

Beantworten Sie bitte nachstehende Fragen (kurz) bzw. erstellen Sie Hand – Skizzen auf gesonderten, mit Ihrer Matrikel- Nummer gekennzeichneten Blättern unter Angabe der jew. Aufgaben – Nr.:

1. Messwertaufbereitung / Signalausgabe

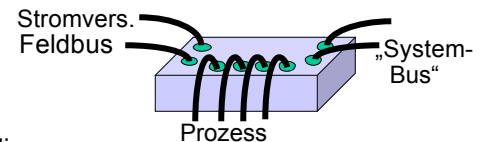
45 Punkte, Vorgabe: 40 Minuten

In einer Fertigungsstraße soll eine automatisierte Wascheinrichtung ergänzt werden. Sensoren und Aktoren sollen an Ein- und Ausgabegeräte angeschlossen werden, die in IP67 ausgeführt sind (Schraub-Stecker M8, vor- Ort angeordnet und per Feldbus mit einer Steuerung verbunden). Ihre binären Ein- und Ausgabekanäle sind für 3-Leiter-Anschluss der Sensoren / Aktoren ausgelegt: Anschl. 1: "+", Anschl. 3: "-", Anschl. 4: Signal-Leitung (Eingang / Ausgang). Analoge Eingaben haben 4-Leiter-Anschluss: zusätzlich Anschl. 2 für Eingangssignal +, dann ist Anschl. 4 Eingangssignal -

a) Skizzieren Sie Anschluss- Schaltpläne pro Typ mit allen Leitungen und bezeichneten Anschlüssen für untenstehende Fälle. Geben Sie die Art der Ein-/Ausgabekanäle mit den Abkürzung AI / AO / DI / DO an.

- a1) Manometer mit einfachen Wechslerkontakten zur Kontrolle von Wasser- und Pressluftdruck. Darstellen im drucklosen Zustand. Zu kleiner Druck sowie Drahtbruch sollen die Straße stoppen.
- a2) Lichtschranken mit Elektronik- Ausgang (20 V gegen Bezugsleiter für „nicht unterbrochen“), mit ca. 15 mA Eigenbedarf. Schrankenunterbrechung sowie Drahtbruch sollen die Straße stoppen..
- a3) Widerstandsthermometer (mit eingebautem Messumformer, 4-Leiter-Anschluss für Widerstandsthermometer und Messumformer) zur Kontrolle der Wassertemperatur. Zu kleine Temperatur sowie Drahtbruch sollen die Straße stoppen.
- a4) Magnetventile, bei Anliegen von 24 V an der Spule öffnend, Strombedarf ca. 0,5 A

b) Skizzieren Sie die Geräteanordnung: Ein Koppelgerät zu Profibus-DP mit Anschluss der Spannungsversorgung hat selbst 4 Binäreingänge, hieran können weitere Ein/Ausgabegeräte mit je 4 Kanälen über vorkonfektionierte Leitungen für Spannungsversorgung und einen „Systembus“ angeschlossen werden.



Stellen Sie die Geräte nur als 2-dim. Kästchen dar, bezeichnen Sie diese mit DI, DO, AI oder AO, und beschriften Sie Anschlussstecker / Kabel (ohne Einzelsignale) für: 2 Druckwächter, 2 Lichtschranken, 1 Widerstands-Thermometer und 4 Magnetventile.

c) Angenommen, Lichtschranken und Temperatur-Messumformer sowie Ein-/Ausgabegeräte seien bei ungefähr gleichem Preis in IO-Link- fähiger Ausführung zu erhalten. (Schaltausgang bis 0,5 A)

- c1) Welche Vorteile hätte das im Vergleich zur konventionellen Lösung? (nur Stichworte!)
- c2) Skizzieren Sie diejenigen Anschluss- Schaltpläne, die sich nun gegenüber a1 bis a4 ändern würden.

d) Skizzieren Sie die notwendige Logik in Funktionsbausteinsprache mit Symbolen der Norm IEC 61131 zur Bildung eines Signals „Freigabe“ (mit log. „1“) der Wascheinrichtung. Bei länger als 5 s zu geringem Luft- oder Wasserdruck sowie sofort bei Unterbrechung einer von zwei Lichtschranken sowie zu geringer Wassertemperatur (< 50 °C) soll die Freigabe auf „0“ gehen und dadurch der Betrieb gestoppt werden, auch bei Drahtbruch oder Erdschluss in einem Eingangskreis. Die Wassertemperatur kommt als „REAL“ in die CPU.

Benennen Sie binäre Ein- und Ausgänge mit Text, jeweils für denjenigen Zustand, bei dem das Signal den Pegel „1“ hat. Konstanten (z.B. Grenzwerte) können Sie direkt an Eingänge schreiben.

2. Steuerung / Regelung

40 Punkte, Vorgabe: 35 Minuten

Ein größerer Heizkessel wird durch vier Ölbrenner beheizt. Das Heizöl wird aus einem Tank durch eine un-geregelte Pumpe zu den Einlass- Magnetventilen der Brenner und dann über ein geregeltes Bypassventil zurück in den Tank gepumpt. Über das Bypassventil wird der Druck in der Ölleitung und damit die Brennerleistung eingestellt. Je nach Gesamtleistung werden 1 bis 4 Brenner benutzt, da eine gute Verbrennung nur in einem bestimmten Bereich möglich ist. Die Verbrennungsluft wird durch ein Drehzahl- geregeltes Gebläse angesaugt und den Einlassklappen der Brenner zugeführt.

a) Skizzieren Sie ein Rohrleitungs- und Installationsschema (Anlagenbild) mit gekennzeichneten Aggregaten (Pumpe ..JP1, Gebläse ..JG1, Ventile ..JA1 .. 5, Klappen JK1 .. 4) sowie Messungen für Tankniveau, Öldruck und Luftdruck. Verwenden Sie als Systembezeichnung „KF1“ (Kessel- Feuerung 1).

Ergänzen Sie das Bild zum Mess- und Regelschema, indem Sie Drehzahl- und Bypass- Stellungsregler als kleine Kreise darstellen und Wirkungspfeile auf Frequenzumrichter und Bypassventil sowie von Sollwerten (nur „SW“ angeben) und Messungen (Langrunds) einzeichnen.

b) Skizzieren Sie ein Blockschaltbild für eine strukturierte Steuerung und Regelung, nur als „Kästchen“ ohne Einzelheiten, aber mit durch abgekürzten Text bezeichneten Verbindungen für Befehle und Wertvorgaben.

Jeder Brenner wird durch eine eigene Steuerung mit mehreren Befehlen in vorgegebener Reihenfolge in Betrieb gesetzt bzw. abgefahren. Die Befehle gehen direkt über Ausgabegeräte an Ölventil, Luftklappe und Zündung, die in der Skizze zu „Brenner n“ zusammengefasst werden können.

Ein Temperaturregler berechnet aus vorgegebener Soll- und gemessener Ist- Vorlauftemperatur sowie der Außentemperatur eine „Feuerungs- Stellgröße“, aus der eine den Brennern übergeordnete Brennerautomatik die Anzahl der benötigten Brenner erkennt. Über eine Stellgrößenanpassung wird aus der Feuerungs- Stellgröße der Sollwert für den Drehzahlregler errechnet. Dieser Regler regelt über einen Frequenzumrichter das Gebläse. Durch eine weitere Anpassung wird der Sollwert für den Positionsregler des Bypassventils errechnet, das mit proportionaler Ansteuerung arbeitet. Die Anpassung muss die Anzahl der in Betrieb befindlichen Brenner berücksichtigen.

Die den Brennern übergeordnete Brennerautomatik kann von Hand ein- und ausgeschaltet werden und startet die Brenner bzw. stellt sie ab. Außerdem steuert sie über Drehzahl- und Positionsregler (HAND / AUTO, EIN / AUS, AUF / ZU) Gebläse und Bypassventil, die daher keine eigenen Steuerungen benötigen.

- 2c) **Erstellen Sie eine textliche Struktur** von Steuerung und Regelung (Baum, wie Windows-Explorer). Brennersteuerung und Temperaturregler seien auf gleichem „Level“. Geben Sie in einer zusätzlichen Spalte für die Steuerungen an, welche Art von Steuerung sinnvoll ist.

3. Mensch- Maschine- Schnittstelle

18 Punkte, Vorgabe: 15 Minuten

Stellen Sie die Öl- Brenner aus Aufg. 2 als Prozessbild (Fließbild) einer Bedienstation dar. Im Einzelnen:

- Öltank, Fassungsvermögen 500 m^3 , bei 100 m^3 soll eine Warnung erfolgen.
- Ölpumpe (ungeregelt) mit Druckmessung hinter der Pumpe,
- Ölleitung von der Pumpe über die 4 Brenner und zurück über ein geregeltes Bypassventil,
- 4 Brenner, mit Br.1 .. 4 beschriftet, dargestellt nur mit Ölventil und Luftklappe, sowie einer Textanzeige für den Betriebszustand. In der Anlage brennen die Flammen „nach oben“. Sie könnten für die Darstellung unterstellen, dass 3 Brenner in Betrieb sind.
- Gebläse für die Verbrennungsluft, Drehzahl- geregelt, mit Druck-Anzeige hinter Gebläse,
- Anwahlfeld für Gruppensteuerung (bei anklicken erscheint Bedienungs- Faceplate) mit Zustandsanzeige für EIN / AUS.

Stellen Sie die Messungen in geeigneter Form dar. Zeigen Sie bei den beiden geregelten Aggregaten die jeweilige Regelgröße bzw. Stellgröße an.

4. Engineering

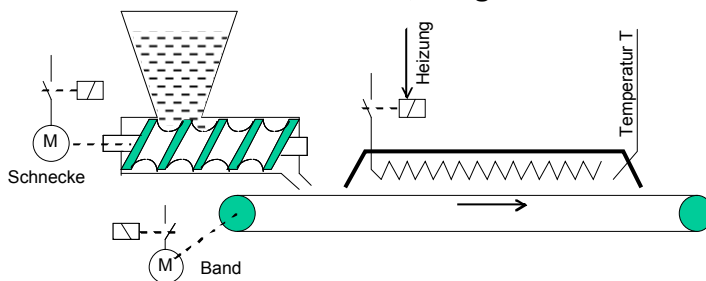
37 Punkte, Vorgabe: 30 Minuten

Zur Herstellung von Kunststoffplatten wird ein Granulat mittels einer Schnecke durch einen speziellen Trichter auf ein Band gepresst und auf diesem zum Zusammenschmelzen erwärmt.

Die Heizung benötigt Zeit zum Aufwärmen auf 120° , bevor die Produktion begonnen werden kann. Messung durch Widerstandsthermometer mit eingebautem Messumformer, Messbereich $0..200^\circ\text{C}$, entspricht in der CPU $0..100\%$.

Das Band muss laufen, bevor die Schnecke eingeschaltet werden darf. Beim Abstellen muss das Band 10 s länger laufen als die Schnecke.

Schnecke und Band werden durch Elektro- Motoren angetrieben, die ebenso wie die Heizung mit Leistungsschützen ohne Selbsthaltung geschaltet werden. "EIN" wird jeweils durch Hilfskontakt gemeldet.

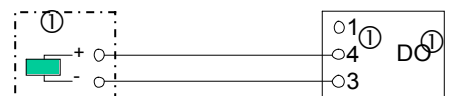
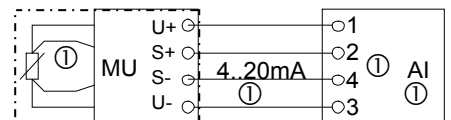
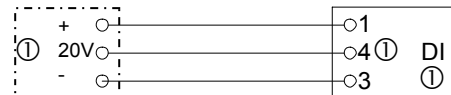


- a) **Skizzieren Sie einen Funktionsbaustein „GRENZSIG“** in Funktionsbausteinsprache mit Symbolen der IEC 61131, in dem Sie sich aus der analogen Temperaturmessung ein Binärsignal für $>120^\circ\text{C}$ erzeugen sowie einen Alarm „T TIEF“ für den Fall, dass die Schnecke läuft und die Temperatur länger als 5 s unter 100°C absinkt, sowie einen Alarm „Band AUS“ wenn die Schnecke läuft und das Band aus ist. Verwenden Sie nur solche Signale, die oben genannt sind.
- b) **Erstellen Sie eine textliche Variablendeklaration** für eine Ablaufsteuerung zum An- und Abfahren der Maschine. Sie soll durch eine Taste „EIN“ gestartet und durch eine Taste „AUS“ abgestellt werden. Verwenden Sie nur solche Signale, die oben genannt sind.
- c) **Erstellen Sie das Programm** zum An- und Abfahren der Maschine **in der Ablaufsprache** der IEC 61131. Verwenden Sie nur solche Signale, die Sie in b) deklariert haben (bzw. die oben genannt sind). Diese Steuerung gibt ihre Befehle über Ausgabegeräte direkt an die Leistungsschütze, also muss sie evtl. nötige Befehlsspeicherungen enthalten.

1. Messwertaufbereitung / Signalausgabe

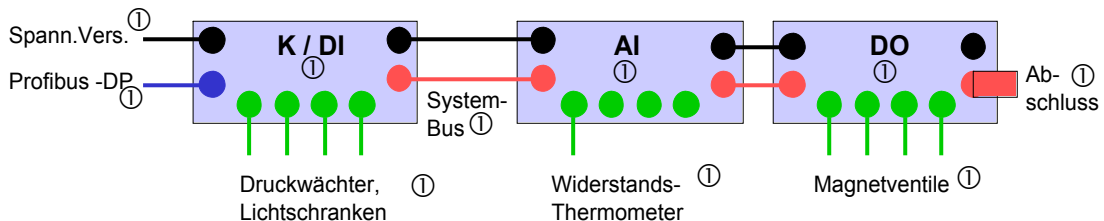
a) **Skizzieren Sie Anschluss- Schaltpläne** mit jeweils allen Leitungen und bezeichneten Anschlüssen für die untenstehenden Fälle. Geben Sie die Art der Ein-/Ausgabekanäle mit den Abkürzung AI / AO / DI / DO an.

- a1) Manometer mit einfachen Wechslerkontakten zur Kontrolle von Wasser- und Pressluftdruck. Darstellen im drucklosen Zustand. Zu kleiner Druck sowie Drahtbruch sollen einen Eingriff auslösen.
- a2) Lichtschranken mit Elektronik- Ausgang (20 V gegen Bezugsleiter) für „nicht unterbrochen“, mit ca. 15 mA Eigenbedarf. Schrankenunterbrechung sowie Drahtbruch sollen einen Eingriff auslösen.
- a3) Widerstandsthermometer (mit eingebautem Messumformer, 4-Leiter-Anschluss) zur Kontrolle der Wassertemperatur. Zu kleine Temperatur sowie Drahtbruch sollen einen Eingriff auslösen.
- a4) Magnetventile, bei Anliegen von 24 V an der Spule öffnend, Strombedarf ca. 0,5 A



13

b) **Skizzieren Sie die Geräteanordnung:**



10

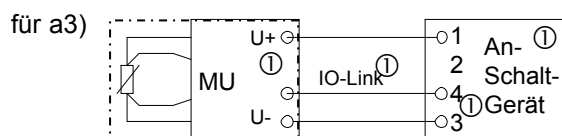
c) Angenommen, Lichtschranke und Temperatur- Messumformer sowie Ein-/Ausgabegeräte seien bei ungefähr gleichem Preis in **IO-Link**- fähiger Ausführung zu erhalten:

- c1) **Vorteile:** + nur eine Sorte „Anschaltgeräte“ [1] statt verschiedener Ein- und Ausgabegeräte [1]
+ mehr Informationen: Parameter [1] und Diagnose [1] zum / vom Sensor / Aktor, nicht nur vom E/A-Gerät [1]

5

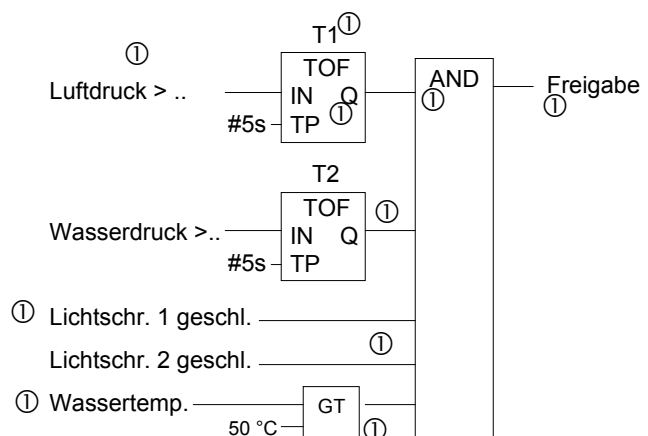
c2) **unterschiedliche Anschluss- Schaltpläne bei IO-Link:**

a1), a2) und a3) wie oben, ③



7

d) **Logik für Unterbrechung der „Freigabe“**
in Funktionsbausteinsprache nach IEC 61131



10

The diagram illustrates the oil heating system (Ölheizung) layout. It includes an oil tank (Öltank) connected to a pump (KF1 JP1). The system is controlled by a control unit (FU) and a limit switch (LIC KF1CL1). The main oil line branches out to four burners (Brenner 1-4) via valves (KF1 JA1, KF1 JA2, KF1 JA3, KF1 JA4) and pressure gauges (KF1 JK1, KF1 JK2, KF1 JK3, KF1 JK4). The system is labeled with the number 18.

The diagram illustrates the functional architecture of a burner control system. At the top, three inputs are shown: 'Soll- Vorlauf-Temp.' (Setpoint flow temperature), 'Ist- Vorlauftemp.' (Actual flow temperature), and 'EIN / AUS' (On/Off). The 'Soll- Vorlauf-Temp.' and 'Ist- Vorlauftemp.' inputs feed into a 'Temp.-Regler' (Temperature Controller) block, which also receives 'Außen-Temp.' (Outdoor temperature) as a feedforward signal. The 'Temp.-Regler' outputs a 'Feuerungs-Stellgröße' (Firing setpoint) to the 'Brenner-Automatik' (Burner Control) block. The 'EIN / AUS' input also feeds directly into the 'Brenner-Automatik'. The 'Brenner-Automatik' block has several outputs: it sends a 'HAND/AUTO' signal back to the 'Temp.-Regler'; it outputs 'EIN/AUS/AUF/ZU' (On/Off/Up/Down) signals to two 'Stellgr.-Anpassg.' (Setpoint Adjustment) blocks; it outputs a 'Brenneranzahl' (Burner count) signal to a 'Steuerung Brenner 1' (Burner 1 Control) block; and it outputs 'An-/Ab-fahren' (Start/Stop) signals to four burner control blocks: 'Steuerung Brenner 1', 'Steuerung Brenner 2', 'Steuerung Brenner 3', and 'Steuerung Brenner 4'. Each of these burner control blocks outputs a signal to its respective burner: 'Brenner 1', 'Brenner 2', 'Brenner 3', and 'Brenner 4'. Additionally, the 'Temp.-Regler' outputs a signal to a 'Drehzahl-Regler' (Speed Controller) block, which then outputs to 'FU Gebläse' (Fan). The 'Stellgr.-Anpassg.' blocks output to 'Stellungs-Regler' (Position Controller) blocks, which then output to 'Bypass-V.' (Bypass Valve).

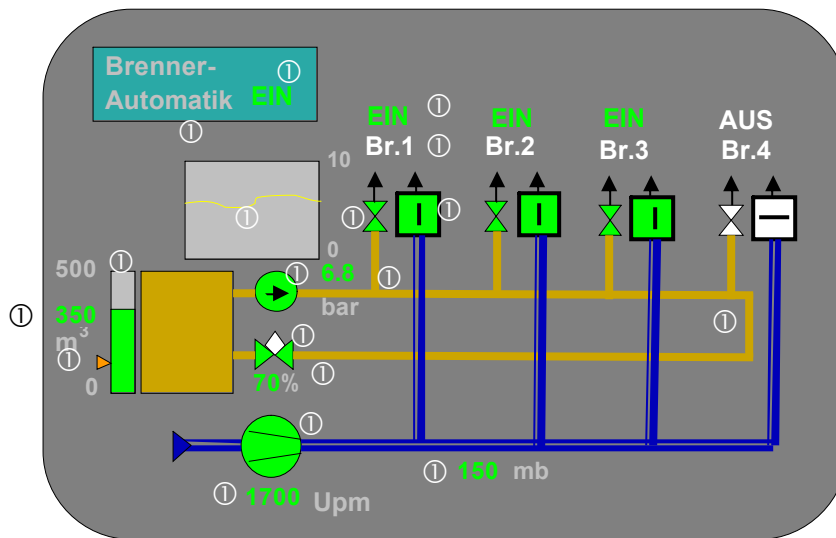
Brenner-Automatik 4 ①	Verknüpfungssteuerung ①
Steuerung Brenner 1	Ablaufsteuerung
Steuerung Brenner 2 ①	Ablaufsteuerung ①
Steuerung Brenner 3	Ablaufsteuerung
Steuerung Brenner 4	Ablaufsteuerung
Temperaturregler ①	
Stellgrößenanpassung Drehzahl	①
Drehzahlregler Gebläse	
Stellgrößenanpassung Stellung	①
Stellungsregler Bypassventil	

3. Mensch- Maschine- Schnittstelle

Stellen Sie die Öl- Brenner aus Aufg. 2 als Prozessbild (Fließbild) einer Bedienstation dar. Im Einzelnen:

- Öltank, Fassungsvermögen 500 m³, bei ca. 100 m³ soll eine Warnung erfolgen.
- Ölpumpe (ungeregelt) mit Druckmessung hinter der Pumpe,
- Ölleitung von der Pumpe über die 4 Brenner und zurück über ein geregeltes Bypassventil,
- 4 Brenner, beschriftet, dargestellt nur mit Ölventil und Luftklappe, sowie einer Textanzeige für den Betriebszustand. In der Anlage brennen die Flammen „nach oben“. Sie könnten für die Darstellung unterstellen, dass 3 Brenner in Betrieb sind.
- Gebläse für die Verbrennungsluft, Drehzahl- geregelt, mit Druck-Anzeige hinter Gebläse,
- Anwahlfeld für Gruppensteuerung (bei anklicken erscheint Bedienungs- Faceplate) mit Zustandsanzeige für EIN / AUS.

Stellen Sie die Messungen in geeigneter Form dar. Stellen Sie bei den beiden geregelten Aggregaten die jeweilige Regelgröße bzw. Stellgröße dar.



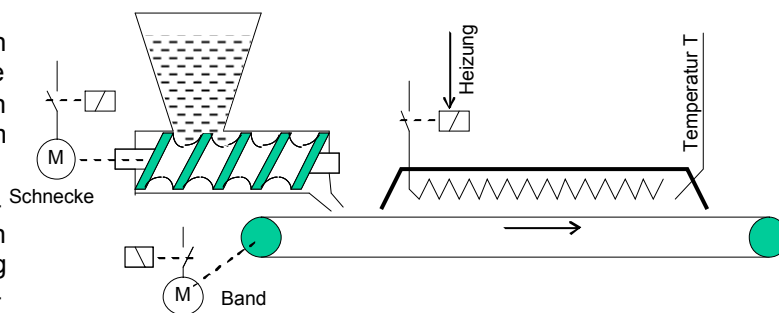
4. Engineering

Zur Herstellung von Kunststoffplatten wird Granulat mittels einer Schnecke durch einen speziellen Trichter auf ein Band gepresst und auf diesem zum Zusammenschmelzen erwärmt.

Die Heizung benötigt Zeit zum Aufwärmen auf 120°, bevor die Produktion begonnen werden kann. Messung durch Widerstandsthermometer mit eingebautem Messumformer mit Messbereich 0..200°C, entspricht in der CPU 0..100%.

Das Band muss laufen, bevor die Schnecke eingeschaltet werden darf. Beim Abstellen muss das Band 10 s länger laufen als die Schnecke.

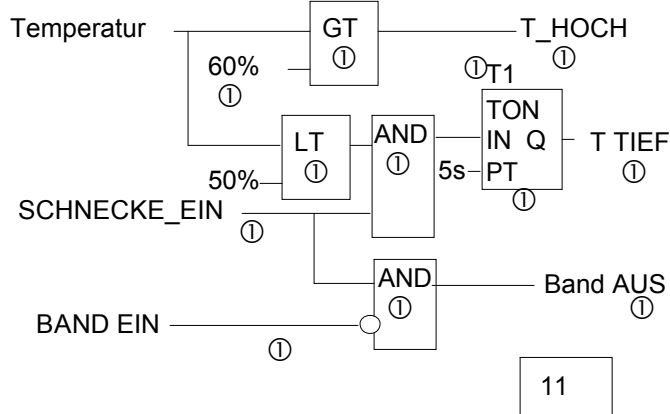
Schnecke und Band werden durch Elektro-Motoren angetrieben, die ebenso wie die Heizung mit Leistungsschützen ohne Selbsthaltung geschaltet werden. "EIN" wird jeweils durch Hilfskontakt gemeldet



- a) **Skizzieren Sie einen Funktionsbaustein „GRENZSIG“** in Funktionsbausteinsprache mit Symbolen der IEC 61131, in dem Sie sich aus der analogen Temperaturmessung ein Binärsignal für >120°C erzeugen sowie einen Alarm für den Fall, dass die Schnecke läuft und die Temperatur unter 100°C absinkt.
- b) **Erstellen Sie eine textliche Variablendeklaration** für eine Ablaufsteuerung zum An- und Abfahren der Maschine. Sie soll durch eine Taste „EIN“ gestartet und durch eine Taste „AUS“ abgestellt werden. Verwenden Sie nur solche Signale, die oben genannt sind.
- c) **Erstellen Sie das Programm** zum An- und Abfahren der Maschine **in der Ablaufsprache** der IEC 61131. Verwenden Sie nur solche Signale, die Sie in b) deklariert haben (bzw. die oben genannt sind).

a) Funktionsbaustein GRENZSIG

FUNCTION_BLOCK GRENZSIG



b) Deklaration

```

PROGRAM PLATTEN_PROD
VAR_INPUT
  TASTE_EIN: BOOL;
  TASTE_AUS: BOOL;
  SCHNECKE_EIN: BOOL; (*Rückm. Schnecke*)
  BAND_EIN: BOOL;      (*Rückm. Band*)
  HEIZ_EIN: BOOL;      (*Rückm. Heizung*)
  T_HOCH: BOOL;        (*Grenzsign. T > 120° *)
END_VAR

VAR_OUTPUT
  SCHNECKE_BE: BOOL; (*Befehl Schn. EIN*)
  BAND_BE: BOOL;     (*Befehl Band EIN*)
  HEIZUNG_BE: BOOL;  (*Befehl Heiz. EIN*)
END_VAR

VAR
  NACHLAUF: BOOL (*Band-Nachlaufzeit*)
END_VAR
  
```

c) Ablaufprogramm

