

**GRAFCET, Spezifikationssprache für
Funktionspläne der Ablaufsteuerung**
(IEC 60848:2002) Deutsche Fassung EN 60848:2002

DIN
EN 60848

ICS 01.110; 29.020; 35.060

GRAFCET specification language for sequential function charts (IEC 60848:2002); German version EN 60848:2002

Langage de spécification GRAFCET pour diagrammes fonctionnels en séquence (CEI 60848:2002);
Version allemande EN 60848:2002

Ersatz für
DIN 40719-6:1992-02
Siehe Beginn der Gültigkeit

Die Europäische Norm EN 60848:2002 hat den Status einer Deutschen Norm.

Beginn der Gültigkeit

Die EN 60848 wurde am 2002-04-01 angenommen.

Daneben darf DIN 40719-6:1992-02 noch bis 2005-04-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 113 „Produktdatenmodelle, Informationsstrukturen, Dokumentation und graphische Symbole“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE zuständig.

Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN IEC 3B/256/CD:1999-10.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom SC 3B „Documentation“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, „dass“ der Inhalt dieser Publikation bis zum Jahr 2006 unverändert bleiben soll. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnitsnummer, 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.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

IEC hat 1997 die Benummerung der IEC-Publikationen geändert. Zu den bisher verwendeten Normnummern wird jeweils 60000 addiert. So ist zum Beispiel aus IEC 68 nun IEC 60068 geworden.

Fortsetzung Seite 2
und 51 Seiten EN

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Änderungen

Gegenüber DIN 40719-6:1992-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) EN 60848:2002 wurde übernommen;
- b) die grafische Beschreibungssprache GRAFCET zur Darstellung des Ablaufteils einer Steuerung wird beschrieben;
- c) für die Strukturelemente Schritt, Transition und Aktion werden ergänzende Symbole und Bezeichnungen eingeführt;
- d) die in der nationalen Erweiterung von DIN 40719-6 enthaltenen Festlegungen zur Darstellung von MSR-Funktionen ohne Ablaufstruktur entfallen.

Frühere Ausgaben

DIN 40719-6:1977-03, 1992-02

Deutsche Fassung

GRAFCET, Spezifikationssprache für Funktionspläne
der Ablaufsteuerung
(IEC 60848:2002)

GRAFCET specification language for sequential
function charts
(IEC 60848:2002)

Langage de spécification GRAFCET pour
diagrammes fonctionnels en séquence
(CEI 60848:2002)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2002-04-01 angenommen. Die CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, der Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 3B/344/FDIS, zukünftige 2. Ausgabe von IEC 60848, ausgearbeitet von dem SC 3B „Documentation“ des IEC TC 3 „Information structures, documentation and graphical symbols“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2002-04-01 als EN 60848 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2003-01-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2005-04-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt.

Anhänge, die als „informativ“ bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.

In dieser Norm ist Anhang ZA normativ und sind die Anhänge A, B und C informativ.

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60848:2002 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich und Zweck	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	6
4 Allgemeine Grundsätze.....	7
4.1 Zusammenhang	7
4.2 GRAFCET, eine Entwurfssprache für das Verhalten	8
4.3 GRAFCET, Kurzdarstellung	9
4.4 Bildungsregel	11
4.5 Ablaufregeln	11
4.6 Eingangsereignisse	11
4.7 Interne Ereignisse	12
4.8 Arten zur Bildung von Ausgangswerten	13
4.9 Anwendung der Ablaufregeln	13
4.10 Vergleich zwischen den zwei Arten der Berechnung von Ausgangswerten	16
5 Grafische Darstellung der Sprachelemente	17
6 Grafische Darstellung von Ablaufstrukturen.....	28
6.1 Grundstrukturen	28
6.2 Spezielle Strukturen	31
7 Strukturierung.....	34
7.1 Gliederung eines GRAFCET	34
7.2 Struktur unter Anwendung der Zwangssteuerung eines Teil-GRAFCET	36
7.3 Struktur mit Anwendung der Einschließung	37
7.4 Struktur mit Anwendung von Makroschritten	40
Anhang A (informativ) Beispiel einer Pressensteuerung.....	41
Anhang B (informativ) Beispiel: Automatisches Wiegen-Mischen.....	42
B.1 Darstellung des Beispiels.....	42
B.2 Zyklus.....	42
B.3 Funktionsbeschreibung der Steuerungseinrichtung für Wiegen und Mischen	43
B.4 Wiege-Mischer: Strukturierung nach Betriebsarten	45
Anhang C (informativ) Zusammenhang zwischen GRAFCET nach IEC 60848 und SFC nach IEC 61131-3	48
C.1 Einleitung	48
C.2 Einzelheiten.....	48
Literaturhinweise	50
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	51

Bilder

Bild 1 – Grafische Darstellung des Ablaufteils eines Systems	8
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.....	10
Bild A.1 – Darstellung eines Arbeitszyklus einer Presse mit einem GRAFCET	41
Bild B.1 – Konfigurationsschema des Wiege/Misch-Systems	42
Bild B.2 – GRAFCET eines Wiege-Mischers ausschließlich mit kontinuierlich wirkenden Aktionen.....	43
Bild B.3 – GRAFCET des Wiege-Mischers mit kontinuierlich und gespeichert wirkenden Aktionen.....	44
Bild B.4 – GRAFCET des Wiege-Mischers gegliedert in eine Grobdarstellung mit Makroschritten und eine genauere Beschreibung durch die Expansion der Makroschritte.....	45
Bild B.5 – Struktur mit Betriebsarten unter Anwendung von zwangssteuernden Befehlen	46
Bild B.6 – Struktur mit Betriebsarten unter Anwendung von einschließenden Schritten	47

Tabellen

Tabelle 1 – Schritte.....	17
Tabelle 2 – Transitionen	18
Tabelle 3 – Wirkverbindungen.....	19
Tabelle 4 – Transitionsbedingungen	20
Tabelle 4 (<i>fortgesetzt</i>).....	21
Tabelle 4 (<i>fortgesetzt</i>).....	22
Tabelle 5 – Kontinuierlich wirkende Aktionen.....	23
Tabelle 5 (<i>fortgesetzt</i>).....	24
Tabelle 5 (<i>fortgesetzt</i>).....	25
Tabelle 6 – Gespeichert wirkende Aktionen	26
Tabelle 6 – (<i>fortgesetzt</i>).....	27
Tabelle 7 – Kommentare, die mit Elementen eines GRAFCET-Plans verknüpft sind	28
Tabelle 8 – Teil-GRAFCET.....	35
Tabelle 9 – Zwangssteuerung eines Teil-GRAFCET	36
Tabelle 10 – Einschließende Schritte	37
Tabelle 10 (<i>fortgesetzt</i>).....	38
Tabelle 11 – Makroschritte	40
Tabelle A.1 – Eingänge und Ausgänge	41
Tabelle B.1 – Eingänge und Ausgänge	43
Tabelle B.2 – Zusätzliche Eingänge und Ausgänge.....	45

Einleitung

Der Hauptgrund für die Überarbeitung dieser Norm war der Wunsch der Anwender, die einheitlich festgelegte Entwurfssprache um neue Konzepte zu erweitern, um eine hierarchische und strukturierte Beschreibung zu ermöglichen.

Andererseits, in Verbindung mit den beschreibenden und funktionellen Aspekten der ersten Ausgabe, erscheint es jetzt notwendig, formale Aspekte und Verhaltensregeln hinzuzufügen, welche grundlegend für die Definition einer realen Entwurfssprache sind.

Aus diesen Gründen war eine komplette Überarbeitung des Dokuments erforderlich.

Die Norm dient hauptsächlich denen (Konstruktionsingenieure, Realisierungsingenieure, Wartungsingenieure usw.), die das Verhalten eines Systems festlegen müssen (Steuerungsbefehle von automatischen Maschinen, Sicherheitseinrichtungen usw.). Die Entwurfssprache sollte auch als Verständigungsmittel zwischen Konstrukteuren und Anwendern von automatisierten Systemen dienen.

1 Anwendungsbereich und Zweck

Diese 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 61131-1 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*.

¹⁾ GRAFCET; GRAPhe Fonctionnel de Commande Etape Transition.

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 Aufzählung erfolgt in alphabetischer Reihenfolge der englischen Benennungen.

3.1

***Aktion** (en: action)

Sprachelement (von GRAFCET), zugeordnet einem Schritt, zeigt eine Aktivität, die mit Ausgangsvariablen 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 variablen Größen, Operationen oder Zuständen

3.3

***Wirkverbindung** (en: directed link)

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

3.4

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

Funktionsplan unter Anwendung von GRAFCET

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 im Zusammenhang mit einem Zustand des Ablaufteils eines Systems

3.7

***Wirkungsteil** (en: interpretation)

Teil von GRAFCET, welches die Verbindung ermöglicht von:

- den Eingangsvariablen und der Struktur durch den Transitionszustand;
- den Ausgangsvariablen und der Struktur durch Aktionen

3.8

***Situation** (en: situation)

Namen eines Zustands 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 Kennzeichnung des Zustands des Ablaufteils eines Systems

ANMERKUNG 1 Ein Schritt kann aktiv oder inaktiv sein.

ANMERKUNG 2 Die Menge der aktiven Schritte repräsentiert den Zustand des Systems.

3.10

***Struktur** (en: structure)

Teil von GRAFCET, der die Beschreibung des möglichen Ablaufs zwischen Situationen ermöglicht

3.11**System** (en: system)

eine Gruppe von aufeinander bezogenen Elementen, die in einem definierten Zusammenhang als ein Ganzes und losgelöst von ihrer Umgebung betrachtet werden

[IEV 351-11-01]

ANMERKUNG 1 Solche Elemente können beides, 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 einzelnen Eingangsereignisses ausgelöst werden

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

Sprachelement (von GRAFCET), zeigt einen möglichen Ablauf von Aktivitäten zwischen zwei oder mehr Schritten

ANMERKUNG Der mögliche Ablauf wird in Gang gesetzt durch das Auslösen der Transition.

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

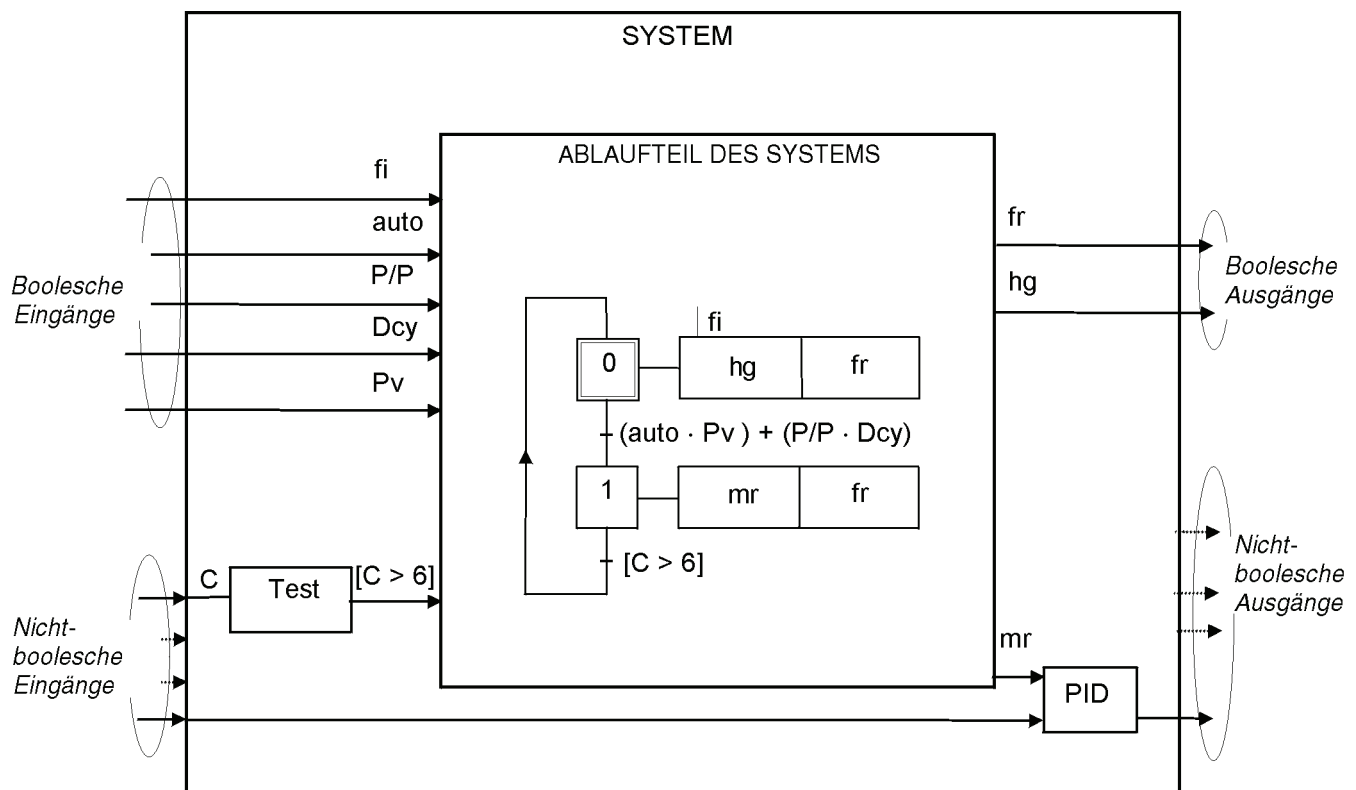
Sprachelement (von GRAFCET), zugeordnet einer Transition, zeigt das Ergebnis eines booleschen Ausdrucks

ANMERKUNG Die Transitionsbedingung kann entweder TRUE oder FALSE sein.

4 Allgemeine Grundsätze**4.1 Zusammenhang**

Die Implementierung eines Automatisierungssystems erfordert eine im Einzelnen auf Ursache und Wirkung bezogene Beschreibung. Um dies zu tun, 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 durch Erweiterung (Beispiel: Berechnung der Verknüpfung oder Zuweisung eines numerischen Werts einer Variablen) das Verhalten einer nicht-booleschen Variablen zu beschreiben.

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. Dieses Werkzeug ist im Wesentlichen durch seine grafischen Elemente gekennzeichnet, welche – verknüpft mit alphanumerischen Ausdrücken der Variablen – eine auf der indirekten Beschreibung des Zustands eines Systems beruhende theoretische 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 Fortschrittsbedingung verbunden, die die Beschreibung des Übergangs von einer Situation zur anderen erlauben.

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

- ihnen vorhergehenden Schritte,
- ihnen folgenden Schritte,
- ihnen 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 theoretischen 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 Gruppe von aktiven Schritten eines GRAFCET-Plans zu jedem bestimmten Moment repräsentiert die *Situation* dieses GRAFCET zu diesem Zeitpunkt.
- *Transition* (Definition: 3.13, Symbol 7). Eine Transition zeigt an, dass sich ein Ablauf von Aktivitäten zwischen mehreren Schritten ereignen kann. Dieser Ablauf wird durch das Auslösen der Transition vollzogen.
- *Wirkverbindung* (Definition: 3.3, Symbol 10). Eine Wirkverbindung verbindet einen oder mehrere Schritt(en) 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). Verknüpft mit jeder Transition, ist die Transitionsbedingung ein logischer Ausdruck, welcher entweder TRUE oder FALSE ist und welcher aus *Eingangsvariablen* und/oder internen Variablen gebildet wird.
- *Aktion* (Definition: 3.1). Die Aktion zeigt an, dargestellt in einem Rechteck, was mit einer *Ausgangsvariablen* geschehen soll, entweder per Zuweisung (kontinuierlich wirkende Aktion, Symbol 20) oder per Zuordnung (gespeichert wirkende Aktion, Symbol 26).

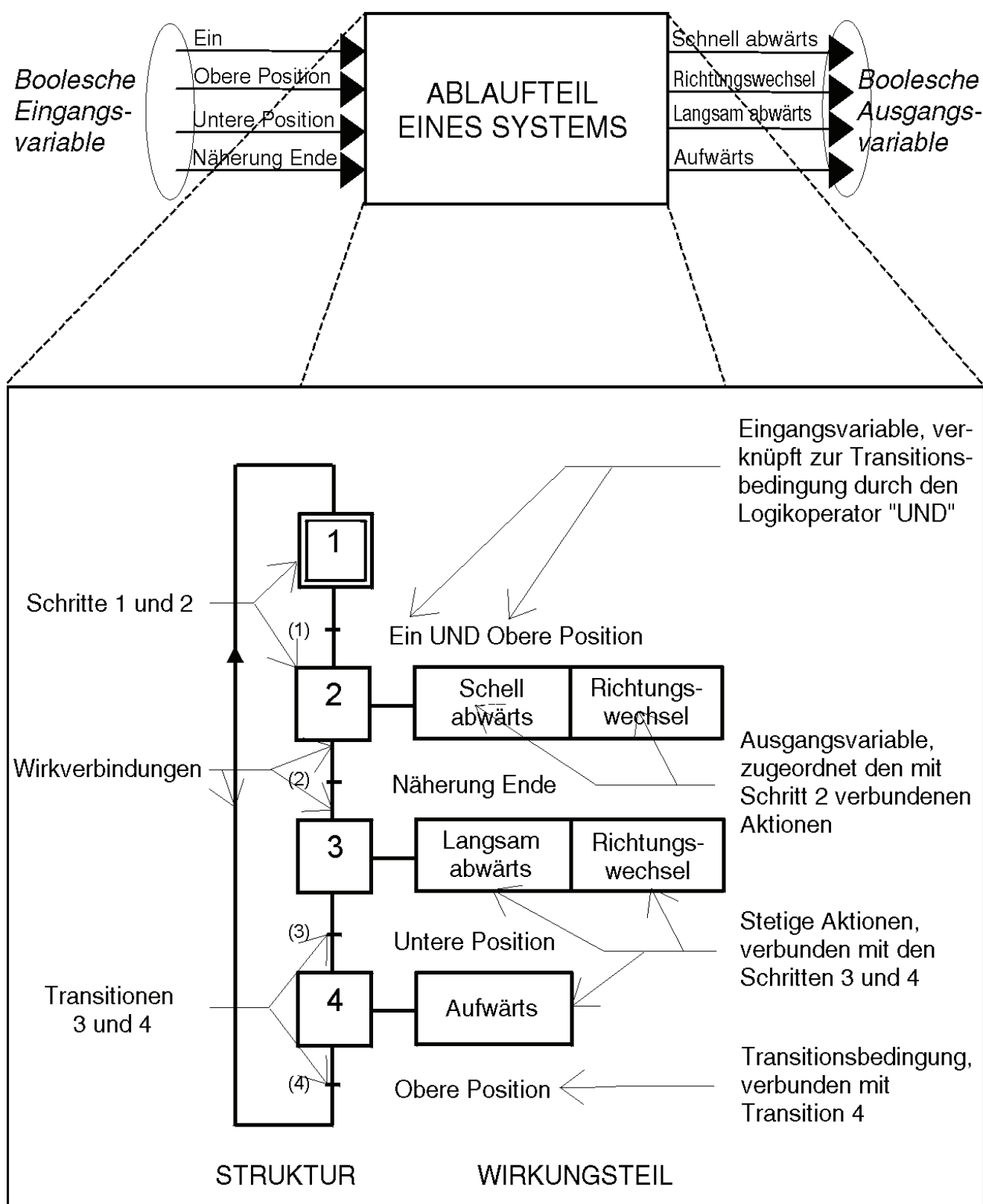


Bild 2 – Elemente von Struktur und Wirkungsteil, angewendet in einem GRAFCET-Plan zur Beschreibung des Verhaltens des Ablaufteils eines Systems, der durch seine Eingangs- und Ausgangsvariablen festgelegt ist

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 Wirkverbindung verbunden sein.
- Die Wirkverbindung darf nur einen Schritt mit einer Transition oder eine Transition mit einem Schritt verbinden.

4.5 Ablaufregeln

Da jede aktive Situation zu einem bestimmten Zeitpunkt durch die Gruppe der aktiven Schritte gekennzeichnet ist, betreffen die GRAFCET-Ablaufregeln, angewendet auf Schritte, den Ablauf 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 Entwerfer 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. Die Auslösung einer Transition erfolgt:

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

4.5.3 Ablauf aktiver Schritte

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

4.5.4 Simultane Abläufe

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

Regel 4: Mehrere Transitionen, die gleichzeitig ausgelöst werden können, werden simultan 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, muss er deshalb aktiv bleiben.

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

4.6 Eingangseignisse

Die Ablaufregeln zeigen, dass nur der Wechsel von Werten der Eingangsvariablen den Ablauf eines GRAFCET verursachen kann. Dieser Wechsel, genannt „Eingangseignis“, muss durch die vorangehenden

Werte und die darauf folgenden Werte sämtlicher Eingangsvariablen definiert werden, um dieses *einzelne* Ereignis darzustellen. In der Praxis werden eine Reihe von Eingangsereignissen lediglich durch die Zustandsänderung (steigende oder fallende Flanke) einer oder einiger booleschen Eingangsvariablen gekennzeichnet.

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

Man sagt, „das Ereignis setzt ein“ im Moment des Zustandswechsels der das Ereignis kennzeichnenden Eingangsvariablen.

4.6.1 Festlegung der Eingangsereignisse

Die Festlegung der Eingangsereignisse erfolgt durch einen logischen Ausdruck von einer oder mehreren geeigneten Variablen, und zwar häufiger in einer Transitionsbedingung. Es 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 Eingangsereignisse, bei denen der vorherige Wert der Eingangsvariablen „a“ von 0 auf 1 wechselt, unabhängig vom Wert der anderen Eingangsvariablen des Systems.

BEISPIEL 2:

$a \cdot \uparrow b$ Der Ausdruck „ $a \cdot \uparrow b$ “ steht für die Menge aller Eingangsereignisse, 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 Eingangsereignisse, 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 Eingangsereignisse auftreten. Die Verbindung zwischen einer Situation und einem Eingangsereignis, welches durch diese Situation auftreten kann, wird internes Ereignis genannt (siehe 3.6). Dieses Konstrukt wird hauptsächlich vom Konstrukteur verwendet, um eine Ausgangsanweisung von einer Gruppe von internen Ereignissen abhängig zu machen (siehe 4.8.2). Die Kennzeichnung der Menge interner Ereignisse wird wie nachfolgend beschrieben realisiert.

4.7.1 Interne Ereignisse gekennzeichnet durch Schritt-Aktivierung

Die Schritt-Aktivierung, grafisch dargestellt (Symbol 27), kennzeichnet die Menge von internen Ereignissen, von denen jede 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 jede 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 jede 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 ist und die Zuweisungsbedingung erfüllt ist. Die Zuweisungsbedingung ist ein logischer 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 des Werts der Ausgangsvariablen (TRUE oder FALSE).

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

Zuweisungsregel: In *einer gegebenen Situation* wird den Werten der Ausgänge, die sich auf kontinuierlich wirkende Aktionen beziehen,

- der Wert TRUE zugewiesen, und zwar 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 den auferlegten Wert annimmt und behält, wenn eines dieser Ereignisse einsetzt.

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

Der Wert eines Ausgangs, welcher von einer gespeichert wirkenden Aktion abhängt, bleibt unverändert, bis ein neues hierzu bestimmtes Ereignis diesen Wert ändert.

Zuordnung bezieht sich auf das Speichern eines bestimmten Werts, der sich auf die Ausgangsvariable zum betrachteten Zeitpunkt auswirkt.

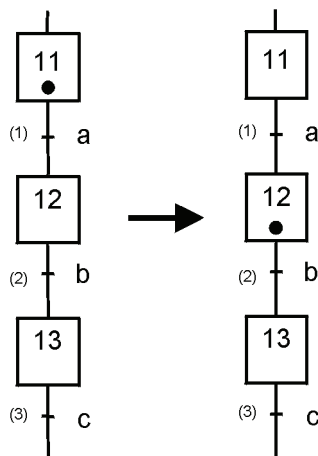
Zuordnungsregel: Dem Wert eines Ausgangs, bezogen auf eine gespeichert wirkende Aktion und verknüpft mit einem internen Ereignis, wird der angezeigte Wert zugeordnet, wenn das festgelegte interne Ereignis einsetzt; der Wert dieses Ausgangs ist null bei Initialisierung.

4.9 Anwendung der Ablaufregeln

Die anschauliche Interpretation des Ablaufs, als „Schritt für Schritt“ bezeichnet, bezeichnet den fortschreitenden Weg, der es zulässt – bei Auftreten eines Eingangsereignisses und aus einer vorigen Situation –, die nachfolgende Situation dieses Ereignisses 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 hat.

4.9.1 Nicht-transienter Ablauf

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



BEISPIEL: „Nicht-transienter Ablauf“

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

Anschauliche Interpretation des Ablaufs:

Der Wechsel des Werts in „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.

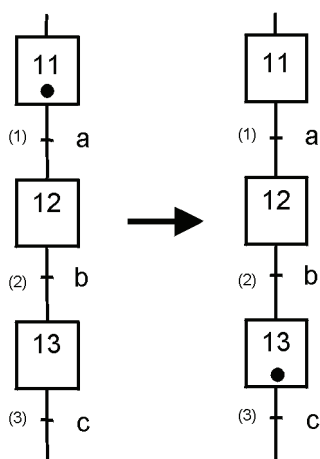
Reale Interpretation des Ablaufs:

Das Einsetzen von einem der Eingangsereignisse, wie dem Wechsel des Werts „a“ von 0 auf 1, führt unmittelbar zur Folgesituation: Schritt 12 aktiv.

4.9.2 Transienter Ablauf

In einigen Fällen kann die Anwendung der Ablaufregeln zur aufeinander folgenden Auslösung einiger Transitionen führen (in mehreren Ablaufstufen), wenn die mit den nachfolgenden Transitionen verbundenen Transitionsbedingungen bereits den Wert TRUE besitzen, da die ersten betrachteten Transitionen ausgelöst sind. Die entsprechende Beschreibung, als transient bezeichnet, nutzt diesen eingeschlagenen Weg, um zu zeigen, wie man sich von einer vorherigen Situation zu einer nachfolgenden Situation begibt (siehe 3.9).

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



BEISPIEL: „Transienter Ablauf“

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

Anschauliche Interpretation des Ablaufs:

Der Wechsel vom Wert „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.

Reale Interpretation des Ablaufs:

Das Einsetzen eines der Eingangsereignisse, wie der Wechsel des Werts „a“ von 0 nach 1, 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).