TOD (tod) (TIME_OF_DAY)	32	TOD#00:00:00.000 bis TOD#23:59:59.999	TOD#10:20:30.400, TIME_OF_DAY#10:20:30.400	X	X	X
LTOD (ltod) (LTIME_OF_DAY)	64	LTOD#00:00:00.000000000 bis LTOD#23:59:59.999999999	LTOD#10:20:30.400_365_215, LTIME_OF_DAY#10:20:30.400_365_215			X
DT (dt) (DATE_AND_TIME)	64	Min.: DT#1990-01-01-0:0:0 Max.: DT#2089-12-31-23:59:59.999	DT#2008-10-25-8:12:34.567, DATE_AND_TIME#2008-10-25- 08:12:34.567	X		X
LDT (ldt) (LDATE_AND_TIME)	64	Min.: LDT#1970-01-01-0:0:0.000000000, 16#0 Max.: LDT#2262-04-11-23:47:16.854775807, 16#7FFF.FFFF.FFFF.FFFF	LDT#2008-10-25-8:12:34.567			X
DTL (dtl)	96	Min.: DTL#1970-01-01-00:00:00.0 Max.: DTL#2554-12-31-23:59:59.999999999	DTL#2008-12-16-20:30:20.250		X	X

## Zeiger

Datentyp	Breite (Bit)	Wertebereich	Beispiel Werteingaben	S7-300/400	S7-1200	S7-1500
POINTER (p)	48		Symbolisch: "MyDB"."MyTag" Absolut: P#20.0 P#DB10.DBX20.0	X		X
ANY (any)	80		Symbolisch: "MyDB".StructVariable.ErsteKomponente Absolut: P#DB11.DBX20.0 INT 10 P#M20.0 BYTE 10	X		X
VARIANT (var)	0		Symbolisch: "Daten_TIA_Portal".StructVariable.ErsteKomponente Absolut: %MW10 P#DB10.DBX10.0 INT 12		X	X

## Array

	S7-300/400	S7-1200	S7-1500	Beispiele
Max. Dimensionen	6	6	6	Array[0..1, 0..2, 0..3, 0..4, 0..5, 0..6] of Int (S7-300/400) Array[0..1, 0..2, 0..3, 0..4, 0..5, 0..6] of LReal (S7-1200) Array[0..1, 0..2, 0..3, 0..4, 0..5, 0..6] of WChar (S7-1500)
Max. Anzahl Byte	32767	65535	16777216	Array[1..65535] of Bool (S7-300/400) Array[1..524280] of Bool (S7-1200) Array[1..16777216] of Bool (S7-1500)
Max. Elemente beobachtbar	10001	10001	10001	Array[0..10000] of Real Array[1..10001] of Bool



## **8. Anhang Symboltabellen**

### **8.1. PLC**

### **8.2. HMI**

## **9. Anhang Programm**

## Messtation [173]

### PLC-Variablen

PLC-Variablen				
	Name	Datentyp	Adresse	Remanenz
	xBG1_Greifer auf	Bool	%I14.0	False
	xBG2_Greifer zu	Bool	%I14.1	False
	xBG3_Hubzylinder unten	Bool	%I14.2	False
	xBG4_Hubzylinder oben	Bool	%I14.3	False
	xBG5_Lineareinheit bei Laufband	Bool	%I14.4	False
	xBG6_Lineareinheit bei Messtation	Bool	%I14.5	False
	xBG7_Kopfmessung Drehteller	Bool	%I14.6	False
	xBG8_Seitenmessung Drehteller	Bool	%I14.7	False
	xBG9_Verschiebeeinheit oben ausgefahren	Bool	%I15.0	False
	xBG10_Verschiebeeinheit oben eingefahren	Bool	%I15.1	False
	xBG11_Verschiebeeinheit unten ausgefahren	Bool	%I15.2	False
	xBG12_Verschiebeeinheit unten eingefahren	Bool	%I15.3	False
	wBKMIKRO_ew1	Word	%IW8	False
	wBKMIKRO_ew2	Word	%IW10	False
	wBKMIKRO_ew3	Word	%IW12	False
	wZSW1_Receive	Word	%IW20	False
	xBG14_Palette in Position Station 3	Bool	%I3.0	False
	xBG15_Stopper 3 in unterer Endlage	Bool	%I2.4	False
	xBG16_Lichtschanke Bandanfang Empfänger	Bool	%I3.3	False
	xBG13_Palette vorhanden Station 3	Bool	%I2.5	False
	xBG17_Palette vorhanden Station 2	Bool	%I1.7	False
	xBG18_Palette in Position Station 2	Bool	%I2.2	False
	xQ_Greifer fährt auf	Bool	%Q4.0	False
	xQ_Greifer fährt zu	Bool	%Q4.1	False
	xQ_Hubzylinder einfahren	Bool	%Q4.2	False
	xQ_Hubzylinder ausfahren	Bool	%Q4.3	False
	xQ_Lineareinheit fährt zu band	Bool	%Q4.4	False
	xQ_Lineareinheit fährt zu Messtation	Bool	%Q4.5	False
	xQ_Kopfmessung Drehteller	Bool	%Q4.6	False
	xQ_Seitenmessung Drehteller	Bool	%Q4.7	False
	xQ_Verschiebeeinheit oben ausfahren	Bool	%Q5.0	False
	xQ_Verschiebeeinheit oben einfahren	Bool	%Q5.1	False
	xQ_Verschiebeeinheit unten ausfahren	Bool	%Q5.2	False
	xQ_Verschiebeeinheit unten einfahren	Bool	%Q5.3	False
	wBKMikro_aw1	Word	%QW12	False
	wBKMikro_aw2	Word	%QW14	False
	wBKMikro_aw3	Word	%QW16	False

	Name	Datentyp	Adresse	Remanenz
	wSTW1_Send	Word	%QW20	False
	iN_SOLL_Send	Int	%QW22	False
	xQ_Stopper_3_Laufband	Bool	%Q18.4	False
	xQ_Lichtschränke Sender Bandauslauf	Bool	%Q0.5	False
	xQ_Stopper_2_Laufband	Bool	%Q18.2	False
	xQ_Stopper_1_Laufband	Bool	%Q18.0	False
	xQ_Leuchte Rot	Bool	%Q1.0	False
	xQ_Leuchte Grün	Bool	%Q1.1	False
	xQ_Leuchte MC Rot	Bool	%Q1.2	False
	xQ_Leuchte MC Grün	Bool	%Q1.3	False
	xQ_Leuchte MC Blau	Bool	%Q1.4	False
	xBG16_Lichtschränke Bandauslauf Empfänger	Bool	%I3.5	False
	xQ_Lichtschränke Sender Bandeinlauf	Bool	%Q0.4	False
	Tag_1	Bool	%Q2.0	False
	Tag_2	Bool	%Q18.3	False
	Clock_Byte	Byte	%MB100	False
	Clock_10Hz	Bool	%M100.0	False
	Clock_5Hz	Bool	%M100.1	False
	Clock_2.5Hz	Bool	%M100.2	False
	Clock_2Hz	Bool	%M100.3	False
	Clock_1.25Hz	Bool	%M100.4	False
	Clock_1Hz	Bool	%M100.5	False
	Clock_0.625Hz	Bool	%M100.6	False
	Clock_0.5Hz	Bool	%M100.7	False
	x24VNA_NOT-AUS Taster gedrückt	Bool	%I0.0	False

## Messtation [173]

### Anwenderkonstanten

#### Anwenderkonstanten

Name	Datentyp	Wert
------	----------	------

## HMI-Daten [DB1]

### HMI-Daten Eigenschaften

#### Allgemein

<b>Name</b>	HMI-Daten	<b>Nummer</b>	1	<b>Typ</b>	DB
<b>Sprache</b>	DB	<b>Nummerierung</b>	Automatisch		

#### Information

<b>Titel</b>		<b>Autor</b>		<b>Kommentar</b>	
<b>Familie</b>		<b>Version</b>	0.1	<b>Anwenderdefinierte ID</b>	

Name	Datentyp	Startwert	Remanenz
▼ Static			
xIN_Grundstellung	Bool	false	False
xIN_Grundstellung aktiv	Bool	false	False
xIN_Stop	Bool	false	False
xIN_Start	Bool	false	False
xIN_Reset	Bool	false	False
xIN_Schrittfolge initialisieren	Bool	false	False
xIN_Schrittfolge ausschalten	Bool	false	False
xIN_Schrittfolge deaktiviert	Bool	false	False
xIN_Greifer auf	Bool	false	False
xIN_Greifer zu	Bool	false	False
xIN_Hubzylinder ausfahren	Bool	false	False
xIN_Hubzylinder einfahren	Bool	false	False
xIN_Lineareinheit zu Band	Bool	false	False
xIN_Lineareinheit zu Messstation	Bool	false	False
xIN_Drehteller Seitenmessung	Bool	false	False
xIN_Drehteller Kopfmessung	Bool	false	False
xIN_Versch. oben ausfahren	Bool	false	False
xIN_Versch. oben einfahren	Bool	false	False
xIN_Versch. unten ausfahren	Bool	false	False
xIN_Versch. unten einfahren	Bool	false	False
xIN_Teach_BKMikro	Bool	false	False
xIN_Teach_Manuell	Bool	false	False
xIN_Referenzfahrt_BKMikro	Bool	false	False
xIN_Reset_KO	Bool	false	False
xIN_Rechtslauf	Bool	false	False
xIN_Linkslauf	Bool	false	False
xIN_Störung quittieren	Bool	false	False
xIN_FU_Störung aktiv	Bool	false	False
xIN_Laufband Stop	Bool	false	False
iIN_Teach_Manuell_Wert	Int	0	False
iIN_Kopfmessung	Int	0	False
iIN_Seitenmessung	Int	0	False
iIN_Wasserwaage Position	Int	0	False
rIN_Aktueller Messwert Kopf	Real	0.0	False
rIN_Aktueller Messwert Seite	Real	0.0	False
rQ_Soll_Wert Kopf	Real	0.0	False
rQ_Soll_Wert Seite	Real	0.0	False
rQ_Toleranz Kopf	Real	0.0	False
rQ_Toleranz Seite	Real	0.0	False

Name	Datentyp	Startwert	Remanenz
▼ struct_Ventilpositionen	Struct		False
xIN_Greifer ist auf	Bool	false	False
xIN_Greifer ist zu	Bool	false	False
xIN_Hubzylinder ist ausgefahren	Bool	false	False
xIN_Hubzylinder ist eingefahren	Bool	false	False
xIN_Lineareinheit ist beim Band	Bool	false	False
xIN_Lineareinheit ist bei Messstation	Bool	false	False
xIN_Drehteller ist bei Seitenmessung	Bool	false	False
xIN_Drehteller ist bei Kopfmessung	Bool	false	False
xIN_Versch. oben ist ausgefahren	Bool	false	False
xIN_Versch. oben ist eingefahren	Bool	false	False
xIN_Versch. unten ist ausgefahren	Bool	false	False
xIN_Versch. unten ist eingefahren	Bool	false	False