

DIN EN 60848

ICS 29.020

Einsprüche bis 2011-08-06
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 60848:2002-12

Entwurf**GRAFCET, Spezifikationssprache für Funktionspläne der
Ablaufsteuerung (IEC 3/1034/CD:2011)**

GRAFCET specification language for sequential function charts (IEC 3/1034/CD:2011)

Langage de spécification GRAFCET pour diagrammes fonctionnels en séquence
(CEI 3/1034/CD:2011)**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2011-05-30 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses
Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise als Datei per E-Mail an dke@din.de in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann
im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter
www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im
DIN und VDE (Hausanschrift: Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 104 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	3
Einleitung	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Allgemeine Grundsätze	8
5 Grafische Darstellung der Sprachelemente	18
6 Grafische Darstellung von Ablaufstrukturen	29
7 Strukturierung	35
Literaturhinweise	53
Anhänge	
Anhang A (informativ) Beispiel einer Pressensteuerung	42
Anhang B (informativ) Beispiel: Automatisches Wiegen-Mischen	44
Anhang C (informativ) Zusammenhang zwischen GRAFCET nach IEC 60848 und SFC nach IEC 61131-3	51

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 3/1034/CD:2011 „GRAFCET specification language for sequential function charts“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 3 „Information structures, documentation and graphical symbols“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für diesen Norm-Entwurf ist das nationale Arbeitsgremium K 113 „Produktdatenmodelle, Informationsstrukturen, Dokumentation und graphische Symbole“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 60848:2002-12 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die Terminologie wurde an den aktuellen Stand der Normung angepasst.
- b) Zur hierarchischen und strukturierten Beschreibung wurden neue Konzepte aufgenommen.
- c) Zur grundlegenden Definition einer realen Entwurfssprache wurden formale Aspekte und Verhaltensregeln ergänzt.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Eine Information über den Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ist in Tabelle NA.1 wiedergegeben.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 60050-351:1998	*)	–
EN 60617-12:1998	IEC 60617-12:1997	DIN EN 60617-12:1999-04	–
EN 61131-3:2003	IEC 61131-3:2003	DIN EN 61131-3:2003-12	–
–	ISO 5807:1985	–	–
*) „Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch – Deutsche Ausgabe“, Online-Zugang: http://www.dke.de/dke-iev .			

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 60617-12:1999-04, *Graphische Symbole für Schaltpläne – Teil 12: Binäre Elemente* (IEC 60617-12:1997); Deutsche Fassung EN 60617-12:1998

DIN EN 61131-3:2003-12, *Speicherprogrammierbare Steuerungen – Teil 3: Programmiersprachen* (IEC 61131-3:2003); Deutsche Fassung EN 61131-3:2003

GRAFCET, Spezifikationssprache für Funktionspläne der Ablaufsteuerung

Einleitung

Ausgabe 3 ist noch zu beschreiben.

Bisheriger Text:

Die Norm dient hauptsächlich denjenigen (Entwicklungsingenieure, ausführende Ingenieure, Wartungsingenieure usw.), die das Verhalten eines Systems festlegen müssen (Steuerungsbefehle von Automatisierungssystemen, Sicherheitseinrichtungen usw.). Die Entwurfssprache sollte auch als Verständigungsmittel zwischen Entwicklern und Anwendern von automatisierten Systemen dienen.

1 Anwendungsbereich

Diese internationale Norm definiert eine grafische Entwurfssprache für die funktionale Beschreibung des Verhaltens des Ablaufteils eines Steuerungssystems. Diese Entwurfssprache wird GRAFCET¹⁾ genannt.

Diese Norm enthält sowohl die erforderlichen Symbole und Regeln für die grafische Darstellung dieser Sprache als auch deren Interpretation.

Diese Norm wurde für automatisierte Produktionssysteme der industriellen Anwendung erstellt. Es ist jedoch kein besonderes Anwendungsgebiet ausgeschlossen.

Die Implementierung einer mit GRAFCET beschriebenen Spezifikation gehört nicht zum Anwendungsbereich dieser Norm. Hierfür mögen verschiedene Wege existieren: z. B. die „Sprache SFC“, festgelegt in IEC 61131-3, in der eine Reihe von Programmiersprachen für programmierbare Steuerungen beschrieben sind.

ANMERKUNG Zu weiteren Angaben hinsichtlich der Beziehung zwischen IEC 60848 und Implementierungssprachen wie SFC nach IEC 61131-3 siehe Anhang C.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in diesem Text Bestandteil dieser Internationalen Norm sind. Bei datierten Verweisungen gelten spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nicht. Anwender dieser Internationalen Norm werden jedoch gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, die jeweils neuesten Ausgaben der nachfolgend angegebenen normativen Dokumente anzuwenden. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen normativen Dokuments. Mitglieder von ISO und IEC führen Verzeichnisse der gültigen Internationalen Normen.

IEC 60050-351:1998, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 351: Automatic Control*.

IEC 60617-12:1997, *Graphical symbols for diagrams – Part 12: Binary logic elements*.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Internationalen Norm gelten die folgenden Begriffe. Die Begriffsdefinitionen, denen ein Asteriskus (*) vorangestellt ist, gelten nur im Kontext der Entwurfssprache GRAFCET. Die Zusammenstellung erfolgt in alphabetischer Reihenfolge der englischen Benennungen.

3.1

***Aktion** (en: action)

Sprachelement (von GRAFCET), zugeordnet einem Schritt, zeigt eine Aktivität, die mit Ausgangsvariablen oder internen Variablen ausgeführt werden soll

3.2

Plan, Diagramm (en: chart, graph)

Grafische Darstellung, die das Verhalten eines Systems beschreibt, zum Beispiel die Beziehungen zwischen zwei oder mehreren veränderlichen Größen, Operationen oder Zuständen

3.3

***Wirkungslinie** (en: directed link)

Sprachelement (von GRAFCET), zeigt die Ablaufwege zwischen Schritten, indem sie Schritte mit Transitionen und Transitionen mit Schritten verbindet

¹⁾ GRAFCET; GRAPhe Fonctionnel de Commande Etape Transition.

3.4

***GRAFCET-Plan** (en: GRAFCET chart)

Mit GRAFCET dargestellter Funktionsplan

ANMERKUNG Der „GRAFCET-Plan“ kann in Kurzform auch „GRAFCET“ genannt werden.

3.5

***Eingangsereignis** (en: input event)

Ereignis, charakterisiert durch den Wechsel von mindestens einem Wert aller Eingangsvariablen vom Ablaufteil eines Systems

3.6

***Internes Ereignis** (en: internal event)

Ereignis, charakterisiert durch ein Eingangsereignis in einer gegebenen Situation des Ablaufteils eines Systems

3.7

***Wirkungsteil** (en: interpretation)

Teil von GRAFCET, welches die Verbindung ermöglicht von:

- den Eingangsvariablen und der Ablaufstruktur durch Transitionsbedingungen;
- den Ausgangsvariablen und der Ablaufstruktur durch Aktionen

3.8

***Situation** (en: situation)

Zustand eines mit GRAFCET beschriebenen Systems, welcher durch aktive Schritte zu einem bestimmten Zeitpunkt charakterisiert ist

3.9

***Schritt** (en: step)

Sprachelement (von GRAFCET), verwendet zur Festlegung des Ablaufzustandes eines Systems

ANMERKUNG 1 Ein Schritt kann aktiv oder inaktiv sein.

ANMERKUNG 2 Die Menge der aktiven Schritte stellt die Situation des Systems dar.

3.10

***Struktur** (en: structure)

Teil eines GRAFCETs, der die Beschreibung des möglichen Ablaufs zwischen Situationen zulässt

3.11

System (en: system)

Menge miteinander in Beziehung stehender Elemente, die in einem bestimmten Zusammenhang als Ganzes gesehen und als von Ihrer Umgebung abgegrenzt betrachtet werden.

[DIN IEC 60050-351-21-20]

ANMERKUNG 1 Solche Elemente können sowohl materielle Objekte und Konzeptionen als auch deren Ergebnisse sein (z. B. Organisationsformen, mathematische Methoden, Programmiersprachen).

ANMERKUNG 2 Das System wird als von seiner Umgebung und anderen externen Systemen durch eine gedachte Oberfläche getrennt angenommen, welche die Verbindungen zwischen ihnen und dem System unterbricht.

ANMERKUNG 3 Die Sprache GRAFCET kann zur Beschreibung des logischen Verhaltens von Systemen beliebiger Art angewendet werden.

3.12

***Transienter Ablauf** (en: transient evolution)

Ablauf, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere aufeinander folgende Transitionen durch das Auftreten eines einzigen Eingangsereignisses ausgelöst werden

3.13***Transition** (en: transition)

Sprachelement (von GRAFCET), zeigt den möglichen Übergang zwischen zwei oder mehreren Schritten

ANMERKUNG Der mögliche Übergang erfolgt beim Auslösen der Transition.

3.14***Transitionsbedingung** (en: transition condition)

Sprachelement (von GRAFCET), zugeordnet einer Transition, liefert das Ergebnis eines booleschen Ausdrucks

ANMERKUNG Die Transitionsbedingung kann entweder TRUE oder FALSE sein.

3.15***Variable** (en: variable)

Skalare Größe, welche durch einen Namen und einen booleschen oder numerischen Wert definiert ist

3.16***Eingangsvariable** (en: input variable)

Boolesche Umgebungsvariable, welche das Verhalten eines GRAFCETs beeinflussen kann

BEISPIEL Anzeige der Verletzung eines Temperaturgrenzwerts.

3.17***Ausgangsvariable** (en: output variable)

Boolesche Umgebungsvariable, welche ein GRAFCET beeinflussen kann

BEISPIEL Variable zum Einschalten eines Motors.

3.18***Interne Variable** (en: internal variable)

Boolesche oder numerische Variable, welche ein GRAFCET beeinflussen kann

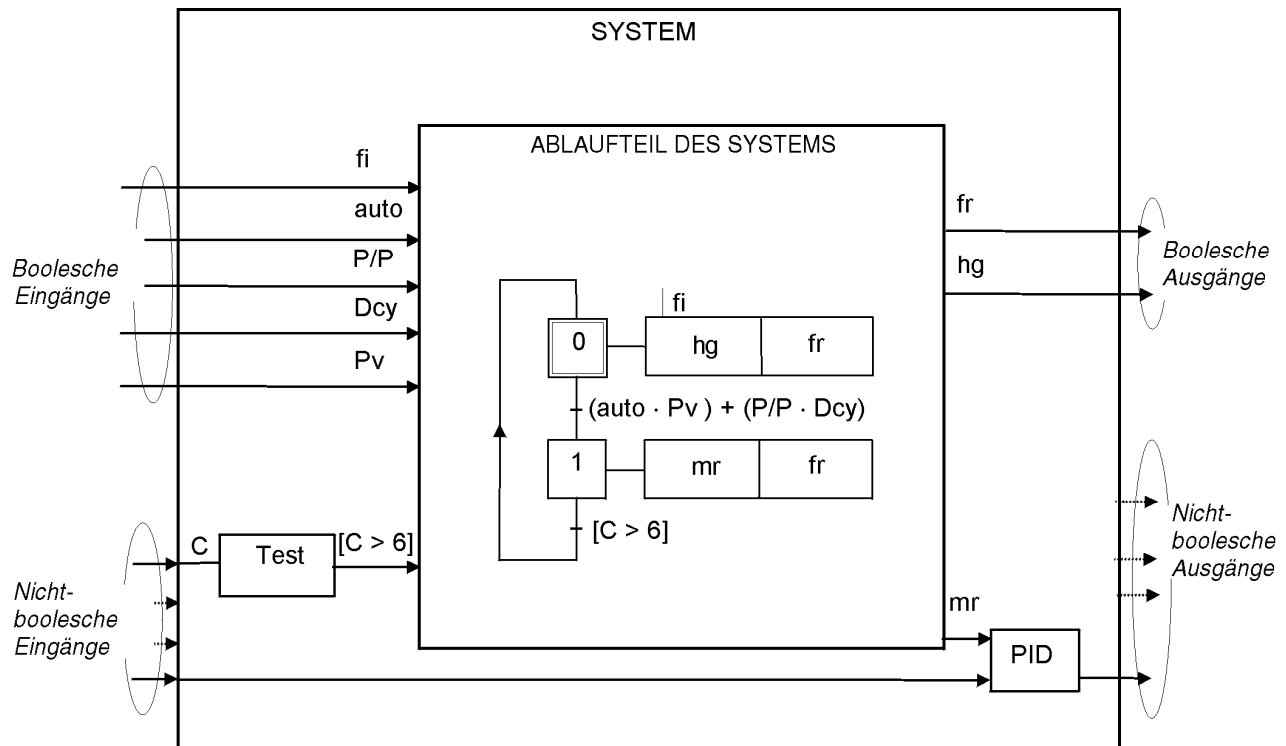
BEISPIEL Sollwert eines PID-Reglers.

4 Allgemeine Grundsätze

4.1 Zusammenhang

Die Implementierung eines Automatisierungssystems erfordert eine im Einzelnen auf Ursache und Wirkung bezogene Beschreibung. Hierzu wird der logische Aspekt des gewünschten Verhaltens des Systems beschrieben.

Der Ablaufteil eines Systems, der mit booleschen Eingangs- und Ausgangsvariablen verknüpft ist, entspricht dem logischen Aspekt des physikalischen Systems. Das Verhalten zeigt, auf welche Weise die Ausgangsvariablen von den Eingangsvariablen abhängen (siehe Anmerkung zu Bild 1). Das Ziel von GRAFCET besteht darin, das Verhalten des Ablaufteils eines Systems eindeutig festzulegen.



ANMERKUNG Der Ablaufteil des Systems wird charakterisiert durch seine Eingangsvariablen, seine Ausgangsvariablen und sein Verhalten. Dieser Ablaufteil enthält nur boolesche Eingangs- und Ausgangsvariablen. Die Entwurfssprache GRAFCET erlaubt jedoch, das Verhalten nicht-boolescher oder interner Variablen zu beschreiben. Beispiel: Auswertung einer Verknüpfung oder Zuweisung eines numerischen Werts zu einer Variablen.

Bild 1 – Grafische Darstellung des Ablaufteils eines Systems

4.2 GRAFCET, eine Entwurfssprache für das Verhalten

Mit der Entwurfssprache GRAFCET ist es möglich, einen GRAFCET zu erstellen, der das erwartete Verhalten eines gegebenen Ablaufsystems zeigt. Diese Sprache ist im Wesentlichen durch ihre grafischen Elemente gekennzeichnet, welche zusammen mit alphanumerischen Ausdrücken von Variablen eine auf der indirekten Beschreibung des Zustands eines Systems beruhende ganzheitliche Darstellung des Verhaltens liefern.

Die Verhaltensbeschreibung mittels Zuständen meint Folgendes: Zustände, „als Einzelne wohldefiniert“, entsprechen den GRAFCET-Situationen, was bedeutet, dass zu einem gegebenen Zeitpunkt nur *eine* Situation aktiv sein kann. Die Zustände sind miteinander über Pfade mit Ablaufbedingungen verbunden, die die Beschreibung des Übergangs von einer Situation zu einer anderen erlauben.

Zur Vereinfachung wird die auf *Zuständen* basierende Verhaltensbeschreibung ersetzt durch eine GRAFCET-Plan genannte Beschreibung, die auf *Schritten* beruht. In einem GRAFCET-Plan können mehrere Schritte gleichzeitig aktiv sein, die aktive Situation ist dementsprechend gekennzeichnet durch die Gruppe von Schritten, die im betrachteten Augenblick aktiv ist. Die Ablaufbedingungen einer Gruppe von Schritten zu einer anderen werden übersetzt in eine oder mehrere Transitionen, von denen jede gekennzeichnet ist durch

- die ihr vorhergehenden Schritte,
- die ihr folgenden Schritte,
- die ihr zugeordneten Transitionsbedingungen.

ANMERKUNG Dieses begründet die Bildungsregel, welche das Aufeinanderfolgen von Schritt – Transition erzwingen.

4.3 GRAFCET, Kurzdarstellung

GRAFCET wird für die Erstellung von GRAFCET-Plänen zur grafischen und ganzheitlichen Darstellung des Verhaltens eines Ablaufsystems angewendet. Die Darstellung (Bild 2) unterscheidet:

- die *Struktur*, mit welcher mögliche Abläufe zwischen den Situationen beschrieben werden können,
- den *Wirkungsteil*, welcher die Beziehungen zwischen den Eingangs- und Ausgangsvariablen und der Struktur offen legt. (Ablauf-, Zuweisungs- und Zuordnungsregeln sind erforderlich, um diesen Wirkungsteil zu erhalten.)

4.3.1 Die Struktur enthält die folgenden Bestandteile:

- *Schritt* (Definition: 3.9, Symbol 1). Ein Schritt ist entweder aktiv oder inaktiv, die Menge der aktiven Schritte eines GRAFCET-Plans in einem bestimmten Moment repräsentiert die *Situation* dieses GRAFCET zu diesem Zeitpunkt.
- *Transition* (Definition: 3.13, Symbol 7). Eine Transition zeigt an, dass sich ein Übergang von Aktivitäten zwischen mehreren Schritten ereignen kann. Dieser Übergang tritt beim Auslösen der Transition ein.
- *Wirkungslinie* (Definition: 3.3, Symbol 10). Eine Wirkungslinie verbindet einen oder mehrere Schritt(e) mit einer Transition oder eine Transition mit einem oder mehreren Schritt(en).

4.3.2 Folgende Elemente werden im Wirkungsteil angewendet:

- *Transitionsbedingung* (Definition: 3.14, Symbol 13). Jeder Transition ist eine Transitionsbedingung zugeordnet. Dies ist ein boolescher Ausdruck, welcher entweder TRUE oder FALSE ist und welcher aus *Eingangsvariablen* und/oder internen Variablen gebildet wird.
- *Aktion* (Definition: 3.1). Eine Aktion wird in einem Rechteck dargestellt und zeigt an, was mit einer *Ausgangsvariablen* oder *internen Variablen* geschehen soll, entweder per *Zuweisung* (kontinuierlich wirkende Aktion, Symbol 20) oder per *Zuordnung* (gespeichert wirkende Aktion, Symbol 26).

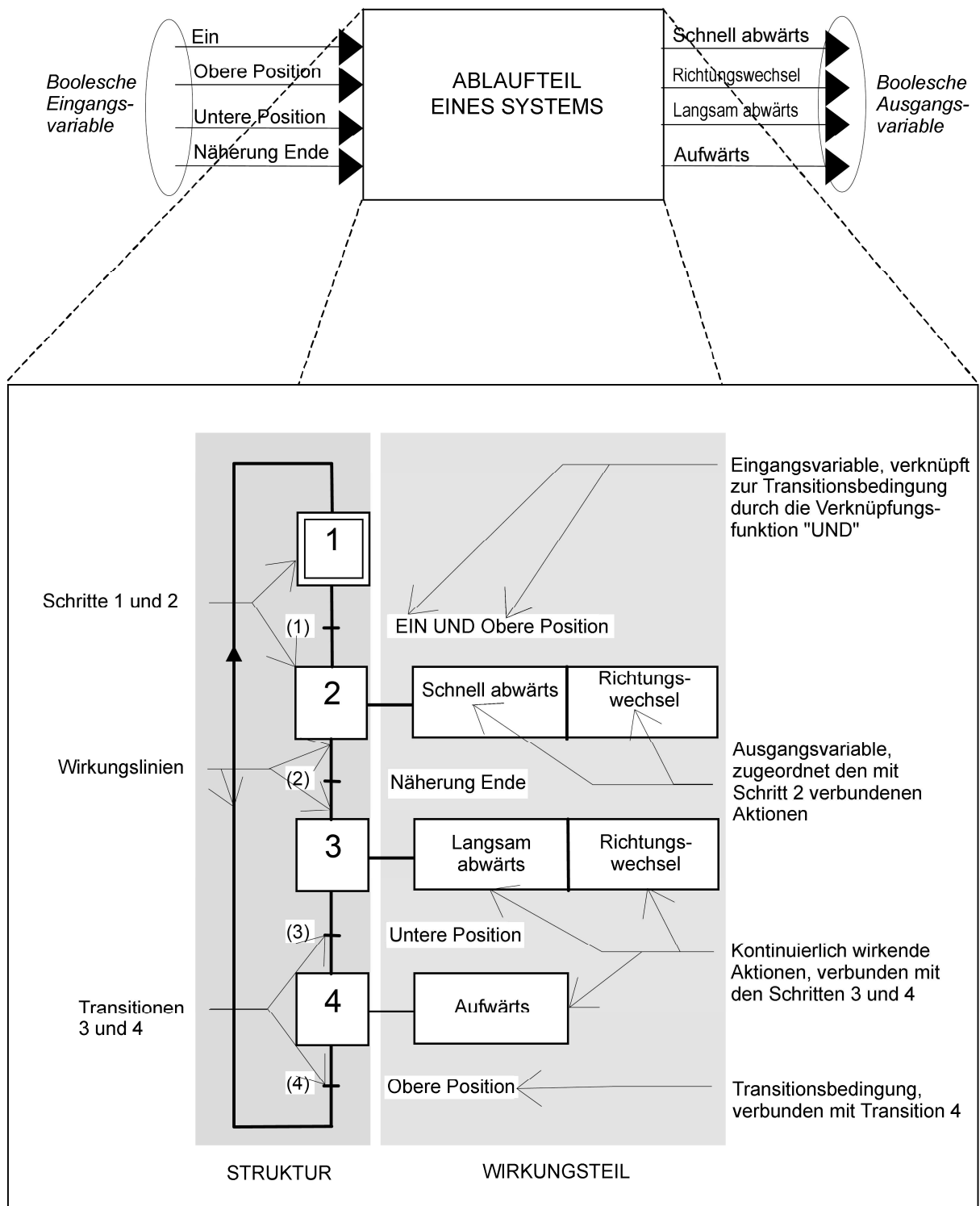


Bild 2 – Elemente von Struktur und Wirkungsteil, angewendet in einem GRAFCET-Plan zur Beschreibung des Verhaltens des Ablaufteils eines Systems, der durch seine Eingangs- und Ausgangsvariablen festgelegt ist

4.4 Bildungsregel

Die Aufeinanderfolge von Schritt zu Transition und Transition zu Schritt muss in allen Arten von Abläufen stets eingehalten werden.

Konsequenzen:

- Zwei Schritte dürfen niemals direkt durch eine Wirkungslinie verbunden sein.
- Die Wirkungslinie darf nur einen Schritt mit einer Transition oder eine Transition mit einem Schritt verbinden.

4.5 Ablaufregeln

Da jede aktive Situation zu einem gegebenen Zeitpunkt durch die Gruppe der aktiven Schritte gekennzeichnet ist, betreffen die GRAFCET-Ablaufregeln, angewendet auf Schritte, den Wechsel zwischen den Situationen des Ablaufteils eines Systems.

4.5.1 Anfangssituation

Die Anfangssituation ist die zur Anfangszeit aktive Situation. Deshalb ist sie durch die zu diesem Zeitpunkt aktiven Schritte beschrieben. Die Auswahl der Situation zum Startzeitpunkt ist eine methodische Frage, die vom Typ des Ablaufteils des betrachteten Systems abhängig ist.

Regel 1: Die vom Entwickler ausgewählte Anfangssituation ist die zum Startzeitpunkt aktive Situation.

4.5.2 Auslösen einer Transition

Regel 2: Eine Transition wird als freigegeben bezeichnet, wenn alle unmittelbar vorangehenden, mit dieser Transition verbundenen Schritte aktiv sind. Das Auslösen einer Transition erfolgt:

- wenn die Transition FREIGEgeben ist
- UND WENN die zugehörige Transitionsbedingung den Wert TRUE hat.

4.5.3 Ausführen aktiver Schritte

Regel 3: Das Auslösen einer Transition bewirkt gleichzeitig die Aktivierung aller unmittelbar folgenden Schritte und die Deaktivierung aller unmittelbar vorangehenden Schritte.

4.5.4 Simultane Abläufe

Der Wechsel zwischen zwei Situationen bedeutet, dass zwischenzeitlich keine andere Situation möglich ist, der Wechsel von einer Situationsdarstellung durch eine Menge von Schritten zu einer anderen Darstellung erfolgt unmittelbar.

Regel 4: Können mehrere Transitionen gleichzeitig ausgelöst werden, so werden sie auch gleichzeitig ausgelöst.

4.5.5 Simultane Aktivierung und Deaktivierung eines Schritts

Wenn ein Schritt Teil der Beschreibung sowohl der vorangehenden als auch der folgenden Situation ist, so muss er aktiv bleiben.

Regel 5: Wenn ein aktiver Schritt während der Ausführung gleichzeitig aktiviert und deaktiviert wird, bleibt er aktiv.

4.6 Eingangereignisse

Die Ablaufregeln zeigen, dass nur eine Änderung von Werten der Eingangsvariablen den Ablauf eines GRAFCET verursachen kann. Eine solche Änderung, genannt „Eingangereignis“, muss durch die vorhergehenden Werte und die darauf folgenden Werte sämtlicher Eingangsvariablen definiert werden, um dieses *einzelne* Ereignis darzustellen. In der Praxis wird eine Menge von Eingangereignissen lediglich durch die Zustandsänderung (steigende oder fallende Flanke) einer oder einiger booleschen Eingangsvariablen gekennzeichnet.

ANMERKUNG Die steigende Flanke einer booleschen Variablen, angezeigt durch das Zeichen „ $\uparrow$ “, vor dieser Variablen, besagt, dass diese steigende Flanke nur wirksam ist für den Wechsel vom Wert 0 nach 1 der betreffenden Variablen. Die fallende Flanke einer booleschen Variablen, dargestellt durch das Zeichen „ $\downarrow$ “, vor dieser Variablen, besagt, dass die fallende Flanke nur wirksam ist für den Wechsel von 1 nach 0 der betreffenden Variablen.

Man sagt, „das Ereignis tritt ein“ zum Zeitpunkt des Zustandswechsels der das Ereignis kennzeichnenden Eingangsvariablen.

4.6.1 Festlegung der Eingangereignisse

Die Festlegung der Eingangereignisse erfolgt durch einen booleschen Ausdruck einer oder mehrerer geeigneter Variablen, oft in einer Transitionsbedingung. Sie kann auch unmittelbar ein internes Ereignis betreffen, dies jedoch seltener (siehe 4.7).

BEISPIEL 1:

$\uparrow a$ Der Ausdruck „ $\uparrow a$ “ steht für die Menge aller Eingangereignisse, bei denen der Wert der Eingangsvariablen „a“ von 0 auf 1 wechselt, unabhängig vom Wert der anderen Eingangsvariablen des Systems.

BEISPIEL 2:

$a \uparrow b$ Der Ausdruck „ $a \uparrow b$ “ steht für die Menge aller Eingangereignisse, für die der Wert der Eingangsvariablen „a“ den Wert 1 annimmt und der Wert der Eingangsvariablen „b“ von 0 auf 1 wechselt, unabhängig vom Wert der anderen Eingangsvariablen des Systems.

BEISPIEL 3:

a Der Ausdruck „a“ steht für die Menge aller Eingangereignisse, für die der Wert der Eingangsvariablen „a“ den Wert 1 annimmt, unabhängig vom Wert der anderen Eingangsvariablen des Systems.

ANMERKUNG Bei Anwendung in einer Transitionsbedingung könnte dieser Ausdruck zu einem transienten Ablauf führen (siehe 3.12).

4.7 Interne Ereignisse

Ausgehend von einer gegebenen Situation können nur bestimmte Eingangereignisse auftreten. Die Verbindung zwischen einer Situation und einem Eingangereignis, welches in dieser Situation auftreten kann, wird internes Ereignis genannt (siehe 3.6). Dieser Begriff wird hauptsächlich vom Entwickler verwendet, um eine Ausgangsanweisung von einer Menge von internen Ereignissen abzuleiten (siehe 4.8.2). Mengen interner Ereignisse werden wie folgt beschrieben.

4.7.1 Interne Ereignisse gekennzeichnet durch Schritt-Aktivierung

Die Schritt-Aktivierung, grafisch dargestellt (Symbol 27), kennzeichnet die Menge von internen Ereignissen, von denen jedes die Aktivierung dieses Schritts zur Folge hat.

4.7.2 Interne Ereignisse gekennzeichnet durch Deaktivierung eines Schritts

Die Deaktivierung eines Schritts, grafisch dargestellt (Symbol 28), kennzeichnet eine Menge von internen Ereignissen, von denen jedes die Deaktivierung dieses Schritts zur Folge hat.

4.7.3 Interne Ereignisse gekennzeichnet durch Auslösen einer Transition

Das Auslösen einer Transition, grafisch dargestellt (Symbol 29), kennzeichnet die Menge der internen Ereignisse, von denen jedes die Auslösung dieser Transition zur Folge hat.

4.8 Arten zur Bildung von Ausgangswerten

Die Aktionen bieten Möglichkeiten, den Zusammenhang zwischen dem Ablauf eines GRAFCET-Plans und den Ausgängen herzustellen. Zwei Bildungsarten, kontinuierlich wirkend oder gespeichert wirkend, beschreiben, wie die Ausgänge vom Ablauf und den Systemeingängen abhängen.

4.8.1 Kontinuierlich wirkende Art (Zuweisung durch Zustand)

In der kontinuierlich wirkenden Art zeigt die *Verknüpfung einer Aktion mit einem Schritt* an, dass eine Ausgangsvariable den Wert TRUE hat, wenn der Schritt aktiv und die Zuweisungsbedingung erfüllt ist. Die Zuweisungsbedingung ist ein boolescher Ausdruck der Eingangs- und/oder der internen Variablen (siehe Symbol 22). Wenn eine der Bedingungen nicht erfüllt ist und gemäß Vorgabe keine andere Aktion, welche sich auf den gleichen Ausgang bezieht, die Bedingungen erfüllt hat, hat die betreffende Ausgangsvariable den Wert FALSE.

Zuweisung bezieht sich auf das Erzeugen der Werte der Ausgangsvariablen (TRUE oder FALSE).

Die Gruppe der lokalen Zuweisung (bezogen auf die aktiven Schritte zu einem gegebenen Zeitpunkt) bestimmt die Zuweisungen für *alle* Ausgangsvariablen in dieser Situation.

Zuweisungsregel: In *einer gegebenen Situation* wird den Werten der Ausgänge, die mit kontinuierlich wirkende Aktionen verbunden sind,

- der Wert TRUE zugewiesen für jeden Ausgang mit Bezug auf Aktionen, die mit aktiven Schritten verknüpft sind und deren Zuweisungsbedingungen erfüllt sind,
- der Wert FALSE zugewiesen für alle übrigen Ausgänge (welchen nicht der Wert TRUE zugewiesen wird).

4.8.2 Gespeichert wirkende Art (Zuordnung durch Ereignis)

In der gespeichert wirkenden Art wird die *Verknüpfung einer Aktion mit internen Ereignissen* angewendet, um anzuzeigen, dass eine Ausgangsvariable oder interne Variable den auferlegten Wert annimmt und behält, wenn eines dieser Ereignisse einsetzt.

Um die Verknüpfung der Aktionen mit internen Ereignissen zu beschreiben, sind besondere Darstellungsweisen erforderlich (Aktivierungsschritt, Deaktivierungsschritt, Auslösen einer Transition usw.).

Der Wert einer Ausgangsvariable oder internen Variable, welcher von einer gespeichert wirkenden Aktion abhängt, bleibt unverändert, bis ein neues hierzu bestimmtes Ereignis diesen Wert ändert.

Zuordnung bezieht sich auf das Abspeichern eines bestimmten Werts einer Ausgangsvariablen oder internen Variablen zu einem gegebenen Zeitpunkt.

Zuordnungsregel: Der Wert einer Ausgangsvariablen oder internen Variablen, bezogen auf eine gespeichert wirkende Aktion und verknüpft mit einem internen Ereignis, wird dieser Variablen zugeordnet, wenn das festgelegte interne Ereignis einsetzt; der Wert der Variablen ist FALSE (boolesche Variable) oder Null (numerische Variable) bei Initialisierung.

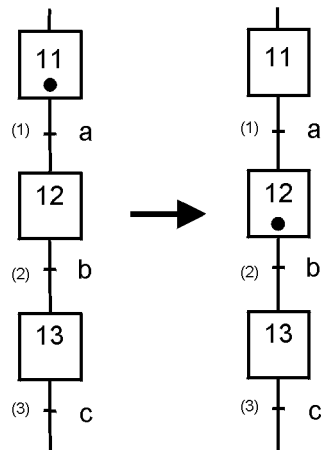
4.9 Anwendung der Ablaufregeln

Die anschauliche Interpretation des Ablaufs, als „Schritt für Schritt“ bezeichnet, beschreibt den Prozessverlauf auf eine Weise, die es ermöglicht, beim Eintreten eines Eingangsereignisses in einer Situation die diesem Ereignis nachfolgende Situation zu bestimmen, und zwar durch aufeinander folgende Anwendung der Ablaufregeln auf jede Transition. Die Auswertungseinrichtung gestattet die indirekte Festlegung des Ablaufs, jedoch

muss der Entwickler darauf achten, dass auf diesem Wege ausgelöste Transitionen nicht die wirksame Aktivierung von Zwischensituationen zur Folge haben.

4.9.1 Nicht-transienter Ablauf

Im Allgemeinen ist der Ablauf nicht-transient, d. h., dass ein Eingangsereignis nur zu *einem* Zustand des Ablaufs führt (die gleichzeitige Auslösung von einer oder mehreren Transition(en)).



BEISPIEL: „Nicht-transienter Ablauf“

Ausgangssituation: Schritt 11 aktiv, $a = 0$, $b = 0$ und $c = 0$

Anschauliche Beschreibung des Ablaufs:

Der Wechsel des Werts von „a“ führt zur Auslösung von Transition (1) und zur Aktivierung von Schritt 12, die Transition (2) kann, wegen $b = 0$, nicht ausgelöst werden, mit der Folgesituation: Schritt 12 aktiv.

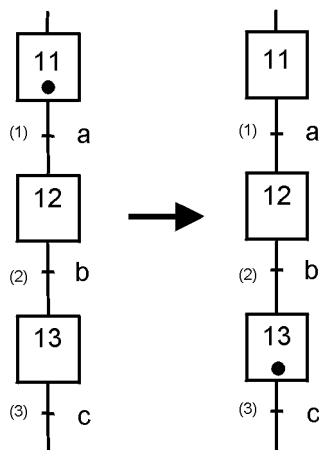
Ausführliche Beschreibung des Ablaufs:

Das Eintreten eines der Eingangsereignisse, welche den Wechsel des Werts „a“ von 0 nach 1 bewirken, führt unmittelbar zur Folgesituation: Schritt 12 aktiv.

4.9.2 Transienter Ablauf

In einigen Fällen kann die Anwendung der Ablaufregeln dann zur aufeinander folgenden Auslösung von Transitionen in mehreren Ablaufstufen führen, wenn die als erste geprüften Transitionen ausgelöst werden und die zu den folgenden Transitionen gehörenden Bedingungen bereits den Wert TRUE haben. Die entsprechende als transient bezeichnete Beschreibung zeigt mit Hilfe des Wirkungsweges, wie man von einer Ausgangssituation zu einer nachfolgenden Situation gelangt (siehe 3.9).

Die zugehörigen Zwischenschritte, als *instabil* bezeichnet, werden nicht aktiviert, jedoch werden sie während des anschaulichen Ablaufwegs als „virtuell“ aktiviert und deaktiviert betrachtet, wobei Gleiches auch für die entsprechenden Transitionen gilt, die „virtuell“ ausgelöst wurden.



BEISPIEL: „Transienter Ablauf“

Ausgangssituation: Schritt 11 aktiv, $a = 0$, $b = 1$ und $c = 0$

Anschauliche Beschreibung des Ablaufs:

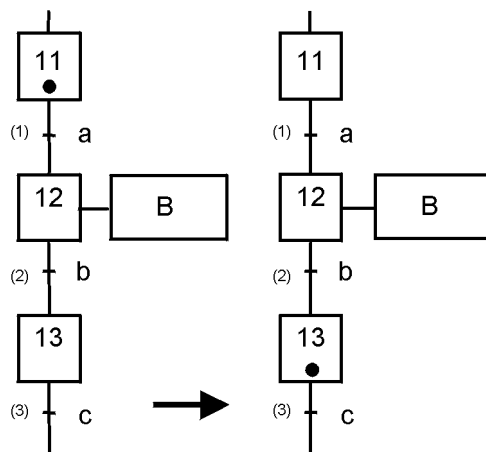
Der Wechsel des Werts von „a“ führt zur Auslösung von Transition (1) und zur virtuellen Aktivierung von Schritt 12, damit wird, wegen $b = 1$, Transition (2) virtuell ausgelöst, mit der Folgesituation: Schritt 13 aktiv.

Ausführliche Beschreibung des Ablaufs:

Das Eintreten eines der Eingangsereignisse, welche den Wechsel des Werts „a“ von 0 nach 1 bewirken, führt zur Folgesituation: Schritt 13 aktiv.

4.9.3 Auswirkungen eines transienten Ablaufs auf Zuweisungen

Die Zuweisung eines Ausgangswerts durch eine kontinuierlich wirkende Aktion verknüpft mit einem Schritt, der im Falle eines transienten Ablaufs ein instabiler Schritt ist, ist nicht wirksam, weil die Aktivierung des Schritts nicht möglich ist (siehe 4.8.1).



BEISPIEL: „Kontinuierlich wirkende Aktion verknüpft mit einem instabilen Schritt“

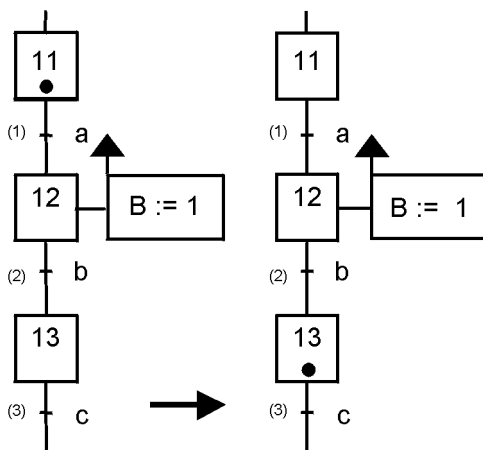
Ausgangssituation: Schritt 11 aktiv, $a = 0$, $b = 1$ und $c = 0$

Das Eintreten eines der Eingangsereignisse, die den Wechsel des Werts „a“ von 0 nach 1 bewirken, führt unmittelbar zur Folgesituation: Schritt 13 aktiv.

Die Ausgangssituation (Schritt 11 aktiv) und die Folgesituation (Schritt 13 aktiv) ergeben für die Ausgangs-Variable B den Wert 0. Der instabile Schritt 12 ist nicht wirklich aktiviert, im transienten Ablauf ist die Zuweisung des Werts 1 zu B nicht wirksam.

4.9.4 Auswirkung eines transienten Ablaufs auf Zuordnungen

Die Zuordnung eines vorbestimmten Werts auf einen Ausgang durch eine gespeichert wirkende Aktion (Symbol 26) verknüpft mit einem Schritt, der im Falle eines transienten Ablaufs ein instabiler Schritt ist, ist wirksam, weil diese Zuordnung mit den Ereignissen verknüpft sind, die diesen Ablauf hervorrufen (siehe 4.8.2).

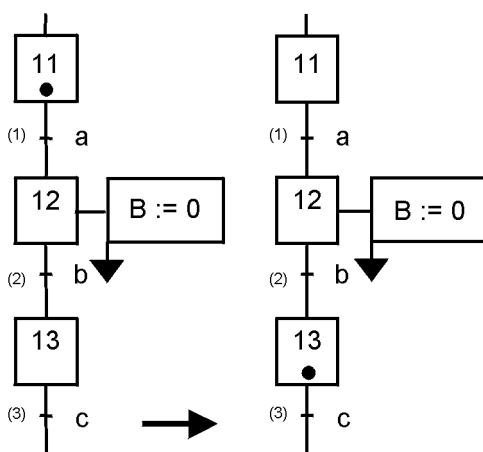


BEISPIEL 1: „Gespeichert wirkende Aktion verknüpft mit der Aktivierung eines instabilen Schritts“

Ausgangssituation: Schritt 11 aktiv, $a = 0$, $b = 1$ und $c = 0$

Das Eintreten eines der Eingangsereignisse, die den Wechsel des Werts „a“ von 0 nach 1 bewirken, führt unmittelbar zur Folgesituation: Schritt 13 aktiv.

Die Zuordnung des Werts 1 zur Ausgangsvariable B erfolgt beim Eintreten eines der Eingangsereignisse, die die wirkliche oder virtuelle Aktivierung von Schritt 12 zur Folge haben.



BEISPIEL 2: „Gespeichert wirkende Aktion verknüpft mit der Deaktivierung eines instabilen Schritts“

Ausgangssituation: Schritt 11 aktiv, $a = 0$, $b = 1$ und $c = 0$

Das Eintreten eines der Eingangsereignisse, die den Wechsel des Werts „a“ von 0 nach 1 bewirken, führt unmittelbar zur Folgesituation: Schritt 13 aktiv.

Die Zuordnung des Werts 0 zur Ausgangsvariable B erfolgt beim Eintreten eines der Eingangsereignisse, die die wirkliche oder virtuelle Deaktivierung von Schritt 12 zur Folge haben.

4.10 Vergleich zwischen den zwei Arten der Bildung von Ausgangswerten

Wie Ausgangswerte gebildet werden, ist eine Frage der angewendeten Praxis und Methode. Jedoch muss der Entwickler die entscheidenden Unterschiede zwischen den beiden Arten berücksichtigen.

4.10.1 Bestimmung der Werte der Ausgänge

- In der kontinuierlich wirkenden Art werden allen Ausgängen der *Situation* entsprechende Werte zugewiesen, nämlich der Wert *TRUE* den Ausgängen, die ausdrücklich in den mit aktiven Schritten verknüpften Aktionen aufgeführt sind, der Wert *FALSE* allen übrigen, die dort nicht vorkommen (siehe Zuweisungsregel 4.8.1).
- In der gespeichert wirkenden Art werden *nur* die betrachteten Ausgänge entsprechend dem *angegebenen Wert* verändert, die übrigen gespeicherten Ausgangswerte bleiben unverändert (siehe Zuordnungsregel 4.8.2).

4.10.2 Analyse der Ausgangswertigkeiten eines GRAFCET-Plans zu einem bestimmten Zeitpunkt

- In der kontinuierlich wirkenden Art sind die Kenntnis der Situation und der Wert der Eingänge *hinreichend*, um den Wert der Ausgänge zu bestimmen (siehe 4.8.1).
- In der gespeichert wirkenden Art sind die Kenntnis der Situation und der Wert der Eingänge *nicht hinreichend*, die vorhergehenden Abläufe müssen ebenfalls bekannt sein, um den Wert der Ausgänge zu bestimmen (siehe 4.8.2).

4.10.3 Aktionen in Bezug auf transiente Abläufe

- Aktionen der kontinuierlich wirkenden Art, die mit einem instabilen Schritt verknüpft sind, *bleiben unberücksichtigt*, weil dieser Schritt nicht aktiviert wird (siehe 4.9.1).
- Aktionen der gespeichert wirkenden Art, die mit Ereignissen und mit Bezug auf einen transienten Ablauf verknüpft sind, *werden berücksichtigt*, weil die auslösenden Ereignisse einsetzen (siehe 4.9.2).

4.10.4 Möglicher Konflikt der Ausgangswertigkeit

- In der kontinuierlich wirkenden Art sorgen die Zuweisungsprinzipien dafür, dass jeder Zuweisungskonflikt auf den gleichen Ausgang vermieden wird.
- In der gespeichert wirkenden Art genügen die Zuordnungsregeln nicht, einen möglichen Zuweisungskonflikt auf den gleichen Ausgang zu vermeiden. Der Entwickler muss sicherstellen, dass zwei einander widersprechende Zuweisungen nicht gleichzeitig auftreten können.

ANMERKUNG 1 Beide Wirkungsarten der Ausgänge können mit GRAFCET in der gleichen Anwendung vorkommen, aber der Wert einer Ausgangsvariablen wird entweder durch Zuweisung oder Zuordnung bestimmt. Die Festlegung einer Zuordnung für eine Ausgangsvariable (gespeichert wirkende Art) schließt diese Ausgangsvariable von jeder Zuweisung aus (kontinuierlich wirkende Art).

ANMERKUNG 2 Abschnitt 5 bietet grafische Symbole, mit denen die gespeicherten Aktionen (spezifische Darstellung entsprechend der Gruppe der unterschiedlichen Ereignisse) von den kontinuierlichen unterschieden werden können (Kennzeichnung durch Nicht-Vorhandensein einer speziellen Darstellung).

ANMERKUNG 3 In den häufigen Fällen der Festlegung des Verhaltens eines Steuerungssystems in der gegenwärtigen industriellen Praxis wird die kontinuierlich wirkende Art bevorzugt für die Ausgänge zu Aktoren angewendet und die gespeichert wirkende Art für interne Steuerungs- und Regelungsaufgaben. Diese Aufgaben wie z. B. das Inkrementieren eines Zählers oder die Veränderung des Werts eines numerischen Registers, beziehen sich auf interne Variablen, wobei es sich nicht notwendigerweise um boolesche Variablen handelt. Die mit gespeicherten Aktionen verknüpften internen Aufgaben sowie die Auswertung von Ausdrücken, welche mit Transitionsbedingungen verknüpft sind, werden in der vorliegenden Norm nicht behandelt; sie werden aber abgedeckt durch die logische Beschreibung von GRAFCET-Abläufen. Die Entwickler sollten dafür sorgen, dass ihre Beschreibungen widerspruchsfrei und klar sind.

5 Grafische Darstellung der Sprachelemente

Die Sprachelemente von GRAFCET haben eine eigene Symboldarstellung, mit deren Hilfe bei korrekter Anwendung übersichtliche und eindeutige Funktionspläne erstellt werden können.

ANMERKUNG 1 Nur die allgemeine Darstellung der Symbole ist verbindlich; Abmessungen und andere Einzelheiten (Linienbreite, Schrifttypen usw.) bleiben dem Anwender überlassen.

ANMERKUNG 2 Gestrichelte Darstellung zeigt den Kontext des Symbols.

Tabelle 1 – Schritte

Nr.	Symbol	Beschreibung
[1]		Schritt (en: step): Zu einem gegebenen Zeitpunkt ist ein Schritt entweder aktiv oder inaktiv. Die Menge der aktiven Schritte bestimmt die Situation des vorliegenden Systems zum betrachteten Zeitpunkt. Das Höhen-/Breitenverhältnis des Rechtecks ist beliebig, jedoch gilt das Quadrat als Empfehlung. Zur Identifizierung müssen die Schritte bezeichnet werden, z. B. alphanumerisch. Der Asteriskus in der oberen Mitte des allgemeinen Symbols muss durch die dem Schritt zugeordnete Bezeichnung ersetzt werden. BEISPIEL 1: „Schritt 2“  BEISPIEL 2: „Schritt 3, dargestellt im aktiven Zustand“  ANMERKUNG Es kann zweckmäßig sein, die Schritte, die zu einem bestimmten Zeitpunkt aktiv sind, durch Markierung mit einem Punkt zu kennzeichnen. Dieser ist kein Bestandteil des Schrittsymbols und dient nur zur Erläuterung.
[2.1]	X*	Schrittvariable (en: step variable): Der aktive oder inaktive Zustand darf durch die logischen Werte „1“ oder „0“ beziehungsweise durch die boolesche Variable X*, in welcher der Asteriskus * durch die Bezeichnung des betreffenden Schritts ersetzt werden muss, dargestellt werden. BEISPIEL: „Schrittvariable von Schritt 8“ X8
[2.2]	T*	Schrittdauer (en: step duration): Die Dauer eines aktiven Schritts darf durch den Wert einer Zeitvariablen T* dargestellt werden, in welcher der Asteriskus * durch die Bezeichnung des betreffenden Schritts ersetzt werden muss. BEISPIEL: „Schrittdauer von Schritt Füllen“ TFüllen
[3]		Anfangsschritt (en: initial step): Dieses Symbol bedeutet, dass dieser Schritt Teil der Anfangssituation ist. ANMERKUNG 1 Es gelten die Regeln zu Symbol [1]. ANMERKUNG 2 Ein Anfangsschritt kann „instabil“ sein, siehe 4.9.2. BEISPIEL: „Anfangsschritt 12“ 
[4]		Einschließender Schritt (en: enclosing step): Dieses Symbol bedeutet, dass dieser Schritt andere Schritte enthält, die als eingeschlossene Schritte bezeichnet werden. ANMERKUNG 1 Es gelten die Regeln zu Symbol [1]. ANMERKUNG 2 Eigenschaften und Beispiele für die Anwendung des einschließenden Schritts werden in 7.3 angegeben.
[5]		Einschließender Anfangsschritt (en: initial enclosing step): Dieses Symbol bedeutet, dass dieser Schritt Teil der Anfangssituation ist. ANMERKUNG Ein einschließender Anfangsschritt enthält mindestens einen eingeschlossenen Anfangsschritt.
[6]		Makroschritt (en: macro-step): Eindeutige Darstellung eines ausführlichen Teils eines Funktionsplans, welcher als <i>Expansion</i> (Verfeinerung) des Makroschritts bezeichnet wird. ANMERKUNG Eigenschaften und Beispiele für die Anwendung des Makroschritts werden in 7.4 angegeben.

Tabelle 2 – Transitionen

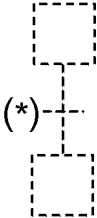
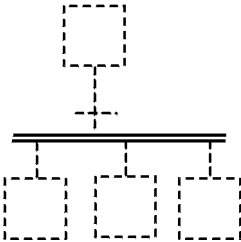
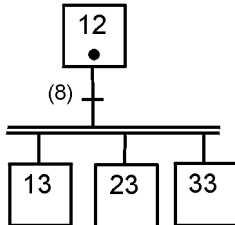
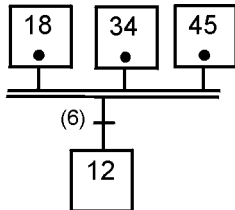
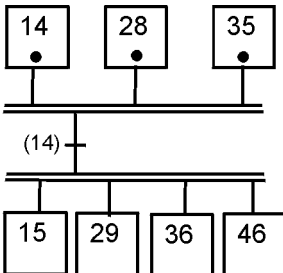
Nr.	Symbol	Beschreibung
[7]		Transition von einem Schritt zum nächsten (en: transition from one step to another): Eine Transition wird durch eine Linie im rechten Winkel zur Verbindung zwischen den beiden Schritten dargestellt. ANMERKUNG 1 Die Transition ist freigegeben, wenn der unmittelbar vorangehende Schritt aktiv ist (siehe 4.5.2, Ablaufregel Nr. 2). ANMERKUNG 2 Zwischen zwei Schritten ist <i>jeweils nur eine Transition möglich</i> (siehe 4.4). ANMERKUNG 3 Aus Darstellungsgründen darf die Transition auf horizontalen Wirkverbindungen angeordnet werden (siehe Anhang B, Bild B.5, Teil-GRAFCEET G1). ANMERKUNG 4 Die Symbolik von Transitionen ist nicht Gegenstand dieser Norm. Transitionen können textuell, mit booleschen Ausdrücken, Logikplänen usw. beschrieben werden.
[8]		Transitionsname (en: transition designation): Die Transition darf einen Namen erhalten, im Allgemeinen links angeordnet, der nicht als die zugehörige Transitionsbedingung missdeutet werden sollte. Der Asteriskus muss durch die alphanumerische Kennzeichnung der Transition ersetzt werden.
[9]		Synchronisierung vor und/oder nach einer Transition (en: synchronization preceding and/or succeeding a transition): Wenn mehrere Schritte mit derselben Transition verbunden sind, werden die Wirkungs- linien von und/oder zu diesen Schritten zusammengefasst, um dem Synchronisierungs- symbol, dargestellt durch zwei parallele horizontale Linien, zu folgen bzw. voranzugehen. ANMERKUNG Als Referenz für das Synchronisierungssymbol gilt ISO 5807, 9.2.2.5.  (8) BEISPIEL 1: Transition von einem Schritt (12) zu mehreren (13, 23, 33). Die Transition (8) ist freigegeben, wenn der Schritt 12 aktiv ist.  (6) BEISPIEL 2: Transitionen von mehreren Schritten (18, 34, 45) zu einem Schritt (12). Die Transition (6) ist erst freigegeben, wenn <i>alle</i> vorhergehenden Schritte aktiv sind.  (14) BEISPIEL 3: Transition von mehreren Schritten (14, 28, 35) zu mehreren Schritten (15, 29, 36, 46). Die Transition (14) ist erst freigegeben, wenn <i>alle</i> vorhergehenden Schritte aktiv sind.

Tabelle 3 – Wirkverbindungen

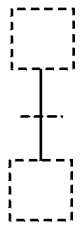
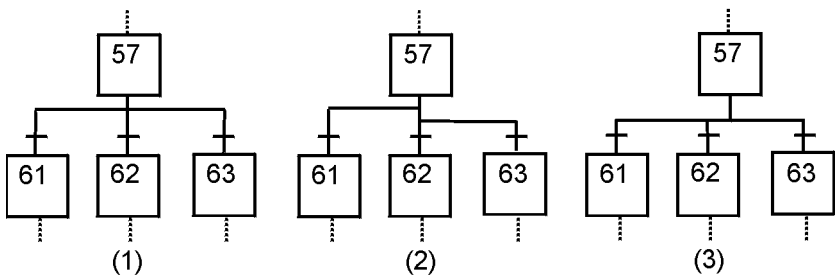
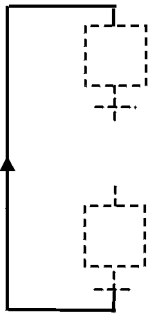
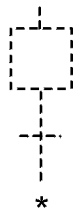
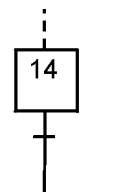
Nr.	Symbol	Beschreibung
[10]		Wirkungsline von oben nach unten (en: directed link from top to bottom): Der Ablaufpfad zwischen den Schritten wird durch Wirkungslinien gebildet, welche Schritte mit Transitionen und Transitionen mit Schritten verbindet. Wirkungslinien verlaufen horizontal oder vertikal. Diagonale Verbindungen sind nur in den seltenen Fällen erlaubt, wo sie die Übersichtlichkeit des Plans verbessern. Kreuzungen zwischen vertikalen und horizontalen Verbindungen sind erlaubt, sofern zwischen ihnen keine Beziehungen existieren. Dementsprechend sind derartige Kreuzungen zu vermeiden, wenn die Verbindungen zum gleichen Ablauf gehören. BEISPIEL: Diese drei Darstellungen sind zulässig, jedoch werden die Darstellungen 2 und 3 empfohlen, um Fehlinterpretationen zwischen Verbindungen mit und ohne gegenseitige Beziehungen zu vermeiden.  (1) (2) (3)
[11]		Wirkungslinien von unten nach oben (en: directed link from bottom to top): Als Konvention gilt, dass die Richtung des Ablaufs stets von oben nach unten verläuft. Pfeile müssen angewendet werden, wenn diese Konvention verletzt wird oder deren Anwendung für ein besseres Verständnis sorgt.
[12]		Zielhinweis (Konnektor) (en: linked label): Wenn eine Wirkungsline unterbrochen werden muss (zum Beispiel in komplizierten Plänen oder wenn sich ein Plan über mehrere Seiten erstreckt), muss das Kennzeichen des Zielschritts und die Nummer der Seite, auf der er erscheint, angegeben werden. ANMERKUNG Der Asteriskus muss durch den Zielhinweis ersetzt werden. BEISPIEL: Ablauf weiter bei Schritt 83 auf Seite 13  Schritt 83 Seite 13

Tabelle 4 – Transitionsbedingungen

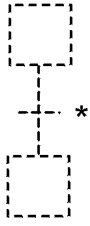
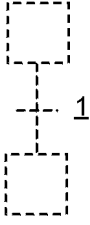
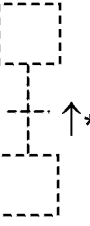
Nr.	Symbol	Beschreibung
[13]		Transitionsbedingung (en: transition-condition): Mit jeder Transition ist ein boolescher Ausdruck verknüpft, genannt Transitionsbedingung, der entweder TRUE oder FALSE ist. Wenn hierfür eine boolesche Variable existiert, ist sie gleich 1, wenn die Transitionsbedingung TRUE (erfüllt) ist oder gleich 0, wenn die Transitionsbedingung FALSE (nicht erfüllt) ist. Der boolesche Ausdruck, der die Transitionsbedingung bildet, enthält eine oder mehrere boolesche Variablen (Eingangsvariable, Schrittvariable, Vorgabewert usw.). Der Asteriskus muss durch die Beschreibung der Transitionsbedingung ersetzt werden, und zwar entweder in Textform, mit einem booleschen Ausdruck oder mit Hilfe grafischer Symbole. BEISPIEL 1: Transitionsbedingung, textuell beschrieben. <pre> graph TD 12[12] -- "Tür geschlossen (a) und (kein Druck (b) oder Werkstück vorhanden (c))" --> 13[13] </pre> BEISPIEL 2: Transitionsbedingung, beschrieben mit einem booleschen Ausdruck. <pre> graph TD 12[12] -- "a · (¬b + c)" --> 13[13] </pre>
[14]		Transitionsbedingung immer TRUE (erfüllt) (en: transition-condition always true): Das Symbol „1“ bedeutet, dass die Transitionsbedingung immer erfüllt (TRUE) ist. ANMERKUNG In diesem Fall ergibt sich ein transienter Ablauf (siehe 4.9.2), das Auslösen der Transition ist nur von der Aktivierung des vorhergehenden Schritts abhängig.
[15]		Steigende Flanke einer booleschen Variablen (en: rising edge of a logical variable): Das Symbol „↑“, bedeutet, dass die Transitionsbedingung nur beim Zustandswechsel der Variablen * erfüllt ist (steigende Flanke: Wechsel vom Wert 0 nach 1, siehe 4.6, Anmerkung). Dieses Symbol gilt allgemein für alle booleschen Ausdrücke, sowohl für eine einfache boolesche Variable als auch für eine Menge von mehreren booleschen Variablen. BEISPIEL 1: Die verknüpfte Transitionsbedingung ist nur erfüllt, wenn „a“ vom Zustand 0 nach 1 wechselt. <pre> graph TD 3[3] -- "↑a" --> 4[4] </pre> ANMERKUNG Gemäß Anwendung der Ablaufregel Nr. 2 wird die Transition nur ausgelöst bei steigender Flanke von „a“, nachdem die Transition durch die Aktivierung von Schritt 3 freigegeben wurde. BEISPIEL 2: Die verknüpfte Transitionsbedingung ist nur erfüllt, wenn „a“ den Wert TRUE hat oder wenn „b“ vom Zustand 0 nach 1 wechselt. <pre> graph TD 3[3] -- "a + ↑b" --> 4[4] </pre>

Tabelle 4 (fortgesetzt)

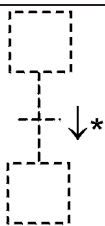
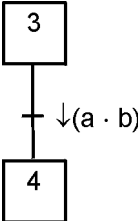
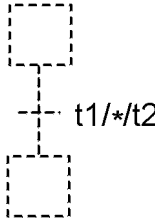
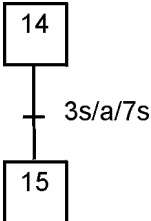
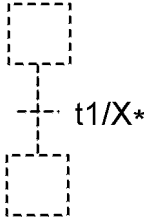
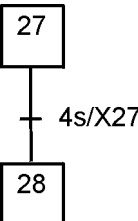
Nr.	Symbol	Beschreibung
[16]		Fallende Flanke einer booleschen Variablen (en: falling edge of a logical variable): Das Symbol „↓“ bedeutet, dass die Transitionsbedingung nur beim Zustandswechsel der Variablen * erfüllt ist (fallende Flanke: Wechsel vom Wert 1 nach 0, siehe 4.6, Anmerkung). Dieses Symbol gilt allgemein für alle booleschen Ausdrücke, sowohl für eine einfache boolesche Variable als auch für eine Menge von mehreren booleschen Variablen.  BEISPIEL: Die verknüpfte Transitionsbedingung ist nur erfüllt, wenn das logische Produkt (UND-Verknüpfung) „a · b“ vom Zustand 0 nach 1 wechselt.
[17]		Zeitabhängige Transitionsbedingung (en: time dependent transition-condition): Die Notation „t1/ * /t2“ sagt aus, dass die Transitionsbedingung erst nach der Zeit t1 nach dem Auftreten der steigenden Flanke (↑*) der zeitbegrenzten Variablen * den Wert TRUE erhält und nach der Zeit t2 nach Auftreten der fallenden Flanke (↓*) wieder auf den Wert FALSE fällt. Der Asteriskus muss durch die zeitverzögernde Variable * ersetzt werden, z. B. durch eine Schrittvariable oder durch eine Eingangsvariable. t1 und t2 müssen durch ihren realen Wert ersetzt werden, angegeben in der ausgewählten Zeiteinheit. Die zeitverzögernde Variable muss den Wert TRUE für die Dauer größer/gleich t1 behalten, damit die Transitionsbedingung erfüllt ist. ANMERKUNG Diese Notation entspricht dem Verzögerungselement, wie in IEC 60617-12 beschrieben (Symbol Nr. 12-40-01).  BEISPIEL: Die Transitionsbedingung ist TRUE drei Sekunden nach dem Wechsel von „a“ vom Zustand 0 nach 1 und wird FALSE sieben Sekunden nach dem Wechsel des Zustands von „a“ von 1 nach 0.
[18]		Übliche Vereinfachung von Symbol 17 (en: usual simplification of the symbol 17): Häufig wird die Schrittvariable mit der (Abfall-)Verzögerung t2 = 0 verwendet., wobei die Transitionsbedingung den Wert FALSE bei Deaktivierung des Schritts * annimmt, welcher die Verzögerung bewirkt hat. Der Asteriskus muss durch den Namen des Schritts ersetzt werden, welcher verzögert werden soll. Der zeitverzögerte Schritt muss für die Dauer größer/gleich t1 t1 aktiv bleiben, damit die Transitionsbedingung erfüllt ist. Diese Notation kann auch dann angewendet werden, wenn der zeitverzögerte Schritt nicht der Schritt ist, der der Transition unmittelbar vorausgeht.  BEISPIEL: Die Transitionsbedingung hat den Wert TRUE vier Sekunden nach der Aktivierung von Schritt 27 und nimmt den Wert FALSE mit dem Auslösen der Transition an, worauf der vorangehende Schritt deaktiviert wird. In diesem Fall beträgt die Aktivitätsdauer von Schritt 27 vier Sekunden.

Tabelle 4 (fortgesetzt)

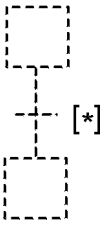
Nr.	Symbol	Beschreibung
[19]		Boolescher Wert einer Aussage (en: boolean value of a predicate): Die Notation „[*]“ zeigt an, dass der boolesche Wert der Aussage * eine Transitionsbedingungs-Variable bildet. Wenn die Aussage * verifiziert wurde, hat sie den Wert 1, andernfalls den Wert 0. Der Asteriskus muss durch die Aussage ersetzt werden, die zu prüfen ist. Die boolesche Variable der Aussage kann mit anderen logischen Variablen verknüpft werden, um den booleschen Ausdruck einer Transitionsbedingung zu bilden. <pre> graph TD 32[32] -- "[C1 = 3]" --> 33[33] </pre> <pre> graph TD 32[32] -- "[Aktueller Wert von Zähler C1 gleich 3]" --> 33[33] </pre> <pre> graph TD 56[56] -- "[t > 8 °C] · k" --> 57[57] </pre> <pre> graph TD 64[64] -- "b + [R1 ≠ 24]" --> 65[65] </pre> BEISPIEL 1: Die Transitionsbedingung ist erfüllt, wenn die Aussage „C1 = 3“ verifiziert wurde. BEISPIEL 1a: Die Transitionsbedingung ist erfüllt, wenn der laufende Wert von Zähler C1 gleich 3 ist. ANMERKUNG Die Form der Aussage ist nicht festgelegt; es kann z. B. wörtliche Rede angewendet werden. BEISPIEL 2: Die Transitionsbedingung ist erfüllt, wenn die Aussage „t > 8 °C“ verifiziert wurde <u>und</u> die boolesche Variable „k“ den Wert 1 hat, d. h. wenn die Temperatur t höher als 8 °C ist und wenn die Variable k ihren oberen Wert erreicht hat. BEISPIEL 3: Die Transitionsbedingung ist erfüllt, wenn die boolesche Variable „b“ den Wert 1 hat <u>oder</u> wenn die Aussage „R1 ≠ 24“ verifiziert wurde, d. h., wenn das Teil am Ort b ist oder wenn das Register R1 den Wert 24 noch nicht erreicht hat.

Tabelle 5 – Kontinuierlich wirkende Aktionen

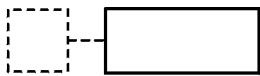
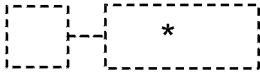
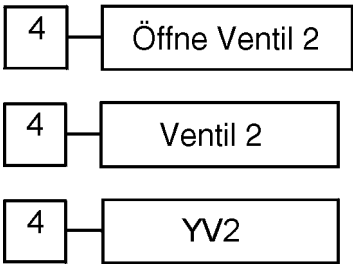
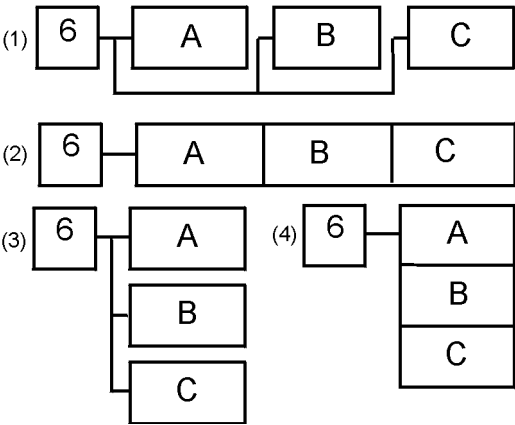
Nr.	Symbol	Beschreibung
[20]		Kontinuierlich wirkende Aktion (en: continuous action): Eine kontinuierlich wirkende Aktion muss mit einem Schritt verknüpft sein. Mehrere Aktionen können mit einem Schritt verknüpft sein. Das Höhen-/Breitenverhältnis ist beliebig, jedoch gilt als Empfehlung, dass ein Rechteck mit der gleichen Höhe wie das Schrittsymbol zu verwenden ist. Ist kein Symbol für eine gespeichert wirkende Aktion (Symbole 27 bis 30) dargestellt, so kennzeichnet das allgemeine Rechteck-Symbol, verknüpft mit einem Schritt, immer eine <i>kontinuierlich wirkende Aktion</i>.
[21]		Zuweisungs-Kennzeichnung für einen Ausgang (en: assignation label of an output): Jede Aktion muss im Rechteck eine Kennzeichnung haben, welche sich auf diese Aktion bezieht. Das Kennzeichen für eine kontinuierlich wirkende Aktion ist die Benennung der Ausgangsvariablen, der entsprechend der Übertragungsregel der Wert TRUE übertragen wird (siehe 4.8.1). Der Asteriskus muss durch die Benennung der Ausgangsvariablen ersetzt werden. Der Text der Kennzeichnung kann eine Befehlsform oder eine hinweisende Form haben, wichtig ist allein der Bezug zum Ausgang. Die Reihenfolge, in der die Aktionen angegeben sind, bestimmt nicht die Reihenfolge der Ausführung. BEISPIEL 1: Unterschiedliche Darstellungen einer Aktions-Kennzeichnung, ausführlich oder symbolisch, bezogen auf den Ausgang, dessen Wert TRUE dazu führt, dass Ventil 2 geöffnet wird.  BEISPIEL 2: Unterschiedliche Darstellungen für die Verknüpfung mehrerer Aktionen mit einem Schritt (1, 2, 3, 4).  ANMERKUNG Die vier Darstellungen sind vollständig gleichbedeutend. Die Darstellungen (2) und (4) können als Vereinfachungen der Darstellungen (1) und (3) angesehen werden.

Tabelle 5 (fortgesetzt)

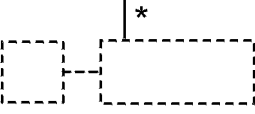
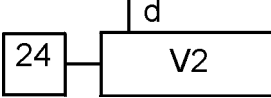
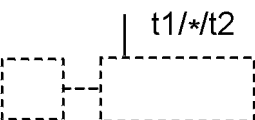
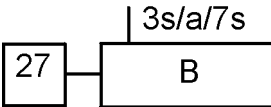
Nr.	Symbol	Beschreibung
[22]		Zuweisungsbedingung (en: assignation condition): Eine boolesche Größe, Zuweisungsbedingung genannt, deren Wert TRUE oder FALSE sein kann, beeinflusst jede kontinuierlich wirkende Aktion. Ist keine Bedingung angegeben, ist dies gleichbedeutend mit einer stets erfüllten Bedingung. Der Asterisk muss durch die Angabe der Zuweisungsbedingung ersetzt werden, entweder in Textform oder als boolescher Ausdruck von Eingangsvariablen und/oder internen Variablen. Diese Zuweisungsbedingung darf <u>niemals</u> die Flanke einer Variablen enthalten (siehe Symbole 15 und 16), denn die kontinuierlich wirkende Aktion ist naturgemäß nicht gespeichert, eine Zuweisung auf Grund eines Ereignisses hat keine Bedeutung (siehe 4.8.2). BEISPIEL 1: Dem Ausgang V2 wird der Wert TRUE zugewiesen, wenn Schritt 24 aktiv ist <u>und</u> wenn die Zuweisungsbedingung d erfüllt ist. Andernfalls wird dem Ausgang V2 der Wert FALSE zugewiesen. Mit anderen Worten (als boolesche Gleichung): $V2 = X24 \wedge d$  ANMERKUNG X24 ist die Schrittvariable, welche die Aktivität von Schritt 24 widerspiegelt. BEISPIEL 2: Dem Ausgang V2 wird der Wert TRUE zugewiesen, wenn Schritt 24 aktiv ist (die Zuweisungsbedingung ist immer erfüllt). Andernfalls wird dem Ausgang V2 der Wert FALSE zugewiesen. Mit anderen Worten (als boolesche Gleichung): $V2 = X24$ 
[23]		Zeitabhängige Zuweisungsbedingung (en: time dependent assignation condition): Die Notation "t1/ * /t2" sagt aus, dass die Zuweisungsbedingung erst nach der Zeit t1 nach Eintreten der steigenden Flanke ($\uparrow^*$, siehe Symbol 15) der zeitbegrenzten Variablen * den Wert TRUE erhält und nach der Zeit t2 nach Eintreten der fallenden Flanke ($\downarrow^*$, siehe Symbol 16) wieder auf den Wert FALSE fällt. Der Asterisk muss durch die zeitbedingte Variable ersetzt werden, z. B. durch eine Schrittvariable oder durch eine Eingangsvariable. t1 und t2 müssen durch ihren realen Wert ersetzt werden, angegeben in der ausgewählten Zeiteinheit. Die zeitbegrenzte Variable muss den Wert TRUE für die Dauer gleich oder größer t1 behalten, damit die Zuweisungsbedingung erfüllt ist. ANMERKUNG Diese Schreibweise entspricht dem Verzögerungselement, wie in IEC 60617-12 beschrieben (Symbol Nr. 12-40-01). BEISPIEL: Die Zuweisungsbedingung ist erst drei Sekunden nach dem Zustandswechsel von „a“ von „0“ nach „1“ TRUE und wird sieben Sekunden nach dem Zustandswechsel von „a“ von „1“ nach „0“ FALSE.  Der Wert von Ausgang B hängt von der Aktivität von Schritt 27 <u>und</u> dem Wert der Zuweisungsbedingung ab (siehe Zuweisungsregeln, 4.8.1).

Tabelle 5 (fortgesetzt)

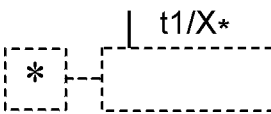
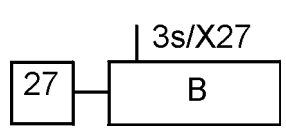
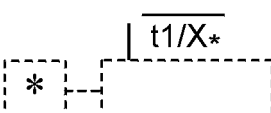
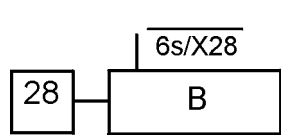
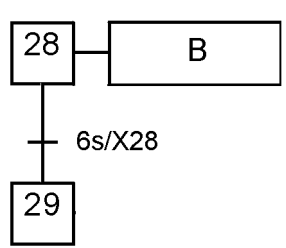
Nr.	Symbol	Beschreibung
[24]		Verzögerte Aktion (en: delayed action): Die verzögerte Aktion ist eine kontinuierlich wirkende Aktion, bei der die Zuweisungsbedingung erst nach der Zeit t1 ab Aktivierung des Schritts * erfüllt ist, um die Zuweisung des Werts TRUE an den zugehörigen Ausgang zu verzögern. BEISPIEL: Ausgang B nimmt den Wert TRUE an, nachdem drei Sekunden seit der Aktivierung von Schritt 27 vergangen sind.  ANMERKUNG Falls die Aktivitätsdauer von Schritt 27 kleiner ist als drei Sekunden, wird dem Ausgang B der Wert TRUE nicht zugewiesen.
[25]		Zeitbegrenzte Aktion (en: time limited action): Die zeitbegrenzte Aktion ist eine kontinuierlich wirkende Aktion, bei der die Zuweisungsbedingung während der Dauer t1 ab Aktivierung des Schritts * erfüllt ist, um die Zuweisung des Werts TRUE an den zugehörigen Ausgang zeitlich zu begrenzen. BEISPIEL 1: Der Ausgang B erhält den Wert TRUE nur für sechs Sekunden nach Aktivierung von Schritt 28.  ANMERKUNG Wenn die Aktivitätsdauer von Schritt 28 kleiner als sechs Sekunden ist, wird der Ausgangsvariablen B der Wert TRUE nur während der Aktivitätsdauer von Schritt 28 zugewiesen. Gleichwertige Darstellung: Um die Haltezeit für den Wert TRUE des entsprechenden Ausgangs zu begrenzen, kann der vereinfachte Verzögerungsoperator (siehe Symbol 18) mit der Transitionsbedingung für den Folgeschritt angewendet werden. BEISPIEL 2: Gleichwertige Darstellung für Beispiel 1 mit dem Symbol 18. Dem Ausgang B wird der Wert TRUE nur für sechs Sekunden nach Aktivierung von Schritt 28 zugewiesen. 

Tabelle 6 – Gespeichert wirkende Aktionen

Eine gespeichert wirkende Aktion hat im Rechteck eine Kennzeichnung (Symbol 26), welche beschreibt, wie der Ausgangsvariablen ein bestimmter Wert entsprechend den Zuordnungsregeln zugeordnet wird (siehe 4.8.2).

Die Spezifizierung der mit der gespeichert wirkenden Aktion verknüpften internen Ereignisse ist erforderlich, um anzuzeigen, wann die zugehörige Ausgangszuordnung erfolgt (siehe Zuordnungsregel, 4.8.2). Vier Symbole (Nr. 27 bis 30) ermöglichen die einfache Beschreibung unterschiedlicher Mengen interner Ereignisse, verknüpft mit gespeichert wirkenden Aktionen.

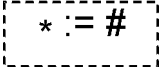
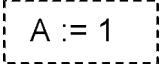
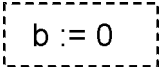
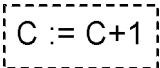
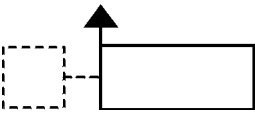
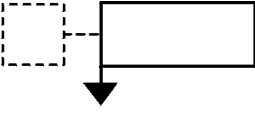
Nr.	Symbol	Beschreibung
[26]		Zuordnung des Werts # zur Variablen * (en: allocation of the value # to a variable *): Die Formulierung sagt bei einer gespeichert wirkenden Aktion aus, dass die Variable * auf den Wert # gesetzt wird, wenn eines der mit der Aktion verknüpften Ereignisse eintritt (siehe Zuordnungsregel 4.8.2) Die gespeichert wirkende Aktion, die diese Anweisung ausführt, muss <u>unbedingt</u> mit einer das interne Ereignis kennzeichnenden Darstellung verknüpft sein (Symbole 27 bis 30). Die Anweisung kann textuell im Aktionsrechteck beschrieben werden.  BEISPIEL 1: Setze den Wert der booleschen Variablen A auf TRUE. Die Formulierung „A := 1“ beschreibt die Zuweisung des Werts 1 zur booleschen Variablen A, wenn eines der mit der Aktion verknüpften Ereignisse eintritt.  BEISPIEL 2: Setze den Wert der booleschen Variablen b auf FALSE. Die Formulierung „b := 0“ beschreibt die Zuordnung des Werts 0 zur booleschen Variablen b, wenn eines der mit der Aktion verknüpften Ereignisse eintritt.  BEISPIEL 3: Erhöhung eines Zählers Die Formulierung „C := C + 1“ beschreibt die Zuordnung des Werts C + 1 zur numerischen Variablen C, wenn eines der mit der Aktion verknüpften Ereignisse eintritt.
[27]		Aktion bei Aktivierung (en: action on activation): Eine Aktion bei Aktivierung ist eine gespeichert wirkende Aktion, die mit der Menge der internen Ereignisse verknüpft ist, welche jeweils die Aktivierung des mit der Aktion verbundenen Schritts zur Folge haben. Die übliche Darstellung einer Aktion mit einem Rechteck wird vervollständigt durch einen an der linken Seite angeordneten aufwärts gerichteten Pfeil, welcher die Aktivierung des Schritts symbolisiert. 37 B := 0 BEISPIEL: Der booleschen Variablen B wird der Wert 0 zugeordnet, wenn eines der Ereignisse eintritt, welches zur Aktivierung von Schritt 37 führt.
[28]		Aktion bei Deaktivierung (en: action on deactivation): Eine Aktion bei Deaktivierung ist eine gespeichert wirkende Aktion, die mit der Menge der internen Ereignisse verknüpft ist, welche jeweils die Deaktivierung des mit der Aktion verbundenen Schritts zur Folge haben. Die übliche Darstellung einer Aktion mit einem Rechteck wird vervollständigt durch einen an der linken Seite angeordneten abwärts gerichteten Pfeil, welcher die Deaktivierung des Schritts symbolisiert. 24 K := 1 BEISPIEL: Der booleschen Variablen K wird der Wert 1 zuordnet, wenn eines der Ereignisse, angezeigt durch Deaktivierung von Schritt 24, eintritt.

Tabelle 6 – (fortgesetzt)

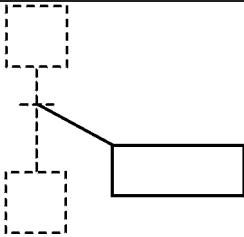
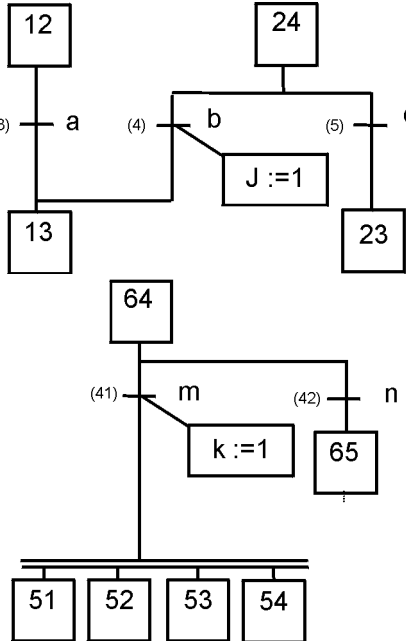
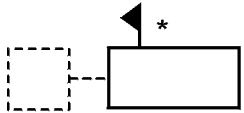
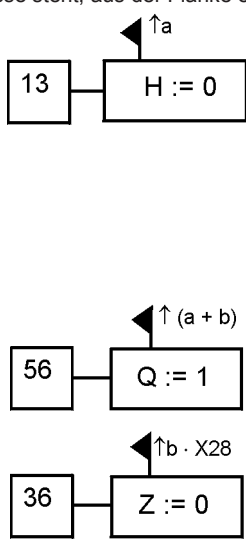
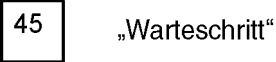
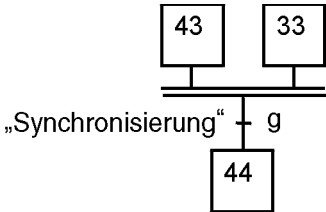
Nr.	Symbol	Beschreibung
[29]		Aktion bei Auslösung (en: action at the clearing): Eine Aktion bei Auslösung ist eine gespeichert wirkende Aktion, die mit der Menge der internen Ereignisse verknüpft ist, welche jeweils die Auslösung der mit der Aktion verbundenen Transition zur Folge haben. Die übliche Darstellung einer Aktion mit einem Rechteck wird vervollständigt durch eine diagonale Linie, welche die Aktion mit der Transition verbindet. BEISPIEL 1: Der booleschen Variablen J wird der Wert 1 zugeordnet, wenn eines der Ereignisse eintritt, welches zur Auslösung von Transition 4 führt. ANMERKUNG 1 Das gleiche Verhalten kann nicht mit der Aktion bei Aktivierung des Schritts 13 oder der Aktion bei Deaktivierung des Schritts 24 erreicht werden. BEISPIEL 2: Der booleschen Variablen K wird der Wert 1 zugeordnet, wenn eines der Ereignisse eintritt, welches zur Auslösung von Transition 41 führt. ANMERKUNG 2 Das gleiche Verhalten kann erreicht werden mit der gleichen Aktion bei Aktivierung der Schritte 51, 52, 53 oder 54. 
[30]		Aktion bei Ereignis (en: action on event): Eine Aktion bei Ereignis ist eine gespeichert wirkende Aktion, die mit jedem der internen Ereignisse verknüpft ist, welche mit dem Ausdruck * beschrieben sind, unter der Bedingung, dass der mit der Aktion verbundene Schritt aktiv ist. Die übliche Darstellung einer Aktion mit einem Rechteck wird durch ein Symbol auf der Oberseite vervollständigt, welches anzeigt, dass die Aktion von dem Eintreten eines der internen Ereignisse abhängt, welche mit dem Ausdruck * festgelegt sind. Es wird empfohlen, dass der boolesche Ausdruck *, welcher für eine Menge interner Ereignisse steht, aus der Flanke einer oder mehrerer Eingangsvariablen gebildet wird. BEISPIEL 1: Der booleschen Variablen H wird der Wert 0 zugeordnet, wenn eines der Ereignisse, dargestellt durch „↑a“, eintritt <u>und wenn gleichzeitig</u> der Schritt 13 aktiv ist. ANMERKUNG Die Kombination von der Menge der Eingangsereignisse, dargestellt durch „↑a“, und der Aktivität von Schritt 13 entspricht eigentlich einer Menge von internen Ereignissen (siehe Definition 3.6). BEISPIEL 2: Der booleschen Variablen Q wird der Wert 1 zugeordnet, wenn eines der Ereignisse, dargestellt durch „↑(a + b)“, eintritt <u>und wenn gleichzeitig</u> Schritt 56 aktiv ist. BEISPIEL 3: Der booleschen Variablen Z wird der Wert 0 zugeordnet, wenn eines der Ereignisse, dargestellt durch „↑b · X28“, eintritt <u>und wenn gleichzeitig</u> die Schritte 36 und 28 aktiv sind. 

Tabelle 7 – Kommentare, die mit Elementen eines GRAFCET-Plans verknüpft sind

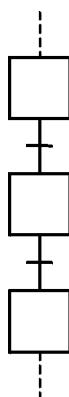
Nr.	Symbol	Beschreibung
[31]	„*“	Kommentar (en: comment): Ein Kommentar, welcher grafische Elemente eines GRAFCET-Plans betrifft, muss in Anführungszeichen gestellt werden. Der Asteriskus muss durch den Kommentar ersetzt werden.  BEISPIEL 1: Der Kommentar „Warteschritt“ bezieht sich auf Schritt 45.  BEISPIEL 2: Der Kommentar „Stempelteil“ bezieht sich auf die mit Schritt 28 verknüpfte Aktion.  BEISPIEL 3: Der Kommentar „Synchronisierung“ bezieht sich auf eine Transition.

6 Grafische Darstellung von Ablaufstrukturen

Dem Entwickler stehen für die Erstellung von GRAFCET-Plänen verschiedene, charakteristische Strukturen zur Verfügung, die der strikten Einhaltung der Bildungsregeln hinsichtlich des Wechsels von Schritten und Transitionen unterliegen.

6.1 Grundstrukturen

6.1.1 Ablaufkette



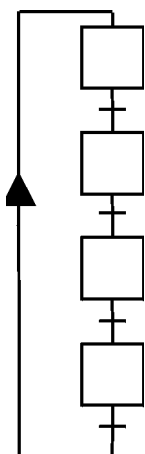
Eine Ablaufkette ist ein Folge von Schritten, in der

- jeder Schritt nur eine nachfolgende Transition hat, mit Ausnahme des letzten,
- jeder Schritt nur eine vorangehende Transition hat, die durch einen einzigen Schritt der Ablaufkette freigegeben wird, mit Ausnahme des ersten.

ANMERKUNG 1 Die Ablaufkette gilt als „aktiv“, wenn mindestens einer ihrer Schritte aktiv ist. Die Ablaufkette gilt als „nicht aktiv“, wenn keiner ihrer Schritte aktiv ist.

ANMERKUNG 2 Die Ablaufkette kann eine beliebige Anzahl von Schritten enthalten.

6.1.2 Geschlossene Ablaufkette/Einzelkette



Fall einer auf sich selbst zurückgeführten Ablaufkette, in der

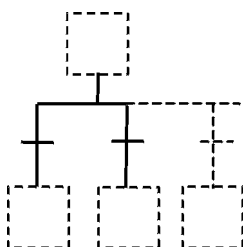
- jeder Schritt nur eine nachfolgende Transition hat,
- jeder Schritt nur eine vorangehende Transition hat, die durch einen einzigen Schritt der Ablaufkette freigegeben wird.

ANMERKUNG 1 Eine geschlossene Ablaufkette kann einen Teil-GRAFSET bilden (siehe 7.1.2).

ANMERKUNG 2 Eine geschlossene Ablaufkette muss mindestens eine der folgenden Bedingungen erfüllen, damit ihre Schritte aktiviert werden können:

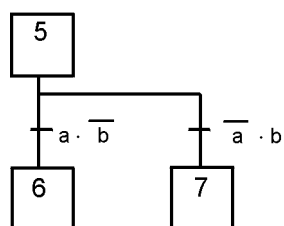
- sie muss mindestens einen Anfangsschritt haben,
- sie muss einem zwangssteuernden Befehl eines übergeordneten Teil-GRAFSET unterworfen sein (siehe 7.2),
- sie muss in einen einschließenden Schritt eingeschlossen sein (siehe 7.3).

6.1.3 Ablaufauswahl

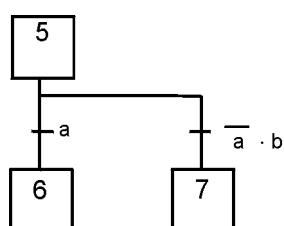


Die Ablaufauswahl bietet Alternativen zwischen mehreren Abläufen, ausgehend von einem oder mehreren Schritten. Diese Struktur wird durch ebenso viele gleichzeitig freigegebene Transitionen gekennzeichnet, wie es mögliche Abläufe gibt.

ANMERKUNG Die exklusive Aktivierung nur *eines* ausgewählten Ablaufs ist strukturell nicht garantiert. Der Entwickler muss sicherstellen, dass die Transitionsbedingungen vom zeitlichen, logischen oder mechanischen Aspekt her untereinander exklusiv sind.

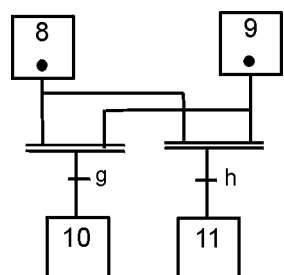


BEISPIEL 1: Die exklusive Auswahl zwischen den beiden Abläufen wird durch gegenseitigen logischen Ausschluss der zwei Entscheidungen erreicht. Wenn „a“ und „b“ gleichzeitig den Wert TRUE haben, während Schritt 5 aktiv ist, kann keine der Transitionen ausgelöst werden.



BEISPIEL 2: Ablauf mit Priorität

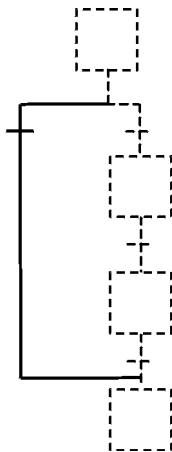
In diesem Beispiel wird der Transition von 5 nach 6 Priorität eingeräumt, die ausgelöst wird, wenn „a“ den Wert TRUE hat.



BEISPIEL 3: Auswahl von Ablaufketten unmittelbar nach Synchronisieren zweier vorangehender Ketten.

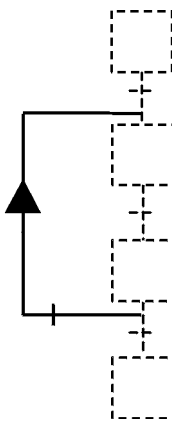
Die Auswahl der nachfolgenden Ketten mittels g und h ist nur möglich, wenn die zwei Transitionen durch die gleichzeitige Aktivität der Schritte 8 und 9 freigegeben sind (Symbol Nr. 9).

6.1.4 Überspringen von Schritten



Besonderer Fall einer Ablaufauswahl, welche erlaubt, eine ganze Kette oder einen oder mehrere Schritte einer Kette zu überspringen, wenn zum Beispiel die mit diesen Schritten verknüpften Aktionen hinfällig geworden sind.

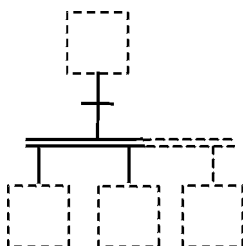
6.1.5 Rückführsprung



Besonderer Fall einer Ablaufauswahl, welche erlaubt, eine Kette wiederholt zu durchlaufen, bis zum Beispiel eine aufgestellte Bedingung erfüllt ist.

ANMERKUNG Aus Gründen der grafischen Darstellung ist es möglich, Transitionen auf horizontale Wirkverbindungen zu setzen (siehe Symbol Nr. 7, Anmerkung 3).

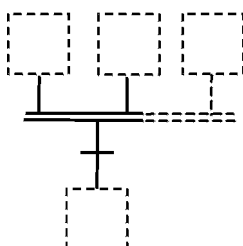
6.1.6 Aktivierung von parallelen Ablaufketten



In dieser Struktur wird das Synchronisierungssymbol Nr. 9 angewendet, um die gleichzeitige Aktivität mehrerer Ablaufketten durch einen oder mehrere Schritte anzuzeigen.

ANMERKUNG Nach ihrer gleichzeitigen Aktivierung erfolgt der Ablauf der aktiven Schritte in jeder parallelen Ablaufkette, die damit unabhängig voneinander (nebenläufig) werden.

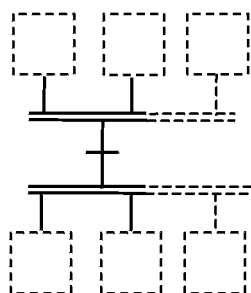
6.1.7 Synchronisieren von Ablaufketten



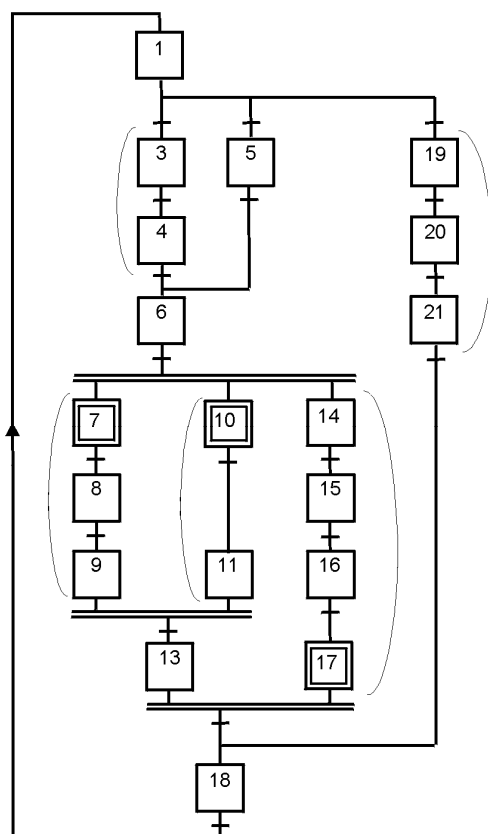
In dieser Struktur wird das Synchronisierungssymbol Nr. 9 angewendet, um das gegenseitige Warten auf Beendigung der vorangehenden Ketten anzuzeigen, ehe die nachfolgende Kette aktiviert wird.

ANMERKUNG Die Transition wird nur freigegeben, wenn alle vorangehenden Schritte aktiv sind.

6.1.8 Synchronisieren und Aktivierung von parallelen Ablaufketten



In dieser Struktur wird das Synchronisierungssymbol Nr. 9 zweimal angewendet, um das gegenseitige Warten auf Beendigung der vorangehenden Ketten anzuzeigen, ehe die nachfolgenden Ketten gleichzeitig aktiviert werden.



BEISPIEL: GRAFCET, in dem folgende Grundstrukturen zu sehen sind:

- Ablaufketten (einige sind mit runden Klammern markiert),
- eine Auswahl von Ablaufketten (vom Schritt 1 zu den Schritten 3, 5, 19),
- eine Aktivierung von parallelen Ablaufketten (abwärts nach Schritt 6),
- zwei Synchronisierungen von Ablaufketten (von den Schritten 9 und 11 zu Schritt 13 und von den Schritten 13 und 17 zu Schritt 18).

ANMERKUNG 1 Dieses Beispiel zeigt nur die Struktur des GRAFCET, der Wirkungsteil wird nicht behandelt.

ANMERKUNG 2 Dieser GRAFCET ist kein typisches Beispiel, denn ein GRAFCET wird nicht notwendigerweise rückgeführt.

6.2 Spezielle Strukturen

6.2.1 Starten einer Ablaufkette mit einem Quellschritt



Ein Quellschritt ist ein Schritt ohne irgendeine vorangehende Transition.

ANMERKUNG 1 Damit der Quellschritt aktiviert werden kann, muss er mindestens eine der folgenden Bedingungen erfüllen:

- der Quellschritt ist auch Anfangsschritt,
- der Quellschritt ist Gegenstand eines Aktivierungsbefehls eines übergeordneten Teil-GRAFCET (siehe 7.2),
- der Quellschritt ist einer der aktiven Schritte einer Umschließung (siehe 7.3).