



Steuerungstechnik

Unterrichtsplanung für TGTM-J1

Inhaltsverzeichnis

Lehrplan TGTM Stand 10.09.2010.....2
 Vorbemerkungen.....2
Vorüberlegungen.....2
 Kniehebelpresse
Pneumatischer Energieteil.....3
 Funktion.....3
 Auswahl eines Zylinders.....3
 Luftverbrauch.....3
 Herleitung der Formel.....3
 Formel nach TabB (ohne Kolbenstange).....3
Pneumatikschaltplan.....4
 Schaltzeichen.....4
 Zylinder.....4
 Drosselrückschlagventil.....4
 Stellglied.....4
 Kennzeichnung.....4
 Elektropneumatischer Teil.....4
 Versorgungsglieder.....4
Zuordnungsliste / Belegungsliste.....5
 Kennzeichnung der Bauteile.....5
 Anschlüsse.....5
 betätigt (Funktion = logisches Verhalten).....5
 Sicherheitssysteme.....5
 Bemerkung.....5
Anschlussbild / Beschaltungsplan / Kontaktplan.....6
 Anschlüsse.....6
 Bauteile.....6
 Not-Aus.....6
 Sensoren.....6
 Endlagenschalter am Zylinder.....6
Funktionsbausteinsprache FBS: Logikbausteine.....7
 Binäre Verknüpfungen UND, ODER, NICHT...
 Negierung NOT / NICHT.....7
 Speicherfunktionen.....7
 SR-Flipflop im Abi.....7
 Wann braucht man einen Speicher?.....7
 Zeitgeber.....7
 Einschaltverzögerung.....7
 Ausschaltverzögerung.....7
 Zählerfunktionen.....7
 Abwärtszähler.....7
FBS: Sonstiges.....8

Not-Aus.....2
 Befehlsausgabe.....2
 Nachlese.....2
 Vertiefung: Demontagepresse
FBS: Schrittkette / Ablaufsteuerung.....9
 Aufhänger: Demontagepresse
 Betriebsarten FC1.....9
 Schrittkette FC2.....9
 Schritt 1: Initialschritt.....9
 Schritt 2: löst erste Aktion aus.....9
 Typisches Glied einer Schrittkette.....9
 Ablaufsteuerung:.....9
 Not-Aus.....9
 Transitionsbedingung (Schrittbedingung).....9
 Befehlsausgabe FC3.....9
Funktionspläne für Ablaufsteuerungen...10
 Grafcet nach DIN 60848.....10
 Funktionsplan nach IEC 61131.....10
 Varianten.....10
 Darstellungen der Transitionsbedingungen...
 speichernd oder nicht.....10
 tgtn HP 2008/09-3 Tiefbohranlage
 Kontinuierlich10
 Gespeichert10
 .. wirkende Aktionen.....10
 Sonstiges.....10
Wiederholung SPS.....11
 SPS.....11
 tgtn HP 2013/14-3: Ausschleusstation.....11
 tgtn HP 2013/14-3 Ausschleusstation
 tgtn HP 2010/11-4 Rohrrahmen
 Klassenarbeit
 Zur Info
Steuerungs-Technik.....12
 Zweck.....12
 Energieträger.....12
 Leistungsteil.....12
 Steuerungsteil.....12
 manuell.....12
 mechanisch.....12
 pneumatisch.....12
 hydraulisch.....12
 elektrisch.....12

Begriffe.....13
 Steuerung (eng: open loop control).....13
 Regelung (eng: close loop control).....13
 Automatisierungstechnik.....13
 Steuerungstechnik.....13
 Regelungstechnik.....13
 Steuerungsarten.....13
 Verknüpfungssteuerung ↔.....13
 Ablaufsteuerung.....13
 Verbindungsprogrammierte Steuerung
 (VPS) ↔.....13
 Speicherprogrammierte Steuerung (SPS).....13
 Vorteile SPS.....13
Notizen zu Abi-Aufgaben.....13
 HP 2011/12-3 Transportband.....13
 Aufgabe 4: FBS (Musterlösung).....13
 Alternativen.....13
 HP 2008/09-3 Tiefbohranlage.....13
 Grafcet / Funktionsplan.....13
 NP 2008/09-3 Nietmaschine.....13
 Grafcet / Funktionsplan.....13
Quellen.....14
 Zuordnungsliste, Belegungsliste.....14
 FBS (Verknüpfungssteuerung).....14
 Kennzeichnung der Bauteile.....14
Möglichkeiten der Kraftübertragung im Vergleich.....15
 Mechanik.....15
 Hydraulik.....15
 Pneumatik.....15
 Elektrik.....15
 Medium.....15
 Erzeugung aus mechanischer Energie.....15
 Speicherung.....15
 Wirkungsgrad bei Umwandlung.....15
 Umwandlung in Bewegung.....15
 Energiefluss.....15
 Umlenkbarkeit.....15
 mögliche Kräfte.....15
 Steuerung.....15
 Bauelemente, Flexibilität, Preis.....15
 Anwendung.....15
Notizen.....16
 Ideen zur Realisation.....16
Literaturverzeichnis.....16

- Als Aufhänger nicht gestellte Abi-Aufgaben verwenden, z.B. HP 2009/10 Schwenkmodul enthält keine FBS
- Kniehebelpresse austauschen durch



Lehrplan TGTM Stand 10.09.2010

Vorbemerkungen

Die Arbeitswelt der Zukunft erwartet ein hohes Maß an Flexibilität und vernetztem Denken. Unternehmerischer Erfolg setzt nicht nur das Beherrschen technischer Lösungen voraus, sondern auch verstärkt wirtschaftliche Handlungskompetenz, um bei komplexen Problemstellungen erfolgreiche Entscheidungen treffen zu können.

Im Unterricht des Profulfaches Technik und Management gewinnen die Schülerinnen und Schüler Erfahrungen, Einsichten und erwerben Fähigkeiten, die ihnen die Denk- und Arbeitsweisen der Technik, verknüpft mit wirtschaftswissenschaftlichen Grundlagen anschaulich erschließen. Die Schüler begreifen, dass das Denken in Systemen eine für die Technik typische Vorgehensweise ist und technische Problemlösungen oft Kompromisse verlangen. Sie lernen die Übertragung und Umsetzung ingenieurwissenschaftlicher Erkenntnisse und Verfahren in technische Systeme unter Berücksichtigung wirtschaftlicher, rechtlicher und sozialer Gesichtspunkte. Lösungsansätze werden analysiert und technische wie wirtschaftliche Bewertungsverfahren durchgeführt. Die technischen und betriebswirtschaftlichen Lehrplaneinheiten sind aufeinander bezogen und werden vernetzt unterrichtet.

....
Das Profulfach beinhaltet zahlreiche Anknüpfungspunkte zu den Fächern Computertechnik (Eingangsklasse), Projektmanagement sowie dem Wahlfach Wirtschaft und Gesellschaft. Der Computereinsatz unterstützt die Analyse technischer und betriebswirtschaftlicher Sachverhalte und dient ebenso zur Aufbereitung entscheidungsrelevanter Informationen wie zur Informationsbeschaffung und zur Präsentation von Arbeitsergebnissen.

Ziele des Unterrichts sind:

- Grundlagenwissen aus den Bereichen Maschinenbau und Betriebswirtschaft am Beispiel ausgewählter Themen zu vermitteln,
- Ingenieur- und wirtschaftswissenschaftliche Arbeitsmethoden, Analysieren, Problem lösen, experimentelles Arbeiten und Bewerten erlernen,
- Umsetzen theoretischer Kenntnisse in die Praxis, Arbeiten im Team, systematische Darstellung und Beurteilung von Ergebnissen in einer Projektarbeit.

Aufbauend auf den Inhalten der Fertigungstechnik aus der Eingangsklasse erarbeiten die Schülerinnen und Schüler in der Jahrgangsstufe 1 nun vertieft computergesteuerte Fertigungsvorgänge. ... Die Grundlagen der Steuerungstechnik ermöglichen den Entwurf von Schaltplänen und SPS-Programmen, um steuerungstechnische Problemstellungen zu lösen.

Jahrgangsstufe 1

T 13 Steuerungstechnik

25 Stunden

Die Schülerinnen und Schüler erläutern das Zusammenwirken von pneumatischem Energieteil und Steuerung. Zu vorgegebenen Problemstellungen entwerfen sie Energieteile, wählen geeignete Sensoren aus, entwickeln SPS-Programme und testen diese.

Dabei wenden sie die Grundbegriffe und Grundfunktionen der binären Informationsverarbeitung an.

Pneumatischer Energieteil

Normzylinder

- Zylinderberechnung
- Energiekosten
- Pneumatikschaltplan
- einfachwirkender Zylinder
- doppeltwirkender Zylinder
- Wegeventile
- Stromventile

Aufbereitungseinheit

Sensoren

Berührende und berührungslose Sensoren

Speicherprogrammierbare Verknüpfungssteuerung

- Arbeitsweise der SPS
- Technologieschema

Wegeventile, Meldeeinrichtungen
Sensorik / Aktorik

- Belegungsliste
- Anschlussbild
- Grundverknüpfungen
- Funktionsgleichungen
- Funktionsbausteinsprache
- Programmaufbau
- Speicherfunktion
- Zeitfunktionen
- Zähler

UND, ODER, NICHT

Sicherheitstechnische Maßnahmen

- Drahtbruchsicherheit
- Programmabbruch
- Verriegelung

Setz-, Rücksetzdominant
Einschalt-, Ausschaltverzögerung, Impuls

Vorüberlegungen

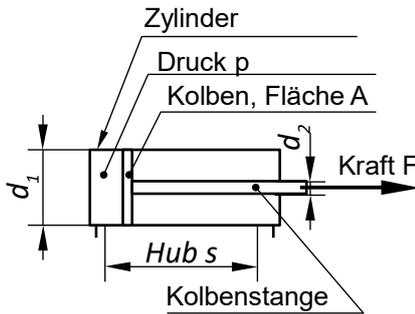
Mit der Lehrplanänderung 2010 wurde in der LPE 13 der Energieteil in pneumatischer Energieteil eingeschränkt und detailliert. Sonst hat sich nicht viel geändert. Die Begriffe Funktionssymbole, Funktionstabelle und Funktionsplan wurden zwar gestrichen, aber ob das Auswirkungen auf die Prüfungsinhalte hat, bleibt abzuwarten. Funktionstabellen waren m.W. noch nie im Abi dran, die anderen beiden Inhalte können auch unter anderem Namen auftauchen. Die weiteren Änderungen betreffen nur die Anordnung der Inhalte innerhalb des Lehrplanes.



Kniehebelpresse

Pneumatischer Energieteil

Funktion



doppeltwirkender Zylinder: Wird in beide Richtungen mit Druckluft betrieben
einfachwirkender Zylinder: Fährt mit Druckluft aus und mit Feder, Eingewicht oä. wieder ein.

Auswahl eines Zylinders

z.B. SPS_Ub 1 – Kniehebelpresse

$$\eta \cdot p = \frac{F}{A} \Rightarrow A_{\text{erf}} = \frac{F}{p \cdot \eta}$$

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\text{erf}}}{\pi}}$$

Gewählt: Normzylinder mit
KolbenØ $d_1 = 63 \text{ mm}$ und
KolbenstangenØ $d_2 = .. \text{ mm}$

Luftverbrauch

Herleitung der Formel

Kolbenflächen

$$A_{\text{Aus}} = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{\pi \cdot (63 \text{ mm})^2}{4} = 3117 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{Rück}} = \frac{\pi \cdot (d_1^2 - d_2^2)}{4} = \frac{\pi \cdot (63^2 - 20^2) \text{ mm}^2}{4} = 2803 \text{ mm}^2$$

(Doppel-)Hubraum eines Zylinders

$$V_{2\text{Hub}} = A_{\text{Aus}} \cdot s + A_{\text{Ein}} \cdot s = 3117 \text{ mm}^2 \cdot 200 \text{ mm} + 2803 \text{ mm}^2 \cdot 200 \text{ mm} = 1,184 \text{ dm}^3$$

Luftverbrauch

$$Q = V_{2\text{Hub}} \cdot n \cdot \frac{p_e + p_{\text{amb}}}{p_{\text{amb}}} = 1,184 \text{ dm}^3 \cdot 20 \frac{1}{\text{min}} \cdot \frac{9 \text{ bar} + 1 \text{ bar}}{1 \text{ bar}} = 236,8 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}}$$

Kosten pro Zeitraum

$$\text{Kosten}_{\text{Arbeitsstag}} = Q \cdot \text{Zeitraum} \cdot k = 236,8 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}} \cdot 8 \text{ h} \cdot 2 \frac{\text{Cent}}{\text{m}^3} = 2,27 \text{ €}$$

Formel nach TabB (ohne Kolbenstange)

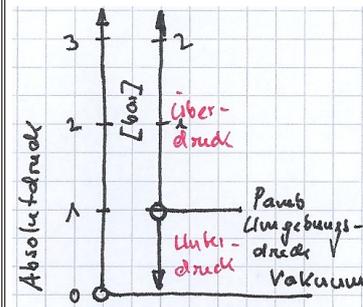
$$Q \approx 2 \cdot A \cdot s \cdot n \cdot \frac{p_e + p_{\text{amb}}}{p_{\text{pe}}} = 2 \cdot 3117 \text{ mm}^2 \cdot 200 \text{ mm} \cdot 20 \frac{1}{\text{min}} \cdot \frac{9 \text{ bar} + 1 \text{ bar}}{1 \text{ bar}} = 249,4 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}}$$

$$\text{Kosten}_{\text{Arbeitsstag}} = Q \cdot \text{Zeitraum} \cdot k = 249,4 \frac{\text{dm}^3}{\text{min}} \cdot 8 \text{ h} \cdot 2 \frac{\text{Cent}}{\text{m}^3} = 2,39 \text{ €}$$

Vertiefung

Kniehebelpresse

AB SPS_Ub 1 – Kniehebelpresse



[EuroTabM] „Pneumatikzylinder“; [EuroTabM47] S.428f Zylinder und Formeln
[EuroTabM47] S.429 gibt den Zusammenhang zw. Kolbenkraft und Druck inwischen mit Wirkungsgrad an.

$$p = \frac{F}{A \cdot \eta}$$

Quellen

– [StamTabM] S.330: Aufbau von Schaltplänen

1) Berechnung zu Fuß

[EuroTabM47] S.428 „Pneumatikzylinder“: „Durch das Füllen der Toträume kann der wirkliche Luftverbrauch bis zu 25% höher liegen.“ → Wegen solcher Ungenauigkeiten kann man die Kolbenstange vernachlässigen, zumal der dadurch erzeugte 'Fehler' in die richtige Richtung geht.
Es gilt: $V_{2\text{Hub}} = 2 \cdot V_{\text{Hub}}$

Mit 'Druck' ist in der Pneumatik immer 'Überdruck' gemeint.

Wenn man 1bar Umgebungsdruck hat und 6 bar Überdruck will, muss man den Zylinder 7x füllen.

Luftverbrauch und -kosten sind auf den Umgebungsdruck bezogen

In den Lösungsvorschlägen zum Abi wird die Kolbenstange vernachlässigt (z.B. tgtn-HP2010/11-4 Rohrrahmen) oder berücksichtigt (z.B. tgtn-NP2011/12-3 Kniehebelpresse). Technisch spielt die Differenz keine große Rolle (s.o.) → Mir genügt die Näherungsformel nach TabB.

Für den Luftverbrauch muss die Kolbenstange nicht berücksichtigt werden.

AB Pneumatik_Ub



Pneumatikschaltplan

Darstellung in startbereiter Grundstellung

1) *Aufgabentext durchgehen: Der doppelwirkende Zylinder*
→ [EuroTabM47] S.420f "Schaltzeichen der Pneumatik"

Schaltzeichen

Zylinder

→ [EuroTabM47] S.420 "Schaltzeichen der Pneumatik"

doppelwirkend: beide Richtungen durch Luftdruck
einfachwirkend: eine Richtung per Feder, Eigengewicht
Endlagendämpfung in dieser Aufgabe nicht verlangt

2a) „Die Ein- und Ausfahrgeschwindigkeit soll einstellbar sein“

2b) *Symbol für Drossel und Rückschlagventil*

2c) *Erklärung Stip-Slick-Effekt*

lange Kreide über die Tafel schieben

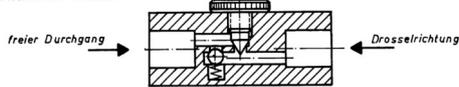
Flasche schnell ausleeren: Gluckern durch Wechselspiel aus Schwerkraft und Unterdruck

Drosselrückschlagventil

→ [EuroTabM47] S.420 "Schaltzeichen der Pneumatik"

Abluftdrosselung wg Stip-Slick-Effekt = Haft-Gleit-Effekt
Drosselrückschlagventil nach [Festo 1975] (ODG):

Sinnbild:



Drossel gehört zur Gruppe der Stromventile, die den Durchfluss des Mediums beeinflussen
Rückschlagventil gehört zur Gruppe der Sperrventile

3a) „Das Stellglied wird von einer Feder zurückgestellt“

Stellglied

steuert die Luft-Zu- und Abfuhr eines Zylinders
5/2-Wegeventil: 5 Anschlüsse / 2 Schaltstellungen
Standard zur Steuerung (Energieteil) eines Pneumatikzylinders

Betätigung

elektromagnetisch ↔ Federückstellung

Kennzeichnung

Elektropneumatischer Teil

→ [EuroTabM47] S.424 *Kennbuchstaben*

z.B. -MM1

- : Produkt (nicht Einbauort + oder Funktion =)
- M: 1. Kennbuchstabe
Mechanische Energie zu Antriebszwecken
- M: 2. Kennbuchstabe
durch fluidische oder pneumatische Kraft
- 1: fortlaufende Nummer

Versorgungsglieder

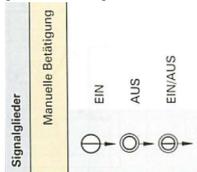
Beispiel für Versorgungsglieder → [EuroTabM47] S.426 *Schaltpläne*

- G(Q) : Kompressor
- A(Z) : Wartungseinheit
- S(J) : Hauptventil

Der 2. Kennbuchstabe kann entfallen, wenn eindeutig

Vertiefung

[EuroTabM43] S.361

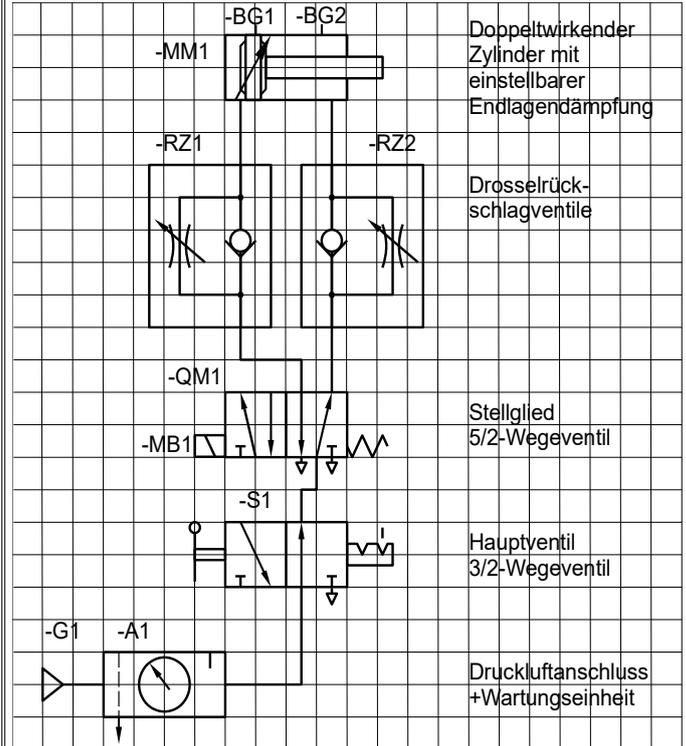


AB SPS_Ub – Kniehebelpresse

[EuroTabM47] *Pneumatikschaltplan*

→ S.448 *Beispiel eines Schaltplanes der Elektropneumatik*

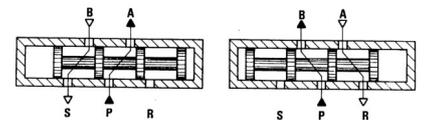
→ S.426 *Beispiel Versorgungsglied (Oberes Beispiel nach DIN EN 81346 !)*



→ [EuroTabM47] S.421 „Schaltzeichen, Wegeventile“

Gehört zur Gruppe der Wegeventile, Sinnbild:

5/2-Wegeventil nach [Festo 1975] (Animation / ODG):



4a) *Die Bauteile müssen noch eindeutig benannt werden*

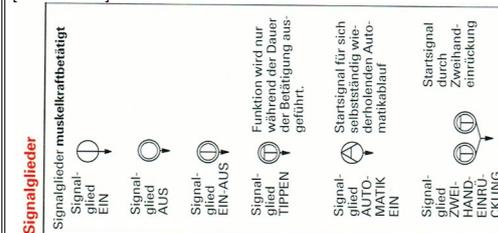
4b) *Anhand Beispiel [EuroTabM47] S.448 Schaltplan der E-Pneumatik*

In den älteren Normen waren auch einbuchstellige Kennbuchstaben üblich. Es ist möglich, dass dies für das Abi beibehalten wird. Ich halte mich an die Beispiele des TabB.

Andere Kennbuchstaben:

- BG : Stellung / Lage in ein Signal umwandeln (Endlagensensor)
- MM : Mechanische Energie zu Antriebszwecken mittels pneumatischer Kraft (Zylinder)
- RZ : Begrenzen (des Durchflusses) in kombinierter Aufgabe (Drossel-Rückschlag-Ventil)
- QM : Schalten eines umschlossenen Energieflusses (Stellglied)
- MB : Mechanischer Antrieb durch magnetische Wirkung (elektromagn. Betätigung)
-MA: meint E-Motoren (→ Wikipedia EN 81346-2)
- SF : Handbetätigung in elektr. Signal umwandeln (Taster)
- KF : elektrische Signale Verknüpfen (Relais, Schütz)
- GQ : Erzeugen eines Energieflusses aus Gas (Kompressor)
- AZ : Kombinierte Aufgaben mehrerer Zwecke (Wartungseinheit)
- SJ : Handbetätigtes Ventil (Hauptventil)

[HuTTabM13] S.S6





Zuordnungsliste / Belegungsliste

Liste der Bauteile der Steuerung mit ihren Abkürzungen und Anschlüssen. Enthält

- Bauteil, z.B. -SF1
- Anschlussklemme an der SPS, zB. E0.2
- Funktion = Logisches Verhalten (Öffner, Schließer)
- Funktion = was passiert? (optional)

Kennzeichnung der Bauteile

→ S.424 „SPS“ Kennbuchstaben

- -BG: Sensor (im Ablauf betätigt)
- -SF: Schalter (manuell betätigt)
- -PF: Meldeleuchte, Hupe
- -KF: Schalt- oder Zeitrelais
- Abgrenzung zwischen K und Q?
- -QF: Leistungsschalter (Relais oder Schütz für Motoren, Magnete ..)
- -MB: Ventilmagnet (Stellglieder für Zylinder)

Anschlüsse

siehe folgendes Thema „Anschlussplan“

betätigt (Funktion = logisches Verhalten)

entweder .. oder

- Öffner → reagiert bei 0-Signal
- Schließer → reagiert bei 1-Signal

Sicherheitssysteme

müssen so geschaltet sein, dass sie bei Signalstörungen in Funktion treten, z.B.

- Not-Aus durch 0-Signal (Öffner)
- Anlage ausschalten mit 0-Signal
- Sensor für Schutztür durch Öffner (ein Vorgang startet nur mit 1-Signal)

Bemerkung

Was passiert bei Betätigung?

Typ des Sensors

Beispiel:

Bauteil	Anschluss	(nach [Beater 2010] S.11f:)	Vorschlag
-SF0	E0.0	Taster gedrückt → -SF0 = 0-Signal sonst -SF0 = 1	Öffner; 0-Signal → Programmabbruch / Not-Aus
-SF1	E0.1	Taster gedrückt → -SF1 = 1-Signal sonst -SF1 = 0	Schließer; 1-Signal → Programmstart
-BG1	E0.2	obere Endlage erreicht → -SF3 = 1 sonst 0	betätigter Schließer; 1-Signal ← obere Endlage erreicht, Magnetischer Sensor
-MB1	A0.1	-MB1 = 1 → Motor hebt an (zieht Last hoch)	1-Signal → Motor hebt an
-PF1	A0.2	-PF1 = 1 → Lampe leuchtet (Magazin leer)	1-Signal → Lampe leuchtet (Magazin leer)

Sinnvolle Reihenfolge: Eingabe- vor Ausgabesignalen, innerhalb alphabetisch.

AB SPS_Ub – Kniehebelpresse Aufg. 1.6

Die Begriffe Zuordnungsliste und Belegungsliste werden alternativ verwendet. Ab etwa 2015 haben sich Tabellenbuch ([EuroTabM46]) und Abi-Aufgaben auf den Begriff Zuordnungsliste geeinigt.

Ein SPS-Block hat eingangs- und ausgangsseitig je 8 Anschlüsse (E0.0..E0.7; A0.0 .. A0.7, manchmal I1..I7; Q1..Q7). Wenn man mehr Anschlüsse benötigt, werden weitere SPS-Blöcke verwendet (E1.x; A1.y bzw. I8.; Q8..)

[EuroTabM47] S.448, [EuroTabM48] S.456 „SPS“: Beispiel 1 für Stellglied, Abluftdrosselung und Zylinder mit Endlagendämpfung, dazu Anschlussplan, Zuordnungsliste und SPS-Programm

Kniehebelpresse

Bauteil	Anschluss	betätigt	Funktion/Bemerkung
S0	E0.0	0 - Signal	Öffner → Notaus-Schalter
S1	E0.1	1 - Signal	Rücksetztaster → Presse wird betriebsbereit
S2	E0.2	1 - Signal	Starttaster → Zylinder ausfahren
1B1	E0.3	1 - Signal	Endlagenschalter ← Zylinder hinten (eingefahren)
1B2	E0.4	1 - Signal	Endlagenschalter ← Zylinder vorne (ausgefahren)
B1	E0.5	1 - Signal	Sensor ← Werkstück vorhanden
B2	E0.6	1 - Signal	Sensor ← Schutztür geschlossen
1M1	A0.1	1 - Signal	1-Signal → Zylinder fährt aus, Pressvorgang 0-Signal → Zylinder fährt ein

[EuroTabM45] S.392, [EuroTabM47] S.448, [EuroTabM48] S.456 verwenden E0.0..E0.7 und A0.0 .. A0.7 (Anschlussplan und Zuordnungsliste) und verweist darauf, dass manche Steuerungen I1..I7 und Q1 .. Q7 verwenden (z.B. [EuroTabM46] S.440).

Die Spalte „betätigt“ ist selten explizit vorhanden, die Angabe Öffner/0-Signal bzw. Schließer/1-Signal sollte trotzdem gemacht werden.

Signalstörungen können entstehen durch Kabelbruch, Kontaktstörungen, Ausfall der Spannungsversorgung ..

Wenn eine solche Störung eintritt, nimmt man in Kauf, dass Not-Aus ausgelöst wird. Im anderen Fall würde man die Störung erst bemerken, wenn Not-Aus benötigt wird, aber nicht funktioniert.

Abi-Lösungen systematisch anpassen an das Beispiel



Anschlussbild / Beschaltungsplan / Kontaktplan

visualisiert den Belegungsplan mit normgerechten Symbolen ähnlich einem Stromlaufplan

- [EuroTabM47] S.438 „Schaltzeichen der Elektrotechnik“
- [EuroTabM47] S.439ff Beispiel für normgerechte Symbole in einem Stromlaufplan
- [EuroTabM47] S.448 „SPS“: Beispiel für Anschlussplan

Anschlüsse

- E0.0 .. E0.7, E1.0 .. : Eingangssignale
- A0.0 .. A0.7, A1.0 .. : Ausgangssignale

Ein- und Ausgang aus der Sicht des Steuerbausteines
Vergleiche EVA: Eingabe – Verarbeitung - Ausgabe

Bauteile

Not-Aus

-SF0

- Öffner → löst bei Kabelbruch aus (Schließer würde bei Kabelbruch versagen)
- Raste → speichert das Not-Aus-Signal mech.

- [EuroTabM46] S.430 stellt Not-Aus noch mit Pilz-Taster dar
- [EuroTabM47] S.438 stellt Not-Aus mit „Betätigung durch Drücken“ dar, dazu kommt ein eingekreister Pfeil (Bedeutung?)



Sensoren

- [EuroTabM47] S.440 „SPS“: Sensoren

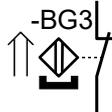
- induktiv: reagiert auf elektr. leitende Stoffe (=Metalle) hier als Schließer



- kapazitiv: reagiert auf alle Stoffe hier als Öffner

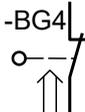


- magnetisch: Reedkontakt reagiert auf Magneten hier als betätigter Schließer



Endlagenschalter am Zylinder

- Betätigung durch Reedschalter (s.o.) oder Rolle, hier als betätigter Schließer
- Einer der beiden Endlagenschalter eines Zylinders sollte betätigt sein



Empfehlung für's Abi: Rollen sind zwar altmodisch, aber leichter zu zeichnen.

AB SPS_Ub – Kniehebelpresse Aufg. 1.9

[TuM 2] S.241
 Beispiele: tgtn_HP2008/09-3 Tiefbohranlage; tgtn_NP2008/09-3 Nietmaschine; tgtn_HP2009/10-3 Schwenkmodul; tgtn_NP2009/10-4 Hubeinrichtung Portalkran; tgtn_HP2010/11-4 Biegemaschine
 [Tapken 2011] S.17: „Bei sehr kleinen Schaltungen oder in Ausbildungsunterlagen wird häufig eine vereinfachte zusammenhängende Darstellung gewählt. In industriellen Schaltungsunterlagen ist sie wegen der Vielzahl der Ein- und Ausgänge nicht zu finden.“

- [EuroTabM45] S.392 verwendet E0.0..E0.7 und A0.0 .. A0.7 (Zuordnungsliste)
- [EuroTabM46] S.440 verwendet I1..I7 und Q1 .. Q7 (Anschlussplan und Zuordnungsliste)
- [EuroTabM47] S.448 verwendet E0.0..E0.7 und A0.0 .. A0.7 (Anschlussplan und Zuordnungsliste) und verweist darauf, dass manche Steuerungen I1..I7 und Q1 .. Q7 verwenden.
- M: Merker; Z: Zähler; T: Timer; [TuM 2] S.238; [HTFK2M 2008] S.140
- Die Nummerierung kann man oft irgendwo aus der Aufgabe entnehmen, z.B. aus dem Anschlussplan.

- Anschlussplan:
- [TuM 2]: Enthält keine Anschlussbilder, nur Stromlaufplan. Reduziert Zuordnungsliste Bauteil und Anschluss → nicht maßgeblich
 - [HTFK2M 2008] S.140 (umgeht horizontale Enge der Schaltsymbole durch vertikalen Versatz),
 - [EuroM56] S.513 Beispiel mit Regeln, S.522 Beispiel
 - Beschaltungsplan:
 - [Friedrich 2003] S.9-32: Ein Endlagenschalter des Kolbens ist betätigt
 - [HTFKM 1990] S.223 „Schaltplan“: Zeichnet ein Steuerventil mit zwei Magnetschaltern.
 - [EuroM56] S.520 „Grafcet“
 - Regeln: [StamTabM] S.331

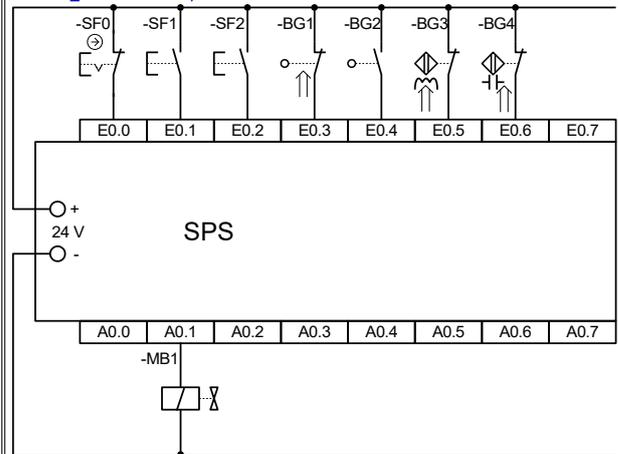


Hinweis: Bei der Auswahl von Sensoren in KA oder Abi kommt es gar nicht auf den 'richtigen' Sensor an, sondern darauf, dass die Begründung für den gewählten Sensor zur Aufgabenstellung passt. Es reicht also auch nicht, einen Sensor zu wählen und seine Vorteile unreflektiert aus dem Tabellenbuch abzuschreiben.

Vergleiche andere Anwendungen der Induktion: Berührungsloses Aufladen (Smartphones, el. Zahnbürsten), Induktionsofen (Gießerei), Induktionsschleife (vor Ampeln), Indusi (automatische Bremsen der Eisenbahn), Metallsuchgerät (Münzen am Strand, Leitungen in der Wand,...), Induktionshärten (induktives Erhitzen), Induktionsherd, selbstregte E-Motoren und Generatoren, Maxwell'sche Gleichung

- In Abi-Aufgaben werden Endlagenschalter für Zylinder mal mit Reedschalter und in Startstellung nicht betätigt gezeichnet (tgtn_HP 2012/13-3: Sicherheitsschiebetür; tgtn_NP 2011/12-3: Kniehebelpresse; tgtn_NP2008/09-3 Nietmaschine), mal mit Taströllen und betätigt gezeichnet (tgtn_HP200910-3 Schwenkeinrichtung).
- Magnetische Betätigung durch Reedkontakte
- Die Betätigung bei Sensoren wird häufig auch mit Rahmen dargestellt (siehe rechts), aber ohne Rahmen ist leichter zu zeichnen. → [EuroTabM47] S.438
- Das Symbol für die Art der Betätigung kann unten [EuroM56], links [EuroTabM44] oder oben (tgtn_NP2011/12-3 Kniehebelpresse) stehen.

Beispiel:
AB SPS_Ub – Kniehebelpresse



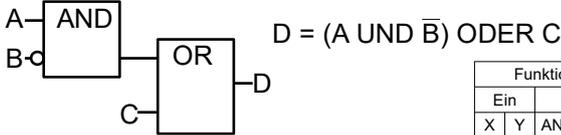


Funktionsbausteinsprache FBS: Logikbausteine

- FBS beschreibt Abläufe mit Logikbausteinen
- Logikbausteine nach DIN EN 61131-3
Es gibt andere Darstellungen, zB. nach STEP 7 u.a.
- am Beispiel einer Verknüpfungssteuerung
Verknüpfungssteuerung hat keine feste Reihenfolge für die Schritte (Bagger, Lift)
Ablaufsteuerung hat eine feste Reihenfolge (Ampelsteuerung, Kaffeemaschine..)

Binäre Verknüpfungen UND, ODER, NICHT

→ [EuroTabM47] S.446f „SPS-Programmiersprachen“

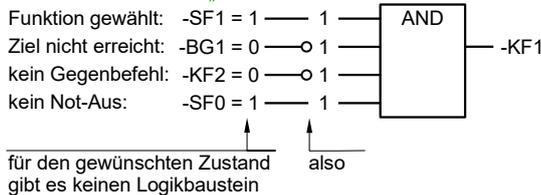


Operatoren				
UND	AND	∧	∩	& Schließer in Reihe
ODER	OR	∨	∪	≥1 Schließer parallel
NICHT	NOT	¬	NOT X	=

Funktionstabelle				
Ein		Aus		
X	Y	AND	OR	XOR
0	0	0	0	0
0	1	0	1	1
1	0	0	1	1
1	1	1	1	0

Negierung NOT / NICHT

Turmdrehkran Schritt „nach oben“



Speicherfunktionen

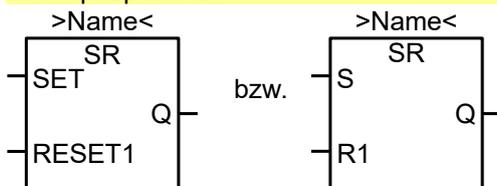
→ [EuroTabM47] S.446f „Speicher (Flipflop)“, „Flipflop“, „RS-Flipflop“, „SR-Flipflop“

Funktionstabelle				
Ein		Aus		Bemerkung
S	R	Q	Q̄	
1	0	1	0	S=Set=Setzen
0	1	0	1	R=Reset=Rücksetzen
0	0	bleiben gespeichert		Q=Quit=Ausgang
1	1	--	--	nicht erlaubt
S1=1	R=1	1	0	Vorrang für Set (RS)
S=1	R1=1	0	1	Vorrang für Reset (SR)

- >Name<: anpassen an Funktion
- SR (Set Reset): Baustein = SR-Flipflop = R-dominant (was zuletzt steht, gilt)

Flipflop = bistabile Kippstufe (=Speicher für 1bit)

SR-Flipflop im Abi



immer rücksetzdominant → Vorrang für Notaus!

Wann braucht man einen Speicher?

- Wenn das Startsignal (hier: S2) kürzer als Funktion ist UND ein mechanischer Speicher fehlt
z.B. Stellglied mit Federrückstellung
- im Zweifel
- bei Ablaufsteuerungen (s.u.)

Turmdrehkran

In [EuroTabM47] S.448f sind nur Ablaufsteuerungen dargestellt. Bei Verknüpfungssteuerungen entfällt das Frei- und Abschalten der umgebenden Schritte. Ich beginne mit V. und ergänze bei A. nur noch die fehlenden Elemente (→ [EuroTabM47] S.448f rot dargestellt). Programmiersprachen (DIN 1131): Anweisungslisten (AWL), Kontaktplan (KOP), Ablaufkette. Erarbeiten anhand der Beispielaufgabe und des TabB TA an der Tafel, Lösung des Leitbeispiels unter Elmo

Turmdrehkran Variante I

5) "Start, wenn S2 UND .." → Binäre Verknüpfungen

→ [AbiTabTGTM 2013] S.2

Eselsbrücke 1: UND ∧ ist unten offen, ODER ∨ ist oben offen.

Eselsbrücke 2: ∨ kommt von lat. vel (=oder)

5b) Verknüpfungen nach Text (S2 ∩ B1 ∩ B1 ∩ B2) und mehr (M0.1)

Die Operatoren sind innerhalb der SPS das Thema, das man auch in den meisten anderen Fachgebieten findet. Man weiß nur nicht, in welcher Schreibweise – ergo müssen SuS alle Schreibweisen kennen.

Die AND-Funktion kann man durch Multiplikation der Eingangssignale realisieren, ist ein Eingangssignal 0, so ist es AND auch.

Die OR- und XOR-Funktion kann man durch Addition der Eingangssignale realisieren; ist das Ergebnis =1, dann ist XOR wahr, ist das Ergebnis ≥1, dann ist OR wahr.

[EuroTabM47] verwendet in den Logikbausteinen die Operatoren & (AND), ≥1 (OR) und =1 (XOR) usw.. Das dürfen meine Schüler auch.

6) Turmdrehkran Schritt nach oben aufgelöst

Mit Software lautete die Lösung „WENN Eingang=1001 DANN KF1=1 SONST KF1=0“, aber man kann nicht für jede Signalkombination Hardware-Lösungen bereitstellen. Hier ist die Aufgabe mit AND und NOT lösbar.

Turmdrehkran Variante I → II

Speicherfunktionen nach DIN EN 61131-3 → [Wellenreuther 2011] S.96f

1) Start mit S1 → muss gespeichert werden → Speicher im TabB suchen

→ [AbiTabTGTM 2013] S.2

1b) Funktion? → TA RS-Flipflop und Funktionstabelle

- In [AbiTabTGTM 2013] S.2 und [EuroTabM47] S.446 heißen alle Flipflops RS und der dominante Eingang ist mit S1 bzw. R1 markiert oder steht unten. [EuroTabM47] S.444: SR-Flipflops sind rücksetzdominant, RS-Flipflops S-dominant, so auch [Tapken 2011]. [EuroTabM47] S.448f: In den Beispielen heißen alle Flipflops SR → nach Beispielen vorgehen

Wikipedia Flipflop 05.01.2013: „Ein Flipflop (engl. flip-flop), oft auch bistabile Kippstufe oder bistabiles Kippglied genannt, ist eine elektronische Schaltung, die zwei stabile Zustände einnehmen und damit eine Datenmenge von einem Bit über eine lange Zeit speichern kann. ...

Ein RS-Flipflop (Reset-Set-Flipflop) ist die einfachste Art eines Flipflops.“ Bistabile Kippstufe hat 2 stabile Stellungen und speichert eine (an, aus). Mechanisch: Kipp-schalter (Licht), Kugelschreiber (Mine rein / raus), Stellglieder ohne Federrückstellung

FO: Schaltung aus 2 Transistoren → Wikipedia „Flip-flop“, [Wellenreuther 2011] S.96, tic?

Abi-übliche Darstellungen → [AbiTabTGTM 2013] S.2. Im Abi wird Set und Reset nicht immer

ausgeschrieben. Überhaupt sind mir für das Abi keine verlässlichen Konventionen bekannt.

- Das invertierte Ausgangssignal Q̄ wird in Abi-Aufgaben nicht gebraucht.

- Ausgänge bei Flipflop: [EuroTabM47] S.444, S448f und [AbiTabTGTM 2013] S.2 verwenden einheitlich Q. In älteren Ausgaben war durcheinander; → umstellen auf Q

- Dominanter Eingang R (oder S) bedeutet, dass R (oder S) vorrangig ist, wenn an beiden

Eingänge R und S gleichzeitig Signale anliegen, also S=R=1 → Q=0 (oder Q=1).

- Der dominante Eingang wird mit 1 markiert (R1 oder S1) oder steht unten.

- Setzdominante Flipflops heißen manchmal SR-Flipflops (→ [EuroTabM47] S.444, ([Tapken 2011]), manchmal genau umgekehrt (→ [Wellenreuther 2011] S.97)

- Um es eindeutig zu haben, verlange ich die Markierung mit R1 unten.

- Am TG war bisher nur rücksetzdominant üblich, damit Not-Aus Vorrang hat.

1c) Rücksetzgang ggf. später bearbeiten.

2) "Nach 10 Pressvorgängen" → Sonderaufgaben ggf. später bearbeiten

3) "Zylinder ausfahren": Braucht man ein Flipflop / Speicher?

Speicher sind immer erforderlich ..

- bei Ablaufsteuerungen

- wenn die Wirkung (hier: Zylinder ausfahren) länger dauert als das Signal (S1) und kein anderes Element speichert, z.B. mechanische Speicherung im Stellglied

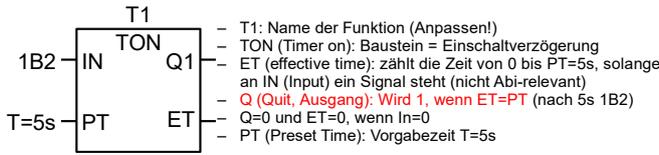
- im Zweifelsfall: Am TG muss man Steuerungen nicht optimieren. Es genügt, wenn sie (theoretisch) funktionieren..



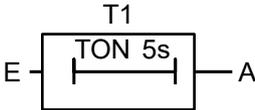
Zeitgeber

Einschaltverzögerung

- [AbiTabTGMT 2013] S.2



- [EuroTabM47] S.446: TON 2s:

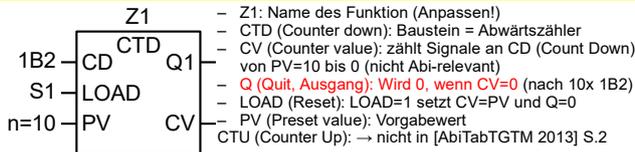


Ausschaltverzögerung

TOF (Timer of): Ausschaltverzögerung → [AbiTabTGMT 2013] S.2
- ET: zählt die Zeit von PT=5s bis 0; Q: Wird 0, wenn ET=0
sinngemäß zu [EuroTabM47] S.446: TOF 2s

Zählerfunktionen

Abwärtszähler



Kniehebelpresse, Demontagepresse

Zeitgeberfunktionen nach DIN EN 61131-3 → [Wellenreuther 2011] S.134

4) erst "selbsttätig zurückfahren" → wie auf welches Signal hin?

1B2 (Presszylinder ausgefahren) → Pressen.R1 (Speicher zurücksetzen)

4b) "Presszeit" → Weiterleitung 1B2 auf R1 verzögern. Wie? → suchen

- [EuroTabM46] S.438 t -- 0

- [EuroTabM47] S.446: TON 2s

- [AbiTabTGMT 2013] S.2

- Funktion TON: Positive Flanke an IN startet Stoppuhr. ET gibt die aktuelle Zeit (dual oder BCD) aus (nicht für Abi). Sobald die Vorgabezeit PT erreicht ist, wird Q1=1. Mit IN=0, werden Q1 und die Stoppuhr auf 0 gesetzt.

Beispiel für Ein/Ausschaltverzögerung: Wipfler – Prägeanlage – SK3: Zylinder einfahren nach 10s

Beachten, ob Q von 0 → 1 schaltet oder umgekehrt

Zählerfunktionen nach DIN EN 61131-3 → [Wellenreuther 2011] S.177f

5) "Nach 10 Pressvorgängen" → Zähler

- [AbiTabTGMT 2013] S.2

- Funktion CTD: Jede positive Flanke an CD zählt CV von PV bis 0 (CV in Integer, nicht für Abi). Sobald CV=0 erreicht ist, wird Q=0. Mit LOAD=1 werden Q=1 und der CV=PV.

- Funktion CTU: Jede positive Flanke an CD zählt CV von 0 bis PV. Sobald CV=PV erreicht ist, wird Q=1. Mit RESET=1 werden Q=0 und CV=0.

- CV liefert dual oder BCD-codierte Zahlen: BCD = Binär codierte Dezimalzahl

- [Duden 2006]: „kodieren bes. fachspr. codieren ..“

SPS_TA_FBS_Logikbausteine.odt

FBS: Sonstiges

Not-Aus

Not-Aus wird durch eine Raste gespeichert.

Not-Aus-Funktionen sind abhängig von der Aufgabe

Normalerweise:

- Meistens -SF0

- Not-Aus invertiert auf Reset legen

Not-Aus NICHT invertieren, wenn es auf ein AND wirkt.

- Rücksetzdominanz (R1) garantiert Vorrang für Not-Aus

- weitere R1-Eingänge mit ODER verknüpfen

Befehlsausgabe

Gesondert, weil hier weitere Verknüpfungen möglich sind.

FBS-Ausgänge verbinden mit Bauteil-Eingängen,

ggf. mit weiteren Verknüpfungen

Z.B.: Lampe leuchtet, wenn Lift hoch ODER runter fährt.

Beispiel → Übungsaufgabe, TabB

Nachlese

- alle Randbedingungen nochmals prüfen

Durch nachträglich eingebaute Funktionen kann sich etwas geändert haben

- werden alle Aktionen irgendwann zurückgesetzt?

- was passiert bei Störungen?

Im Abi ist das ein Luxusproblem, also nicht gefordert.

Vertiefung

Leitbeispiel: AB SPS_Ub 1 – Kniehebelpresse (nur 1 Schritt → Verknüpfungssteuerung !?)

Erarbeiten anhand der Beispielaufgabe und des TabB

TA an der Tafel, Lösung des Leitbeispiels unter Elmo

Bewährte Prinzipien elektromechanischer Sicherheitstechnik → [Wellenreuther 2011] S.818

6) Not-Aus

- Ruhestromprinzip, Drahtbruchererkennung: Solange Signalstrom fließen kann, liegt keine Gefährdung vor (kein Not-Aus, Sicherheitstür geschlossen ..). Besser wird Not-Aus bei Leitungsstörung ausgelöst, als dass Not-Aus wegen Leitungsstörung nicht funktioniert.

Vorlage → [EuroTabM47] S.448f

7) Ausgänge der Logik (FBS) müssen auf die Eingänge der Bauteile (Zuordnungsliste) gelegt werden.

Welchen Zusammenhang haben die Ausgänge des Anschlussplans (A0.1.., Q1..) und der FBS (M1.0..)?

- Da die Formalien der SPS kein ernsthaftes Bildungsziel eines Gymnasiums sein kann, genügt es mir auch hier, wenn SuS ihre Lösung logisch nachvollziehbar darlegen ohne große Rücksicht auf aktuelle Normen.

Vertiefung: Demontagepresse

AB SPS_Ub 3 (Verknüpfungssteuerung)

SPS_TA_FBS_Sonstiges.odt
Seitenumbruch



FBS: Schrittkette / Ablaufsteuerung

= Programm läuft in festgelegter Reihenfolge ab

Betriebsarten FC1

- E0.2 Startsignal
- E0.3 Stoppsignal (invertiert!)
- M0.1 „run“

Schrittkette FC2

Schritt 1: Initialschritt

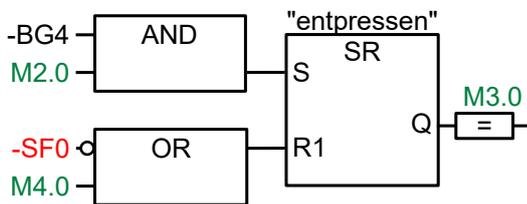
- prüft die Grundstellung
- löst keine Aktion aus
- gibt erste Aktion frei (Schrittkette)

Schritt 2: löst erste Aktion aus

Voraussetzungen: Run M0.1 und Initialschritt M1.0

Typisches Glied einer Schrittkette

Schritt 3: Zyl. -MM2 einfahren – pressen beenden



Ablaufsteuerung:

- M2.0 → AND → Set: Ein Schritt kann nur gestartet werden, wenn der Vorgänger aktiv ist → definierte Reihenfolge
- M4.0 → OR → Reset1: Sobald ein Schritt startet, deaktiviert er den Vorgänger

Not-Aus

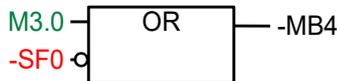
- Not-Aus (invertiert → Kreis als Eingang)
- Not-Aus -SF0 schaltet normalerweise jeden Schritt der Schrittkette aus. Was beim Not-Aus passieren soll, kann man im Netzwerk festlegen
- Gilt nicht immer → nachträglich prüfen

Transitionsbedingung (Schrittbedingung)

- = Bedingung für den Start eines Schrittes
- -BG4: Mit diesem Signal startet Schritt 3

Befehlsausgabe FC3

= Ansteuerung der Aktoren



Aufhänger: Demontagepresse

AB SPS_Ub 3 – Demontagepresse bis Aufgabe 3.4

- 1) Aufbau gemäß [EuroTabM47] S.449?
1) Schrittkette benötigt für jeden Schritt einen Speicher

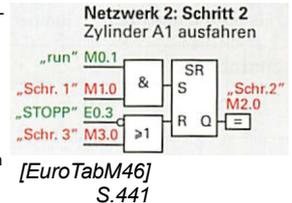
2) Anhand TabB

[Wellenreuther 2012] S.76: "Die Grundstellung der Ablaufkette wird entweder durch den betriebsmäßigen Ablauf oder durch Ansteuerung mit einem Reset-Signal erreicht."

[EuroTabM47] S.448:

Hier wird der Initialschritt in FC1 Netzwerk 2 gelegt: Grundstellung.

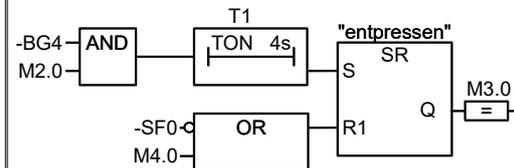
Es gibt also mehrere Möglichkeiten und wie üblich sind für Schüler alle Lösungen erlaubt, die theoretisch funktionieren.



- 1) Schrittkette benötigt für jeden Schritt einen Speicher

Der Aufbau eines Schrittes ist typisch. Manchmal muss er zwar ergänzt werden, aber selbst wenn man dabei etwas einfließen muss, ist empfehlenswert, damit zu beginnen.

Schritt 3 mit nachträglich eingefügter Zeitverzögerung nach [EuroTabM47] S.446



[Wellenreuther 2012] S.76 "Für jeden Ablaufschritt ist ein RS-Speicherglied mit der Logik für die Transitionsbedingungen zum Setzen des Nachfolgespeichers vorzusehen. Über den Rücksetzeingang wird der Vorgängerspeicher vom Nachfolgespeicher gelöscht."

Ein Schritt kann nur aktiv geschaltet werden, wenn der vorherige Schritt aktiv ist. So wird verhindert, dass eine zufällige Übereinstimmung der Eingangssignale zur Unzeit wirken kann. Sobald ein Schritt aktiv ist, setzt er der vorigen Schritt inaktiv (s.u.).

Veranschaulichung??

Schrittkette verdeutlichen: Schülerreihe; Schüler 1 wird gestartet, aktiviert Schüler 2, tut seine Arbeit; Schüler 2 wird aktiviert, deaktiviert 1, aktiviert 3 und tut seine Arbeit.

Not-Aus u.ä. wirken als Schließer, d.h., wenn sie von 1 auf 0 (elektrisch) schalten. Dadurch wird zwar ein Kabelbruch zum Not-Aus, aber das ist besser, als wenn der Kabelbruch ein Not-Aus verhindert. Damit 0V als Signal wahrgenommen wird, muss es invertiert werden – dies wird mit einem Kreis als Eingang dargestellt.

In [EuroTabM44] S.367 und S.377 ist Not-Aus nicht invertiert, in neueren Ausgaben schon.

Transitionsbedingungen gemäß Grafcat / Funktionsplan

Natürlich können es auch mehrere und verknüpfte Signale sein. (Zylinderpositionen, Zweihandschaltung, Betriebsbereitschaft ..).

2) Gemäß TabB.

Heißt so warum?

Im einfachsten Fall löst ein Glied der Schrittkette eine bestimmte Zylinderbewegung aus. Wenn diese Bewegung auch durch andere Signale ausgelöst werden soll, z.B. -SF0, kann man es hier verknüpfen.

Oft kann man die Ereignisse, die S0 o.ä. auslösen, auch über die Schrittkette auslösen. Aber das sind immer individuelle Lösungen mit individuellen Risiken und Nebenwirkung, was bei realistisch großen Steuerungen sehr unübersichtlich werden kann. Deshalb empfehle ich, Schrittkette und Netzwerk zu trennen.



Funktionspläne für Ablaufsteuerungen

= grafische und prozessorientierte Darstellung von Steuerungen.

„Die Wirksamkeit .. besteht darin, dass er eine das Denken unterstützende anschauliche Darstellungsmethode anbietet.“ [Wellenreuther 2011] S.382 [Wellenreuther 2011]

Beschreibung: [EuroTabM46] S.423..428 „Grafcet

Beispiele: [EuroTabM46] S.433, S.434, S.441, ..428 „Grafcet

Weglassen? Letztmalig im Abi 2010/11 Rohrrahmen
Nicht angepasst auf [EuroTabM47]

In Lehrplänen für TGTm seit 2010 ist das Wort „Funktionsplan“ nicht mehr enthalten. Was das bedeutet, ist mir unklar. In der Literatur (z.B [Wellenreuther 2011] S.19) überschneiden sich die Begriffe FUP, FBS, Grafcet usw., sodass man Grafcet auch unter FBS einordnen könnte, und es wäre nicht das erste Mal, dass Begriffsüberschneidungen genutzt wurden, um Lehrpläne scheinbar zu kürzen ohne Folgen für die Prüfungsinhalte.

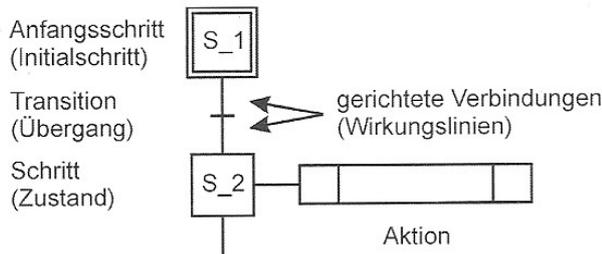
[Friedrich 2003] S.9-33 (unterscheidet Funktionspläne mit Logik- und mit Makrosymbolen); [StamTabM] S.338 „Funktionspläne“, [EuroM56] S.520 (Grafcet), [KlettMFk] S.490ff, [HTFK2M 2008] S.141.; [Tapken 2011]: Die Bezeichnung der einzelnen Sprachen ist bei STEP7 teilweise anders als in der Norm DIN EN 61131-3. Andere Programmiersprachen sind: [EuroTabM46] S.435: Anweisungslisten (AWL), Kontaktplan (KOP), Ablaufkette (z.B. nach 1131).

Grafcet nach DIN 60848

unabhängig von der Realisierung

Grafcet = Graphe fonctionel de commande etape transition

Grafcet verlangt oberflächlich weniger Details (z.B. keine Bestimmungszeichen) als der Funktionsplan nach IEC 61131.



eigenes Bild, Beispiel aus dem Alltag

Notaus usw. wird hier nicht berücksichtigt.

Varianten

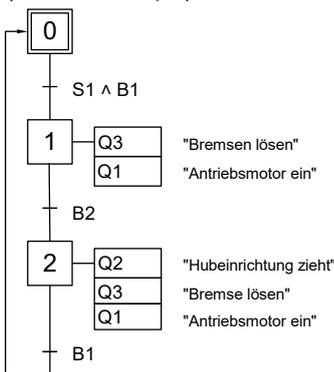
Darstellungen der Transitionsbedingungen

S1 UND S2 / S1 AND S2 / S1 ^ S2 / S1 • S2 / &
S1 ODER S2 / S1 OR S2 / S1 v S2 / S1 + S2 / ≥1

speichernd oder nicht

Kontinuierlich ..

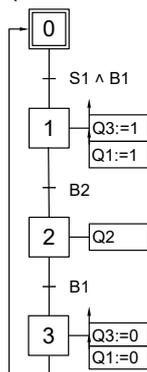
wirken nur so lange (± Verzögerung), wie der Schritt aktiv ist (nicht speichernd) (z.B. Lichtlupe)



Einfaches Kästchen für Aktion wirkt nur für die Dauer des Schrittes.

Gespeichert ..

die Steuerung speichert das Signal und hält es aufrecht bis es abgeschaltet wird. (z.B. Fernlicht)



Fähnchen ↑: Q3 .. wird ausgeschaltet, sobald Schritt 3 startet (positive Flanke).

Funktionsplan nach IEC 61131

unabhängig von der Realisierung

Nicht unterrichten, da in [EuroTabM46] nicht dokumentiert. Im Abi zugelassen.

[Wellenreuther 2011] S.19: Vergleich IEC 61131-3 und DIN EN 60848 (GRAF CET)

[Wellenreuther 2011] S.379: „Der wesentliche Unterschied der beiden Normen liegt in der Darstellung der Aktionsblöcke.“ S.384: nach IEC 61131 nötige Bestimmungszeichen für Aktionen. S.384: Vergleich der Normen.
[Wellenreuther 2011] S.379: Jeder mögliche Zustand einer Steuerung wird im Ablauf-Funktionsplan durch einen Schritt dargestellt. Ein Schritt ist entweder aktiv oder inaktiv und stellt einen (Beharrungs-)Zustand der Steuerung dar. Ein Schritt muss grafisch durch einen Block dargestellt werden, der einen Schrittnamen in Form eines Bezeichners enthält.
Eine Sonderstellung nimmt der Anfangsschritt ein, der durch eine doppelte Umrahmung gekennzeichnet ist. Der Anfangsschritt muss beim Start des Ablaufes als einziger Schritt aktiv sein. Die Schritte sind durch gerichtete Verbindungen in Form von vertikalen Linien miteinander verbunden. Die Eigenschaften eines Schrittes, aktiv oder inaktiv sein zu können, setzt ein Speicherverhalten im Steuerungsprogramm voraus. Jedem Schritt ist normalerweise eine Aktion zugeordnet, die in einem Aktionsblock angegeben und mit dem Schritt verknüpft werden kann. Die Aktion ist nicht Bestandteil des Schrittes.“

[Wellenreuther 2011] S.384: Funktionszeichen innerhalb des Aktionsfeldes

[EuroTabM46] S.435

^ (UND) unten offen ↔ v (ODER) oben offen
v kommt von lat. vel = oder

S1 • S2: multipliziert man Sx, wird das Ergebnis nur dann 1, wenn alle Wahrheitswerte Sx = 1 sind → UND-Funktion, & (= kaufmännisches UND)

S1 + S2: addiert man Sx, wird das Ergebnis (mind.) 1, wenn ein oder mehrere Wahrheitswert Sx = 1 sind → ODER-Funktion, ≥1

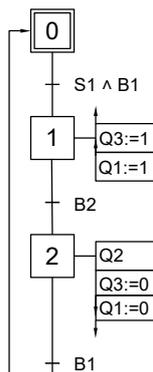
Im TabB und Abi-Prüfungen werden alle Schreibweisen verwendet → Ich akzeptiere jede.

tgtn HP 2008/09-3 Tiefbohranlage

.. wirkende Aktionen

[EuroTabM46] S.425f „Grafcet

- Lichtlupe geht im Schritt 4 aus, wenn sie nicht erneut betätigt wird.
- Bestimmungszeichen nach IEC 61131: N (Nicht speichernd)



Fähnchen ↓: Q3 .. wird ausgeschaltet, sobald Schritt 2 endet (negative Flanke).

3) Warum musste man sich bei der Demontagepresse nicht um gespeichert oder kontinuierlich nicht kümmern?

Dort wurde die Speicherung von den Stellgliedern übernommen.

Sonstiges

Ablaufauswahl (Alternativverzweigung, Alternativbetrieb)
Gleichzeitige Abläufe (Simultanverzweigung, Parallelbetrieb)

Zeitfunktionen:

(Wartezeiten) per Text in Transition

[EuroTabM46] S.423..428 „Grafcet

[EuroTabM46] S.423..428 „Grafcet



Wiederholung SPS

SPS

tgtm HP 2013/14-3: Ausschleusstation

Sensorauswahl

Pneumatikschaltplan

Zylinderberechnung

Zuordnungsliste

Anschlussplan

FBS

Zusatzfunktionen: Zähler, Timer

Formelsammlung

tgtm HP 2013/14-3 Ausschleusstation

→ [EuroTabM46]

→ [EuroTabM46]

→ [EuroTabM46]

Formblatt: Anschlussplan

- 1) als Verknüpfungssteuerung beginnen
- 2) zur Ablaufsteuerung ergänzen

SPS_TA_Wiederholung.odt

Vertiefung:

tgtm HP 2010/11-4 Rohrrahmen



Zur Info

Steuerungs-Technik

Zweck

erforderlich für den automatischen Betrieb von Maschinen und Anlagen

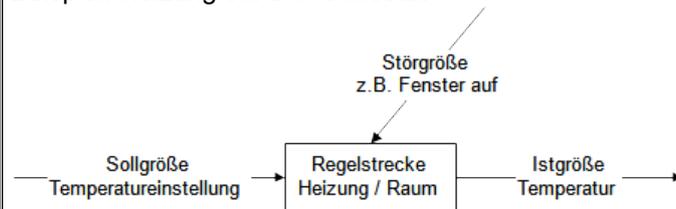
Energieträger

Table with 4 columns: Energieträger, Leistungsteil, Steuerungsteil, and an empty column. Rows include: manuell, mechanisch, pneumatisch, hydraulisch, elektrisch.

Begriffe

Steuerung (eng: open loop control)

beeinflusst Abläufe ohne Reaktion auf das Ergebnis. Beispiel: Heizung ohne Thermostat



[DIN 19226 T1] in [Hering 2007] S.860: „Das Steuern, die Steuerung, ist der Vorgang in einem System, bei dem eine oder mehrere Größen als Eingangsgrößen andere Größen als Ausgangsgrößen auf Grund der dem System eigentümlichen Gesetzmäßigkeiten beeinflussen. Kennzeichnend für das Steuern ist der offene Wirkungsweg oder ein geschlossener Wirkungsweg, bei dem die durch die Eingangsgrößen beeinflussten Ausgangsgrößen nicht fortlaufend und nicht wieder über dieselben Eingangsgrößen auf sich selbst wirken“

Grafik mit genormten Begriffen

Automatisierungstechnik

Teil der Ingenieurwissenschaften, will Maschinen und Anlagen automatisieren

Steuerungstechnik

befasst sich mit der Steuerung der Maschinen und Anlagen

z.B. nicht mit der Energiezufuhr, Fertigungsabläufe usw.

Steuerungsarten

Verknüpfungssteuerung ↔

z.B.: Wenn A UND B, dann C

- z.B. Klimatisierung eines Hauses agiert mit Heizung, Kühlung und Verschattung abhängig von Innen-, Außentemperatur, Sonnenstand, usw. ohne festgelegte Reihenfolge; Getränkeautomat mit verschiedenen Getränken, Beimischungen, Zahlweisen
- Verknüpfungssteuerung liegt vor, wenn die Handlung von der logischen Verknüpfung mehrerer Voraussetzungen abhängt.
- Verknüpfungssteuerung muss nicht speichern

[TUM 2] S.206: Verknüpfungssteuerung ↔ Ablaufsteuerung

Verbindungsprogrammierte Steuerung (VPS) ↔

fest 'verdrahtet':

Steuerungslogik steckt in der Verknüpfung der Bauteile

- z.B.: Zweihandsteuerung einer hydraulischen Presse, Lichtschaltung im Klassenzimmer, Pneumatik in der Art des alten Lehrplans)

FO: Lösung einer alten Abi-Aufgabe Pneumatik

Vorteile SPS

Regelungstechnik → siehe unten

Video Bleistiftspitzer, Radiergummi

Film ca. von 1980 enthält zahlreiche einfache mechanische Steuerungen

1) Warum Steuerungen ?

Automatisierung senkt Kosten

2) Merkmale mechanischer Steuerungen? Alternativen ?

Energieträger: manuell, mechanisch, elektrisch, ..

Video Bleistiftspitzer ab 50"... Bohrung

3) Wie wird der Rohling zugeführt ? .. der Bohrer vorgeschoben ?

4) Welche Elemente wären erforderlich, wenn man das Bohren elektrisch steuern wollte ? Woher weiß der Bohrer, wann er bohren darf/muss?

Bohrerantrieb, Bohrervorschub → Leistungsteil. Kontrollen, Startimpulse → Steuerungsteil.

Vergleich der Steuerungsarten: [HTFKM 1990] S.234

Vertiefung

Video Ketten Rundstahl ab 40": Steuerung durch Kurvenscheiben (sehr kurz)

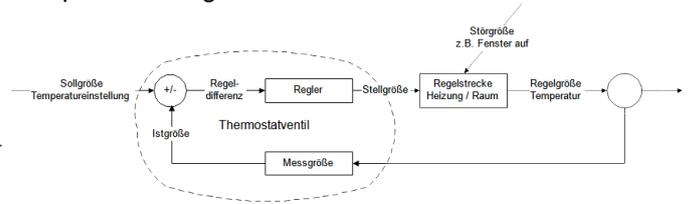
Video Frontscheibe, Gurtroller: Fertigung mit Steuerungstechnik

5) Was macht die Bohreinheit, wenn ein Rohling verkantet zugeführt wird?

Regelung (eng: close loop control)

beeinflusst Abläufe mit Reaktion auf das Ergebnis (= mit Rückkopplung).

Beispiel: Heizung mit Thermostat



[DIN 19226 T1] in [Hering 2007] S.860: „Das Regeln, die Regelung, ist ein Vorgang, bei dem fortlaufend eine Größe, die Regelgröße (die zu regelnde Größe), erfasst, mit einer anderen Größe, der Führungsgröße, verglichen und im Sinne einer Angleichung an die Führungsgröße beeinflusst wird. Kennzeichnend für die Regelung ist der geschlossene Wirkungsweg, bei dem die Regelgröße im Wirkungsweg sich selbst beeinflusst“. Eine Regelung arbeitet idealerweise mit einer negativen Rückkopplung, d.h. einer Abschwächung der Abweichung. Die pfeifende Lautsprecheranlage ist ein Beispiel für eine positive Rückkopplung (Verstärkung der Abweichung). Weitere Beispiele: Tempomat, Pupillendurchmesser abhängig vom Lichteinfall, Bahnsteuerung (!) einer CNC-Maschine.

Beispiele: [Rapp 1983]

Regelungstechnik

befasst sich ua. mit den mathematischen Grundlagen bei Steuer- und Regelvorgängen

Ablaufsteuerung

- z.B.: Erst A, dann B, dann C

- z.B. Waschstraße, einfache Ampelsteuerung
- In einer Ablaufsteuerung laufen festgelegte Schritte nacheinander ab, sobald der jeweils vorige erledigt ist (x wird zugeführt → x wird gespannt → x wird bearbeitet → x wird ausgestoßen → x+1 wird zugeführt ..). Kann auch zeitgesteuert sein (Ampelsteuerung). Ablaufsteuerung kann auch sequentielle Steuerung heißen.

Verknüpfungs- und Ablaufsteuerung können kombiniert werden: verkehrsabhängige Ampelsteuerung mit Tages- oder Wochenautomatik, Fußgängeranforderung

Speicherprogrammierte Steuerung (SPS)

Sensoren → Mikroprozessor → Aktoren

Steuerungslogik steckt im Programm = flexibel

[TUM 2] S.207: Verbindungs- ↔ Speicherprogrammierte Steuerungen

→ [HTFK2M 2008] S.139

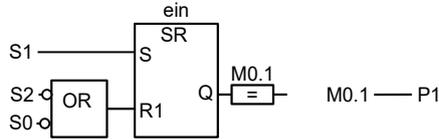


Notizen zu Abi-Aufgaben

HP 2011/12-3 Transportband

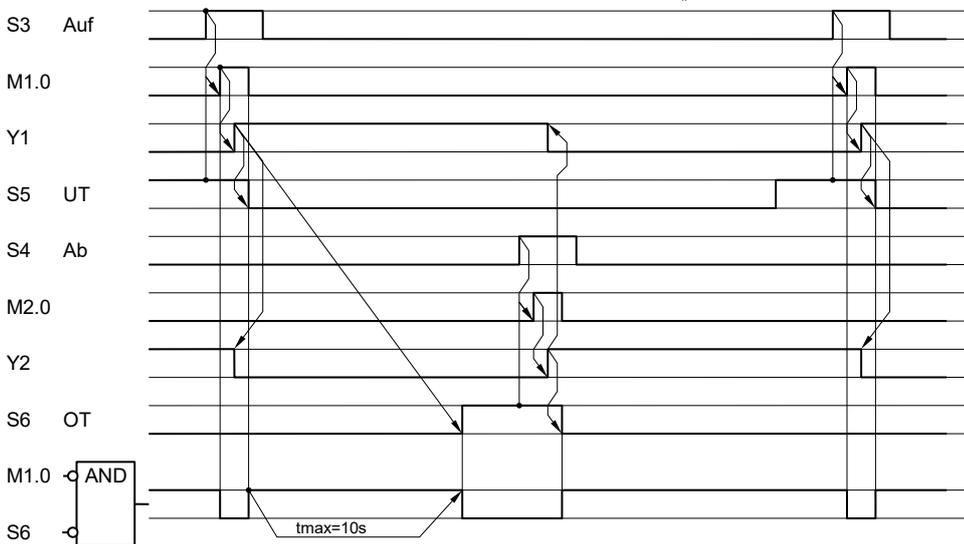
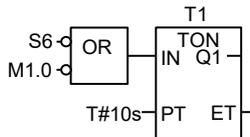
Aufgabe 4: FBS (Musterlösung)

Inbetriebnahme mit Anzeige (grüne Lampe)



Alternativen

Zeitüberwachung ohne Speicher



Hier muss die Zeitkontrolle wirken

Wenn hier die Zeitkontrolle "Ab" auslöst, ändert sich nichts

- Musterlösung löst die Schrittkette ohne RS-Flipflops und verwendet nur einen Speicher für die Betriebsbereitschaft.
- Unterschied zwischen FB (mit Speicher) und FC (ohne Speicher) beschreibt [Wellenreuther 2011] S.20 → muss noch in Deutsch übersetzt werden
- Wenn sich die Ausgänge eindeutig aus den Eingängen ergeben, genügt der Befehlsaufruf (FC) oder Speicher (RS-Flipflop). FB (mit Speicher) ist nötig bei Befehlsketten (Beispiel: Wenn alle Zylinder eingefahren sind, kann im 1. Schritt "Spannen" erfolgen und im letzten "Ausstoßen" → Eingangssignale nicht eindeutig.)

- Betriebsbereitschaft muss gespeichert werden
- Das Gleichheitszeichen bei M0.1 soll bedeuten, dass das Signal gespeichert wird. Ob das Zeichen nach einem RS-Flipflop (=Speicher) nötig ist, ist unklar, aber im TabB wird es so verwendet.
- Ausgeschaltet wird die Anlage durch S2 mit inverser Logik
- Dass die Anlage auch durch Not-Aus S0 ausgeschaltet wird, ist in der Aufgabe nicht eindeutig gefordert. Es ist aber eine elegante Lösung, alle möglichen Schritte nach einem Not-Aus zu unterbinden, bis ein gesondertes Signal kommt, in diesem Fall erneutes Einschalten der Betriebsbereitschaft.

- Lösungen ohne Speicher (links) unter Verwendung vorhandener Signale sind denkbar, aber hängen von der Aufgabe ab und müssen individuell gefunden werden – das ist zeitaufwändig und riskant, also nicht zu empfehlen.
- (Schritt-Weg-Diagramm / Funktionsdiagramm für diese Aufgabe siehe unten)

HP 2008/09-3 Tiefbohranlage

Grafcet / Funktionsplan

Der Lösungsvorschlag (FUP und FBS) und mein Verständnis des Aufgabentextes passen bzgl. S2 nicht zusammen. Prüfen!

- Es werden beide Versionen angeboten: Grafcet und Funktionsplan
- Nicht selbsthaltende Befehle (N) werden einfach von Schritt zu Schritt wiederholt. Dadurch spart man sich auch das Ausschalten der Motoren.

NP 2008/09-3 Nietmaschine

Grafcet / Funktionsplan

In älteren TabB, z.B. EuroTabM40/41, werden im Funktionsplan haltende Funktionen mit S, nichthaltende mit N gekennzeichnet. Grafcet in [EuroTabM45] macht die Kennzeichnung mit Fähnchen.



Quellen

Beim Thema SPS scheinen alle Begriffe und Bezeichnungen entweder ständig zu wechseln oder falsch verwendet zu werden oder beides – jedenfalls ist das Ganze ziemlich unübersichtlich.

Zuordnungsliste, Belegungsliste

In den Lehrplänen TGTM von 2010 und 2011 taucht der Begriff Zuordnungsliste nicht mehr aus, während [EuroTabM45] S.392 wieder zum Begriff Zuordnungsliste wechselt ([EuroTabM44] S.367 „Belegungsliste“). Im Abi bleibt 'Zuordnungsliste' erhalten (HP2011/12-3; NP2013/14-3; NP2014/15-3).

FBS (Verknüpfungssteuerung)

Kennzeichnung der Bauteile

Quellen siehe unten → Auswendiglernen kann's nicht sein, also Bezeichnung nach TabB verwenden!

Kennzeichnungen in anderen Texten

[6] tgtn-Abi bis etwa 2015; [5] [EuroTabM45] S.377, [2][Friedrich 2003] S.9-19, [1] [EN 81346](#): 2010-05

Fundstellen zum Thema

- [Beater 2010] S.11f: Logische Zustände definieren, nicht Funktion beschreiben.
- [Wellenreuther 2011] S.413, 422, 432, ...: Beschreibt keine Zuordnungsliste, zeigt sie aber bei den Beispielen wie [Beater 2010].
- [EuroM56] S.513 Beispiel mit Regeln, wieder ausführlicher
- [TuM 2] S.238ff: Nennt es Anweisungsliste? Reduziert Zuordnungsliste auf Bauteil und Anschluss → nicht übernehmen

Beispiel Zuordnungsliste: [EuroTabM46] S.440 "SPS, Steuerungen": In dieser Ausgabe werden Eingänge mit I1 bis I8 und Ausgänge mit Q1 bis Q8 bezeichnet.

Beispiel Zuordnungsliste: [EuroTabM45] S.392 "SPS, Steuerungen": Bis zu dieser Ausgabe werden Eingänge mit E0.1 bis E0.7 und Ausgänge mit A0.0 bis A0.7 bezeichnet.

Beispiel Belegungsliste: [EuroTabM44] S.367. Bis zu dieser Ausgabe verwendet das TabB den Begriff Belegungsliste.

Überblick über die Möglichkeiten siehe [Wellenreuther 2011] S.380. [EuroTabM44] S.327ff „Funktionspläne“; [Friedrich 2003] S.9-33 (unterscheidet Funktionspläne mit Logik- und mit Makrosymbolen); [StamTabM] S.338 „Funktionspläne“, [EuroM56] S.520 (Grafcet), [KlettMFk] S.490ff, [HTFk2M 2008] S.141.

[EuroTabM45]

DIN EN 61346-1: 1997-1; DIN EN 61346-2: 2000-12, (veraltet)	[6] Abi	[5]	[2]	[1]	beide ersetzt durch [5] EN 81346: 2010-05 . Liste mit Beispielen → Wikipedia Betriebsmittel .
Baugruppen			A		Zwei oder mehr Zwecke oder Aufgaben
Umsetzer nichtel. → elektr. (z.B. Sensor, Näherungsschalter)	S	B	B		Umwandeln einer Eingangsvariablen (physikalische Eigenschaft, Zustand oder Ereignis) in ein zur Weiterverarbeitung bestimmtes Signal
Kapazität (Kondensator)			C	C	Speichern von Material, Energie oder Information
Schutzeinrichtung (Sicherung)			F	F	Direkt (selbsttätig) einen Energiefluss, Signale, Personal oder Ausrüstungen vor gefährlichen oder unerwünschten Zuständen schützen.
					G Initiieren eines Energie oder Materialflusses.
Meldeeinrichtung (Hupe, Leuchte ..)	L	P	H		(Für spätere Normung reserviert)
Schütz, Relais	K	K	K		Verarbeiten (Empfang, Verarbeitung, Bereitstellung) von Signalen oder Informationen
Induktivität (Spule)			L	L	(Für spätere Normung reserviert)
Motor				M	Bereitstellung von mechanischer Energie (mechanische Dreh- oder Linearbewegung) zu Antriebszwecken
				P	Darstellung von Information (Anzeige, Hupe ..)
Starkstromschalter (Motorschutzschalter)			Q	Q	Kontrolliertes Schalten .. eines Energie-, oder Signalfusses oder Materialflusses
Widerstände			R	R	Begrenzung ... von Bewegung oder Fluss von Energie, Information oder Material
Schalter, Taster	S	S	S		Umwandeln einer manuellen Betätigung in ein zur Weiterverarbeitung bestimmtes Signal
Transformator			T	T	Umwandeln von Energie unter Beibehaltung der Energieart
Klemme; Stecker					Verbinden von Objekten
elektrische Betätigung (E-mech, E-pneu, ..)	Y	M	Y		(Für spätere Normung reserviert)

6) Welche Stoffe können Energie übertragen? Welche Möglichkeiten gibt es, Bremsbacken anzusteuern?

Vergleich der Steuerungsarten: [HTFKM 1990] S.234

Möglichkeiten der Kraftübertragung im Vergleich	Mechanik Antrieb, Feststellbremse, Lenkung	Hydraulik Bremsanlage, Bagger, (Kraftstoffanlage, Kühlkreislauf)	Pneumatik Druckluftbremsanlage	Elektrik
Medium	Feste Körper, Stahl, ..	Flüssigkeit: Öl, Bremsflüssigkeit, Kraftstoff, Wasser ..	Gas: Luft (billig, brennt nicht, ohne Funken = Ex-Schutz)	Elektrische Ladungen: Strom
Erzeugung aus mechanischer Energie	direkt	Pumpe	Kompressor	Generator
Speicherung	Schwungmasse (wenig) Schwungrad	Hydrospeicher (mit Gasdruck, sehr wenig) Wenn Bereitschaft nötig ist (z.B. Lenkhydraulik) muss die Pumpe ständig arbeiten: hoher Energiebedarf auch wenn sie nicht gebraucht wird.	Kessel (viel) (es gibt weltweit 2 Druckluftspeicherkraftwerke mit Speicherungen in Kavernen: Huntorf (D), McIntosh (USA))	Kondensator, Spule (sehr wenig)  Akku (wenig) Pumpspeicherkraftwerke sind ungeeignet für Kfz 
Verluste im Betrieb Verluste in Bereitschaft	sehr niedrig 0	niedrig sehr hoch	niedrig fast 0	hoch fast 0
Umwandlung in Bewegung	direkt	Kolben	Kolben	Magnet: Relais, Motor
Energiefluss				
Umlenkbarkeit	schwierig	einfach	einfach	einfach
mögliche Kräfte	hoch	extrem hoch Flüssigkeit wird kaum komprimiert und kann nicht explodieren. Risiko sind „nur“ platzende Leitungen, weil dann die Last sofort fällt.	nicht so hoch Druckaufbau kostet Zeit und Energie. Druckluft speichert beim komprimieren Energie mit Explosionsrisiko.	nicht so hoch Erfordert hohe Spannungen (Risiko) oder Ströme (Leistungsquerschnitte, Speicherung problematisch)
Steuerung				
Bauelemente, Flexibilität, Preis	Mechanik: sehr umständlich	Ventile: sehr teuer	Ventile: sehr teuer	Elektronik: einfach, extrem flexibel, billig
Anwendung <i>Kfz_LF04_TA_Vergleich-Kraftuebertragung.odt</i>		Für große Kräfte und feinfühlig Übertragung	Schnell, sauber, explosionsssicher	Bevorzugt, da flexibel. Problematisch bei kurzzeitig großen Kräften Bremsen, Ventilsteuerung

Entwicklung: Früher rein mechanisch (Reiheneinspritzpumpe), dann mit Hydraulik und Pneumatik (Verteilereinspritzpumpe, hydr. ABS), heute mechanisch / hydraulisch / pneumatisch mit elektronischer Steuerung (ABS, Common Rail..). Aktueller Trend: Elektrischer Energiefluss und elektronische Steuerung erlaubt flexible Steuerungen (Drive by wire, elektrische Bremse ..)
Seitenumbruch auf Hochkant



Notizen

Ideen zur Realisation

- Wasserfallanzeigttafel
- Serienfertigung von amuse geule (Brezel, Cocktail-Mischgetränke, Cola-Weizen)
- Micemen
- Eisenbahnrangieranlagen
- Steuerung eines Liftes über 2 bis 3 Etagen

Literaturverzeichnis

- AbiTabTGTM 2013: --, Formeln und Tabellen "Technik und Management" - gültig ab der Abiturprüfung 2015, 2013
- Beater 2010: Peter Beater, Grundkurs der Steuerungstechnik, Books on Demand GmbH Norderstedt, 2010
- Duden 2006: -, Duden - Die deutsche Rechtschreibung, VDI-Verlag Mannheim, 2006
- EuroM56: Ulrich Fischer ua., Fachkunde Metall 56.Auflage, Europa-Lehrmittel Haan-Gruiten, 2010
- EuroTabM: Ulrich Fischer ua., Tabellenbuch Metall, Europa-Lehrmittel Haan-Gruiten,
- EuroTabM43: Ulrich Fischer ua., Tabellenbuch Metall 43.Auflage, Europa-Lehrmittel Haan-Gruiten, 2005
- EuroTabM44: Ulrich Fischer ua., Tabellenbuch Metall 44.Auflage, Europa-Lehrmittel Haan-Gruiten, 2008
- EuroTabM45: Ulrich Fischer ua., Tabellenbuch Metall 45.Auflage, Europa-Lehrmittel Haan-Gruiten, 2011
- EuroTabM46: Roland Gommeringer ua., Tabellenbuch Metall 46.Auflage, Europa-Lehrmittel Haan-Gruiten, 2014
- EuroTabM47: Roland Gommeringer ua., Tabellenbuch Metall 47.Auflage, Europa Lehrmittel Haan-Gruiten, 2017
- Festo 1975: R. Kobler, U. Heinkel, Einführung in die Pneumatik, Festo-Pneumatik Berkheim, ca. 1975
- Friedrich 2003: Barthel et al., Friedrich Tabellenbuch Metall- und Maschinentechnik, Bildungsverlag E1NS Troisdorf, 2003
- Hering 2007: Thilo Bein et al., Grundwissen des Ingenieurs, Fachbuchverlag Leipzig, 2007
- HTFk2M 2008: Reiner Haffer u.a., Fachkenntnisse 2 Industriemechaniker, Handwerk und Technik Hamburg, 2008
- HTFkM 1990: Christof Braun u.a., Fachkenntnisse Metall - Industriemechaniker, Handwerk und Technik Hamburg, 1990
- HuTTabM13: Wilhelm Dax ua., Tabellenbuch für Metalltechnik 13.Auflage, Handwerk und Technik Hamburg, 2009
- KlettMFk: Jens Bohlmann ua., Metalltechnik Fachstufe Industrietechnik, Klett Stuttgart, 1994
- Rapp 1983: Ulrich Rapp, Spaltweitenregelung beim funkenerosiven Senken durch Einsatz von Mikroprozessoren, Hochschule der Bundeswehr Hamburg, 1983
- StamTabM: H.-D. Blech, S. Blech, Tabellenbuch Metallberufe, Stam Verlag Köln, 1996
- Tapken 2011: Herbert Tapken, SPS Theorie und Praxis, Europa Nourney, 2011
- TuM 2: Jürgen Koch ua., Technik und Management Band 2: Technik, Bildungsverlag1 Troisdorf, 2009
- Wellenreuther 2011: Günter Wellenreuther, Dieter Zastrow, Automatisieren mit SPS - Theorie und Praxis, Vieweg+Teubner Wiesbaden, 2011
- Wellenreuther 2012: Günter Wellenreuther, Dieter Zastrow, Automatisieren mit SPS - Übersichten und Übungsaufgaben, Vieweg+Teubner Wie, 2012