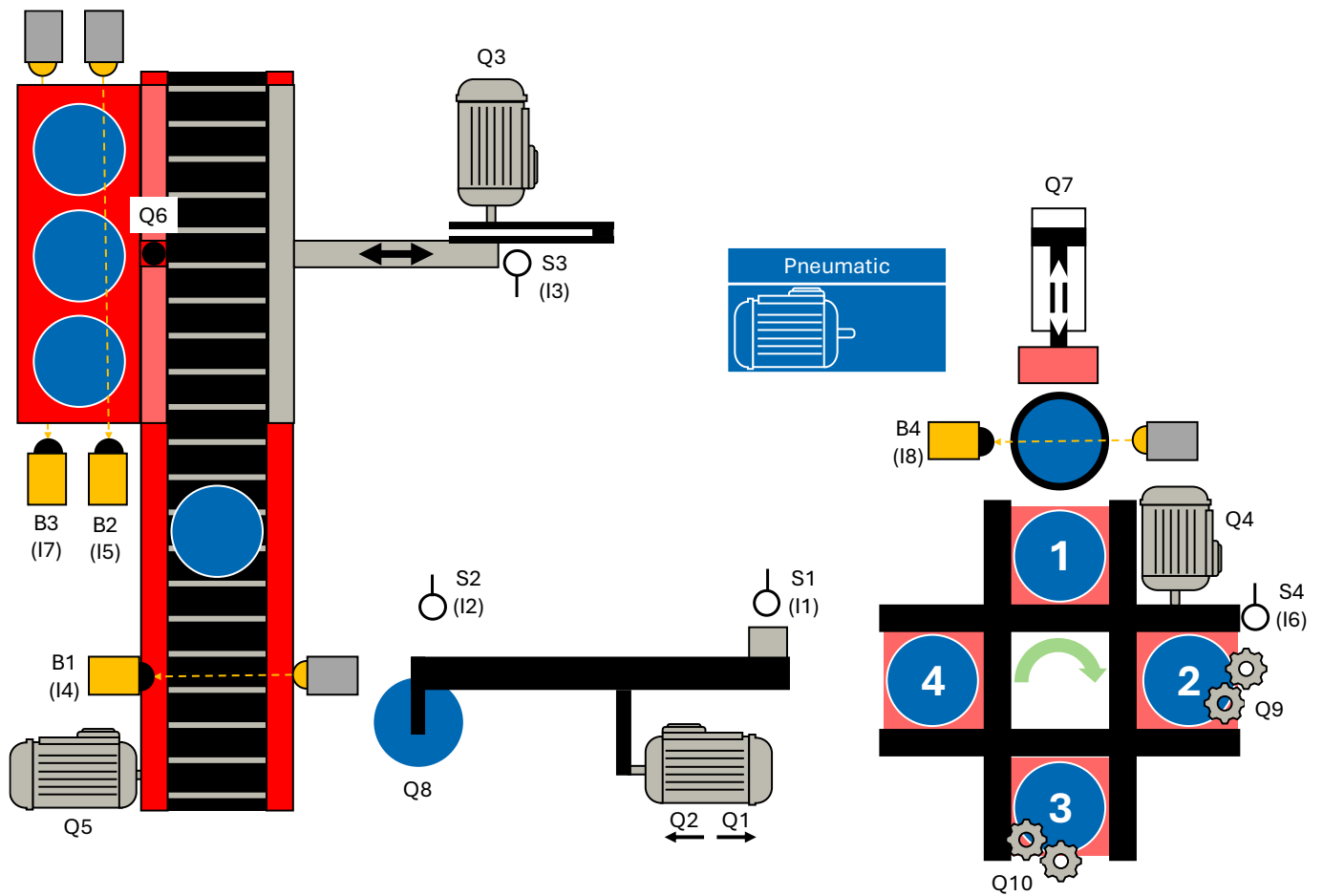


# Fertigungslinie 24V

GRAFCET



## Inhaltsverzeichnis

4	GRAFCET .....	1
4.1	Einführung.....	1
4.2	Regeln zur Erstellung .....	2
4.2.1	Initialschritt.....	2
4.2.2	Transition.....	2
4.2.3	Aktionen.....	5
4.2.4	Alternativverzweigung.....	10
4.2.5	Simultanverzweigung .....	11
4.3	Übung: Ablaufkette mit GRAFCET planen .....	12

## 4 GRAFCET

### 4.1 Einführung

GRAFCET, auch bekannt als "Graphe Fonctionnel de Commande Étape-Transition" oder auf Englisch als "Sequential Function Chart" (SFC), ist ein standardisiertes grafisches Modellierungstool zur Beschreibung und Spezifikation von Steuerungs- und Regelungsaufgaben in der Automatisierungstechnik. Es wurde in der Norm IEC 60848 definiert und ist ein wesentliches Hilfsmittel für die Programmierung und Dokumentation von speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS).

In der modernen Industrieautomatisierung ist es entscheidend, komplexe Steuerungsaufgaben übersichtlich und strukturiert zu planen und umzusetzen. GRAFCET bietet hierfür eine standardisierte Methode, die es Ingenieuren ermöglicht, Steuerungsprozesse in einer leicht verständlichen und überprüfbaren Weise zu modellieren. Man stellt die Funktion einer Anlage mit Schritten und Weberschaltbedingungen (= Transitionen) dar.

Bei der Entwicklung einer Maschine oder Anlage sind viele Personen aus den unterschiedlichsten Fachrichtungen beteiligt. GRAFCET dient hierbei als eine Art Sprache, die von allen verstanden werden kann, unabhängig von ihrem Fachbereich. Das Ziel ist, dass alle Mitarbeiter sehr schnell die Funktion und das Steuerungsverhalten der Anlage verstehen können. Dabei spielt es keine Rolle, welche Art von Steuerung später im Produktionsbereich verwendet wird.

## 4.2 Regeln zur Erstellung

### 4.2.1 Initialschritt

Jede Schrittkette muss an einer bestimmten Stelle beginnen, und hierfür dient der Initialschritt. Dieser ist am Doppelrahmen erkennbar. Nach dem Einschalten befindet sich die Steuerung automatisch im Initialschritt, jedoch noch vor dem START-Befehl. Die Norm bezeichnet diesen Zustand als „Anfangssituation“. Deshalb steht der Initialschritt meistens am Anfang der Schrittkette. Im nachfolgenden Bild ist Schritt 1 als Initialschritt dargestellt, doch der Initialschritt kann ebenso mit einer Null oder einer anderen Zahl versehen werden. Wichtig ist lediglich der Doppelrahmen. Bei der Erstellung eines GRAFCET sollte jedoch jeder Entwickler die Nummerierung des Initialschritts und aller weiteren Schritte nicht willkürlich, sondern passend zur Anlagenlogik vergeben.

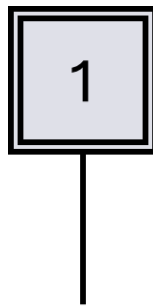


Bild 1 Initialschritt

### 4.2.2 Transition

Um vom aktuellen Schritt in den nächsten zu gelangen, muss eine Bedingung erfüllt sein, die als Übergangsbedingung oder Transitionsbedingung bezeichnet wird. Ist der aktuelle Schritt aktiviert und die Transition zum nächsten Schritt erfüllt, wird der aktuelle Schritt deaktiviert und der nächste Schritt aktiviert. Transitionen werden durch einen Querstrich auf einer von oben nach unten führenden Wirkline (Verbindung zwischen zwei Schritten) dargestellt. Der Name der Transition kann links vom Querstrich stehen, muss aber nicht vergeben werden. Die eigentliche Übergangsbedingung steht rechts vom Querstrich und kann in Textform, als boolescher Ausdruck oder sogar grafisch dargestellt werden. Üblicherweise wird die Übergangsbedingung jedoch als boolescher Ausdruck dargestellt.

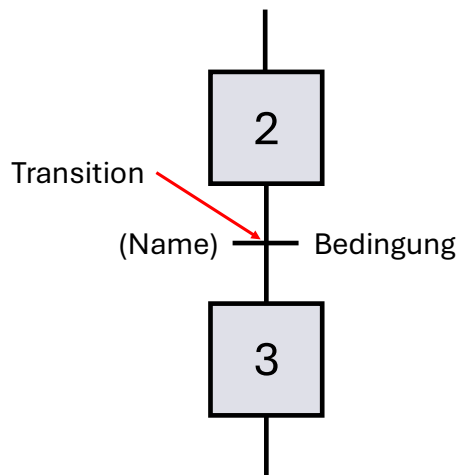


Bild 2 Transition

Zur Darstellung jeder beliebigen booleschen Verknüpfung reichen die logischen Operationen UND, ODER und NICHT vollständig aus. Die UND-Verknüpfung wird in GRAFCET durch " • " dargestellt. Da dieses Zeichen nicht im ASCII-Zeichensatz enthalten ist, kann auch " \* " verwendet werden. Die ODER-Verknüpfung wird durch " + " dargestellt, und die NICHT-Operation wird durch einen Querstrich über der binären Variable dargestellt.

Um einen Zustandswechsel (Flanke) einer Weiterschaltbedingung abzufragen, stellt man einfach einen senkrecht nach oben bzw. nach unten zeigendem Pfeil voran.

Durch Verwendung von Klammern können die Symbole beliebig miteinander kombiniert werden.

Darstellung	Bedeutung
$S1 \bullet S2$	S1 UND S2
$S1 + S2$	S1 ODER S2
$\overline{S1} \bullet \overline{S2}$	nicht S1 und nicht S2
$\uparrow S1$	steigende Flanke von S1
$\downarrow S2$	fallende Flanke von S2
$(S1 \bullet S2) + (S3 \bullet S4)$	S1 UND S2, ODER aber S3 UND S4
$(S1 + S2) \bullet (S3 + S4)$	entweder S1 ODER S2, UND zusätzlich S3 ODER S4
$(\overline{S1} \bullet S2) + (S3 \bullet \overline{S4})$	S1 nicht UND S2, ODER aber S3 UND S4 nicht
$\uparrow(S1 \bullet S2) + \downarrow(S3 \bullet S4)$	steigende Flanke aus der Verknüpfung (S1 UND S2), ODER aber fallende Flanke aus (S3 UND S4)

Tabelle 1 Bitverknüpfungen

## Zeiten in Transitionen

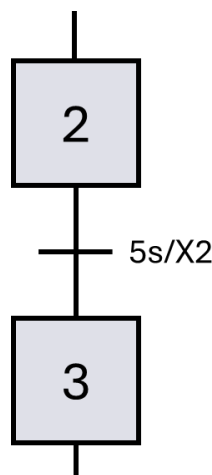


Bild 3 zeitabhängige Transition

Ein Schritt wird durch ein „X“ mit der zugehörigen Nummer dargestellt.

Hier steht also X2 für Schritt 2. Das X ist durch die Norm vorgeschrieben, die Zahl ist frei wählbar, soll jedoch immer sinnvoll vergeben werden.

Bedeutung der Transition: 5s nach Beginn von Schritt 2 wird in Schritt 3 geschaltet.

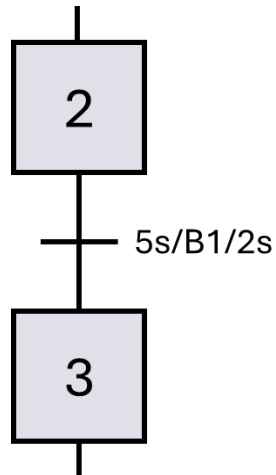


Bild 4 Transition mit 2 Zeitangaben

Zeitangaben Links der Transitionsbedingung fungieren als Einschaltverzögerung, Zeitangaben Rechts der Bedingung als Ausschaltverzögerung.  
Somit ergibt sich hier folgende Bedeutung der Transition: Damit die Weiterschaltbedingung erfüllt ist, muss B1 mindestens 5 Sekunden 1-Signal liefern (Einschaltverzögerung), ist B1 nicht mehr betätigt, bleibt die Transition für weitere 2 Sekunden erfüllt (Ausschaltverzögerung).

### 4.2.3 Aktionen

Wenn ein Schritt aktiv ist, wird die ihm zugewiesene Aktion ausgeführt (sofern keine zusätzlichen Bedingungen zu beachten sind). Einem Schritt können jedoch auch mehrere Aktionen zugewiesen sein, die alle gleichzeitig ausgeführt werden. Welche der beschriebenen Varianten verwendet wird, ist im Grunde genommen egal.

Manchmal hängt die Wahl der GRAFCET-Variante jedoch einfach vom verfügbaren Platz ab.

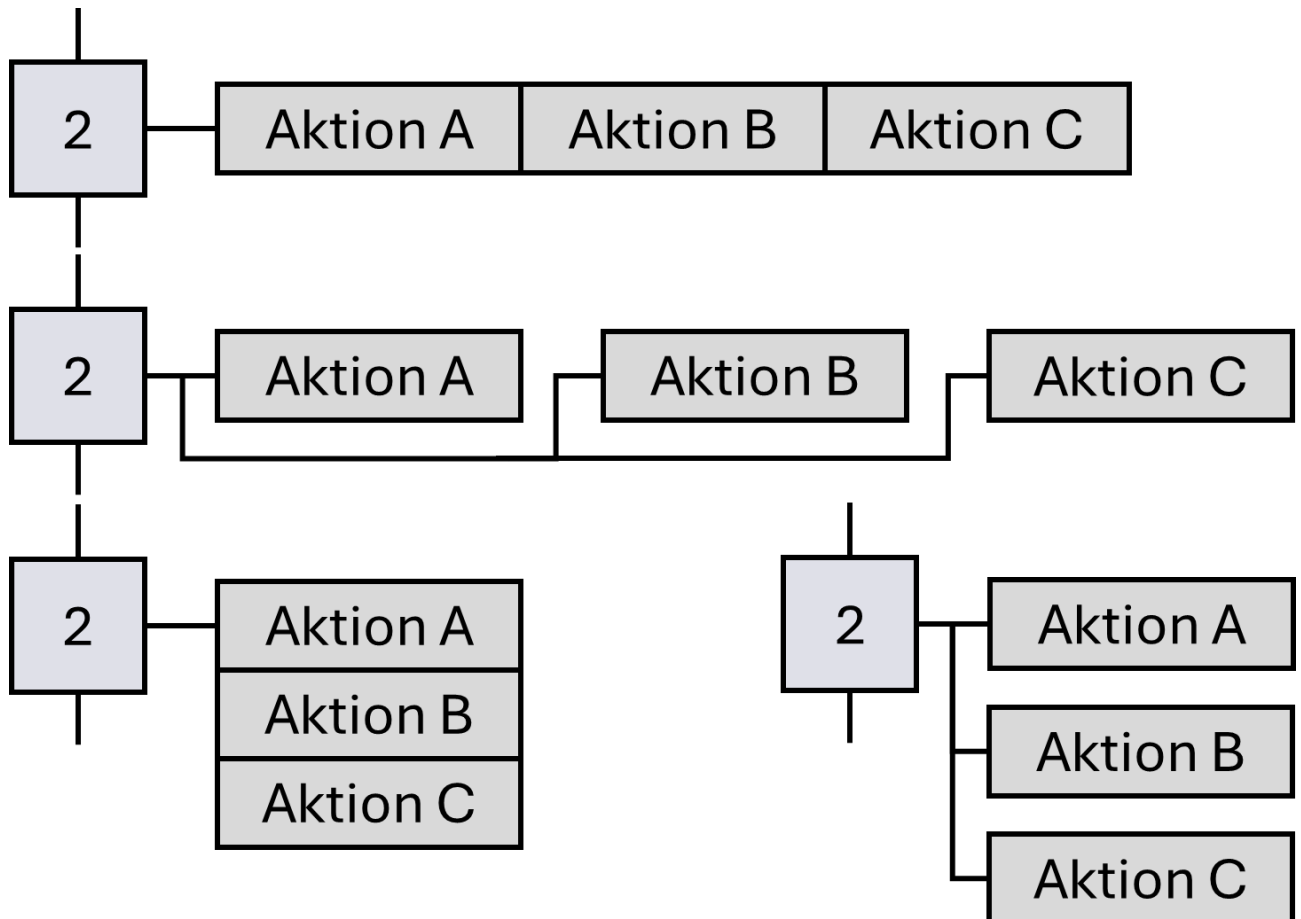


Bild 5 Darstellungsmöglichkeiten von Aktionen



Die Aktionen A - C finden alle gleichzeitig statt, es existiert somit keine zeitliche Rangfolge!

### Kontinuierlich wirkende Aktion

Die „kontinuierlich wirkende Aktion“ ist von der „kontinuierlich wirkenden Aktion mit Zuweisung“ zu unterscheiden. Bei der kontinuierlich wirkenden Aktion erhält die im Aktionskästchen beschriebene Variable den Wert 1, solange der zugehörige Schritt selbst aktiv ist, ein inaktiver Schritt weist einer Variablen einer kontinuierlich wirkenden Aktion den Wert null zu.

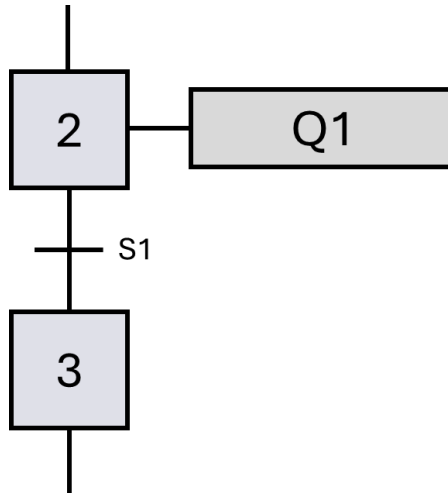


Bild 6 Kontinuierlich wirkende Aktion

Solange Schritt 2 aktiv ist, bleibt die Schützspule im angezogenen Zustand. Im Schritt 3 wird der Schützspule der Wert 0 zugewiesen, denn Schritt 2 ist inaktiv.



Wird eine Variable von einer kontinuierlich wirkenden Aktion beschrieben, so darf diese an anderer Stelle nicht mehr speichernd wirkend beschrieben werden!

### Kontinuierlich wirkende Aktionen mit Bedingung

Kontinuierlich wirkende Aktionen werden immer dann ausgeführt, wenn der zugehörige Schritt aktiv ist. Es kann zusätzlich noch eine weitere Bedingung angegeben werden.

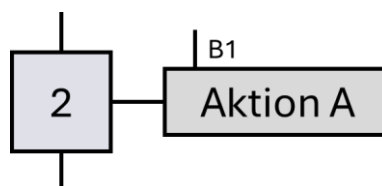


Bild 7 Kontinuierlich wirkende Aktion mit Bedingung

Die Variable in der Aktion erhält genau dann den Wert 1, wenn der entsprechende Schritt aktiv ist und die Zuweisungsbedingung erfüllt ist. In allen anderen Fällen erhält die Variable den Wert 0.

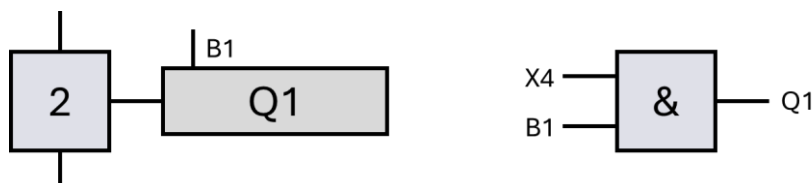


Bild 8 Vergleich von GRAFCET und FUP



## Speichernd wirkende Aktion

Im Gegensatz zu einer kontinuierlichen Aktion, die nur so lange aktiv ist, wie der zugehörige Schritt aktiv ist, behält eine speichernde Aktion ihren Wert bei, bis dieser (meist in einem anderen Schritt) überschrieben oder zurückgesetzt wird.

" $\text{:}=\text{"}$  gibt an, dass es sich um eine speichernd wirkende Aktion handelt.

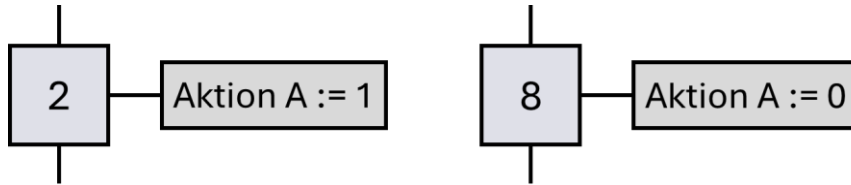


Bild 9 Speichernd wirkende Aktion

## Aktion bei Aktivierung/Deaktivierung eines Schrittes

Wird die Zuweisung des Wertes bei Aktivierung des Schrittes, also bei Vorliegen einer steigenden Signalfanke der Schrittvariablen, ausgeführt, so wird die Aktion durch einen Pfeil nach oben gekennzeichnet.

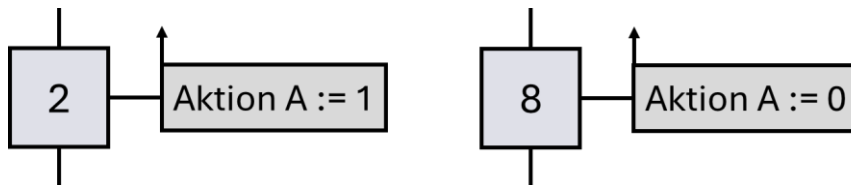


Bild 10 Speichernd wirkende Aktion bei Aktivierung des Schrittes

Sobald Schritt 2 aktiv wird, wird "Aktion A" der Wert 1 speichernd zugewiesen. "Aktion A" behält diesen Wert bei, auch wenn Schritt 2 nicht mehr aktiv ist. Wird Schritt 8 aktiv, wird der "Aktion A" der Wert 0 zugewiesen. Die Variable behält diesen Wert bei, bis der Wert durch eine andere Aktion überschrieben wird.

Wird die Zuweisung des Wertes bei Deaktivierung des Schrittes, also bei Vorliegen einer fallenden Signalfanke der Schrittvariablen, ausgeführt, so wird die Aktion durch einen Pfeil nach unten gekennzeichnet.

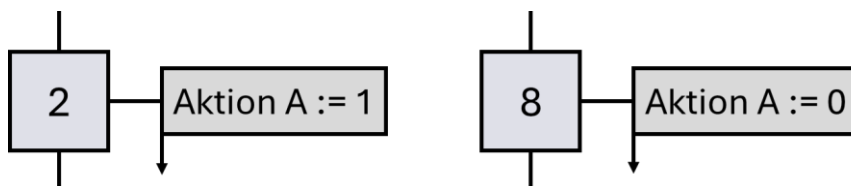


Bild 11 Speichernd wirkende Aktion bei Deaktivierung des Schrittes

Sobald Schritt 2 deaktiviert wird, wird "Aktion A" der Wert 1 speichernd zugewiesen. "Aktion A" behält diesen Wert bei. Wird Schritt 8 verlassen, wird der "Aktion A" der Wert 0 zugewiesen. Die Variable behält diesen Wert bei, bis der Wert durch eine andere Aktion überschrieben wird.

## Speichernd wirkende Aktion bei einem Ereignis

Ein zur Seite zeigendes Fähnchen weist darauf hin, dass die Aktion speichernd ausgeführt wird, sobald ein bestimmtes Ereignis eintritt.

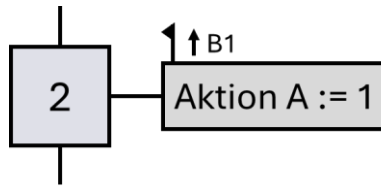


Bild 12 Speichernd wirkende Aktion bei einem Ereignis

Die in der Aktion beschriebene Variable "Aktion A" erhält den angegebenen Wert nur, wenn das Ereignis (B1) eine steigende Flanke hat und der Schritt aktiv ist.

## Aktionen und Zeiten

Kontinuierlich wirkende Aktion mit zeitabhängiger Zuweisungsbedingung

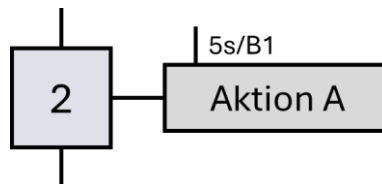


Bild 13 Aktion mit zeitabhängiger Bedingung (Einschaltverzögerung)

Die links neben der Bedingung angegebene Zeit (5 Sekunden) wird gestartet, sobald die Bedingung eine steigende Flanke liefert. (Ein Pfeil ist hier nicht erforderlich).

Die Aktion wird erst nach Ablauf der Zeit ausgeführt.

Dieses Verhalten entspricht somit einer Einschaltverzögerung.

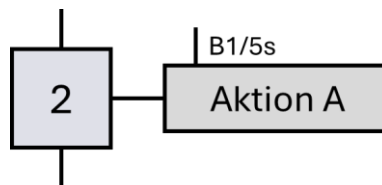


Bild 14 Aktion mit zeitabhängiger Bedingung (Ausschaltverzögerung)

Die rechts neben der Bedingung angegebene Zeit (5 Sekunden) wird gestartet, sobald die Bedingung eine fallende Flanke liefert. (Ein Pfeil ist hier nicht erforderlich).

Die Aktion wird somit um 5 Sekunden verlängert.

Dieses Verhalten entspricht einer Ausschaltverzögerung.

Ein- und Ausschaltverzögerung können auch kombiniert werden:

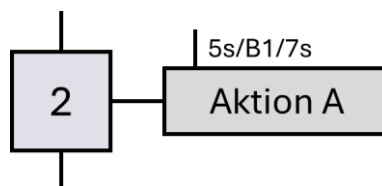


Bild 15 Aktion mit kombinierter zeitabhängiger Bedingung

B1 muss für mindestens 5 Sekunden 1-Signal liefern. Dann wird Aktion A ausgeführt. Fällt B1 anschließend ab, bleibt die Aktion für weitere 7 Sekunden aktiv.

Zeitbegrenzte Aktion werden durch einen Negationsstrich über der Bedingung dargestellt.

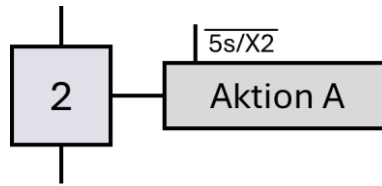


Bild 16 Zeitbegrenzte Aktion

Nach Aktivierung von Schritt 2 wird "Aktion A" für 5 Sekunden der Wert 1 zugewiesen.

#### 4.2.4 Alternativverzweigung

Bei einer Ablaufauswahl (auch Alternativverzweigung genannt) stehen verschiedene alternative Zweige zum Weiterschalten zur Verfügung. Dabei ist es wichtig, dass die verschiedenen Transitionsbedingungen so formuliert sind, dass niemals zwei (oder mehr) alternative Zweige gleichzeitig gestartet werden können. Die verschiedenen Zweige schließen sich gegenseitig aus. Wenn ein Schritt einer Ablaufverzweigung aktiv ist, darf kein weiterer Schritt eines anderen Zweiges aktiv sein.

Am Ende der Zweige der Ablaufauswahl erfolgt eine Ablaufzusammenführung, nach der wieder ein gemeinsamer Schritt folgt, egal welcher Ablaufzweig ausgeführt wurde.

Eine Alternativverzweigung beginnt und endet immer mit einer Transition.

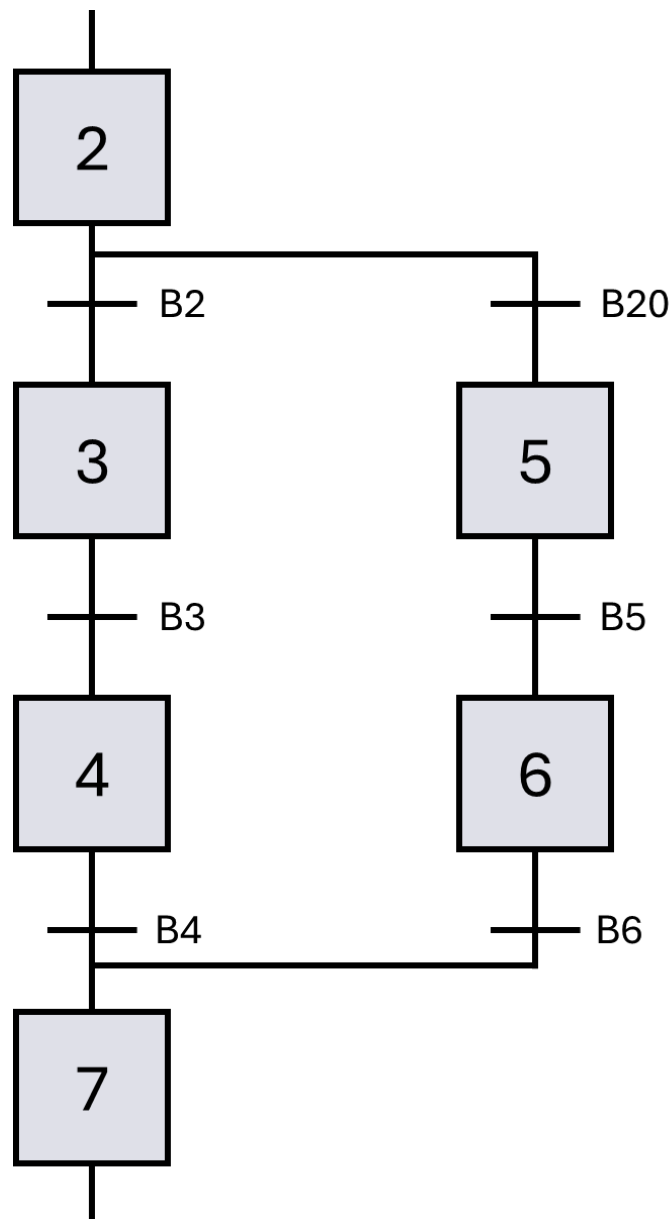


Bild 17 Alternativverzweigung

#### 4.2.5 Simultanverzweigung

Bei der Synchronisierung laufen mehrere parallele Zweige gleichzeitig ab. Dazu muss natürlich erst einmal ein Zweig in mehrere parallele Zweige aufgeteilt werden. Die ersten Schritte aller parallelen Zweige starten gleichzeitig, es gibt also nur eine Transitionsbedingung vor der Ablaufspaltung, hinter der alle parallelen Schritte gleichzeitig gestartet werden. Die parallelen Ketten laufen allerdings unabhängig voneinander ab.

Am Ende der parallelen Ablaufketten müssen diese wieder zusammengeführt werden. Damit der Übergang zu dem gemeinsamen Schritt hinter der Zusammenführung erfolgen kann, müssen die letzten Schritte der parallelen Ablaufketten aktiv sein, und die gemeinsame Transitionsbedingung muss erfüllt sein.

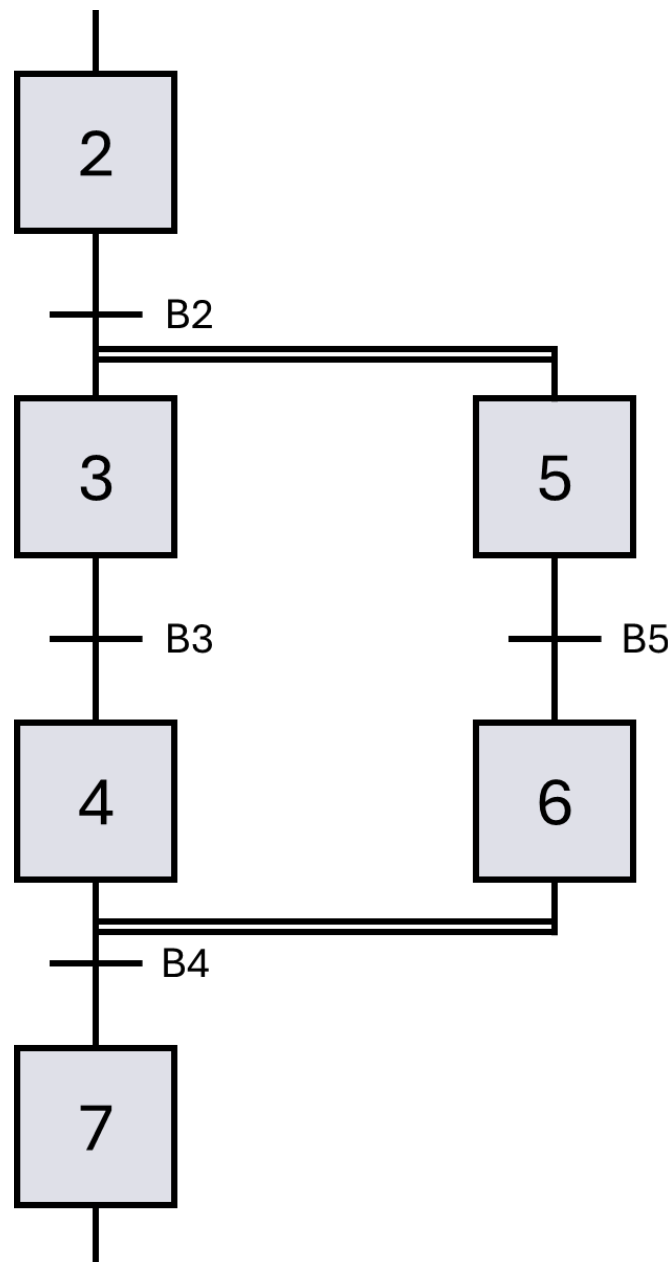


Bild 18 Simultanverzweigung



### 4.3 Übung: Ablaufkette mit GRAFCET planen

Ziel:

Ich kann anhand einer Funktionsbeschreibung eine GRAFCET Ablaufkette erstellen.

Aufgabe:

Erstellen Sie für den Rührbehälter eine Ablaufkette in GRAFCET, sodass die unten dargestellte Funktion umgesetzt wird.

Funktion:

In einem Rührbehälter werden zwei Flüssigkeiten gemischt und erhitzt. Über die Ventile Q1 und Q2 können die Flüssigkeiten in den Tank eingeleitet und mittels Ventil Q3 abgelassen werden.

Die Füllstände werden über die Niveausensoren B1 bis B3 erfasst. B1 liefert im nicht betätigten Zustand 1-Signal. B2 und B3 liefern im betätigten Zustand 1-Signal.

Der Motor M1 treibt das Rührwerk an.

Mit der Heizung E1 kann die Flüssigkeit erwärmt werden.

Zum Bedienen und Beobachten stehen der Starttaster, sowie die Meldeleuchten P1 bis P3 zur Verfügung.

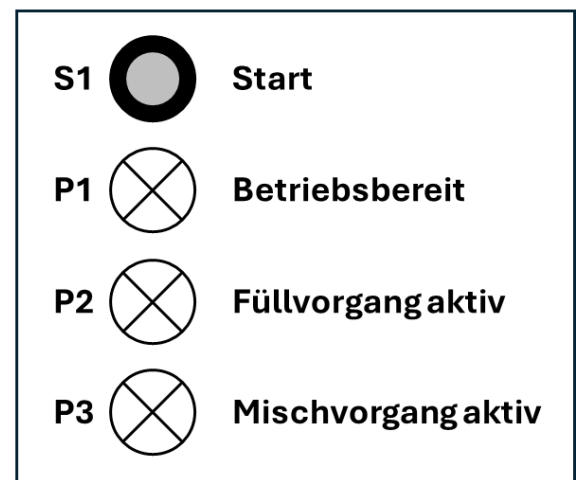
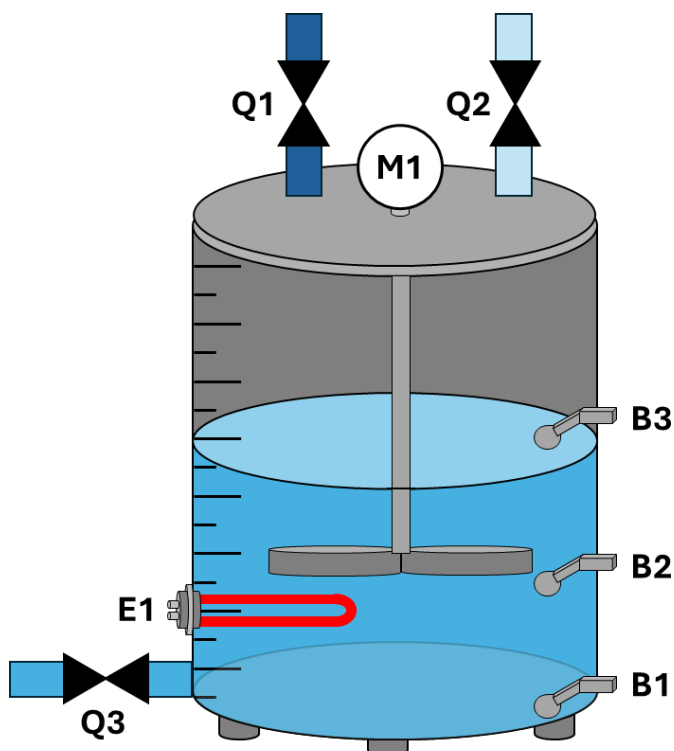


Bild 19 Rührbehälter

### 1. Initialschritt

Der Prozess kann bei betriebsbereiter Anlage mit der Starttaster (S1) gestartet werden.

Die Anlage gilt als betriebsbereit, wenn der Rührbehälter leer ist (B1 liefert 1-Signal).

Die Betriebsbereitschaft wird durch die Meldeleuchte P1 angezeigt.

### 2. Flüssigkeit 1 einfüllen

Nach Betätigen von S1 wird das Ventil Q1 geöffnet, um Flüssigkeit 1 in den Behälter einzuleiten. Mit Erreichen des notwendigen Füllstandes (B2 liefert 1-Signal) wird das Ventil wieder geschlossen.

Mit dem Öffnen des Ventils wird die Meldeleuchte P2 eingeschaltet.

### 3. Flüssigkeit 2 einfüllen

Nachdem der Füllstand das geforderte Niveau erreicht hat, wird durch Öffnen von Ventil Q2 die zweite Flüssigkeit eingeleitet. Mit Erreichen des Niveaus von B3 wird das Ventil wieder geschlossen.

Mit dem Schließen des Ventils (Verlassen des Schrittes) wird die Meldeleuchte P2 ausgeschaltet.

### 4. Erwärmen und Rühren

Um ein homogenes Gemisch zu erhalten, müssen die beiden Flüssigkeiten für 25 Sekunden unter Wärmezufuhr miteinander vermischt werden. Der Mischermotor wird mittels M1 und die Heizung mittels E1 angesteuert.

Der Mischprozess wird durch P3 angezeigt.

### 5. Behälter leeren

Im Anschluss wird das Gemisch aus dem Behälter abgelassen. Hierfür wird das Ablassventil (Q3) so lange geöffnet, bis der Behälter vollständig geleert ist (B1 liefert 1-Signal).

Mit dem Schließen von Q3 kann der Prozess von neuem gestartet werden.



Lösung



Lösung:

