

DIN EN 60848

ICS 29.020

Ersatz für
DIN EN 60848:2002-12
Siehe Anwendungsbeginn

**GRAFCET, Spezifikationssprache für Funktionspläne der
Ablaufsteuerung
(IEC 60848:2013);
Deutsche Fassung EN 60848:2013**

GRAFCET specification language for sequential function charts
(IEC 60848:2013);
German version EN 60848:2013

Langage de spécification GRAFCET pour diagrammes fonctionnels en séquence
(CEI 60848:2013);
Version allemande EN 60848:2013

Gesamtumfang 57 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2013-04-03 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2014-12-01.

Für DIN EN 60848:2002-12 besteht eine Übergangsfrist bis 2016-04-03.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 60848:2011-06.

Für dieses Dokument 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.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 3 „Information structures, documentation and graphical symbols“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem Datum (stability date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu dieser Publikation angegeben ist. 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 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.

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.

Änderungen

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

- a) Mit dieser Ausgabe steht eine umfassende technische Überarbeitung zur Verfügung mit einer erweiterten Definition des Variablen-Konzeptes: Einführung von interner Variabel, Eingangsvariabel und Ausgangsvariabel.

Frühere Ausgaben

DIN 40719-6: 1992-02

DIN EN 60848: 2002-12

GRAFCET, Spezifikationssprache für Funktionspläne der Ablaufsteuerung
(IEC 60848:2013)

GRAFCET specification language for sequential
function charts
(IEC 60848:2013)

Langage de spécification GRAFCET pour
diagrammes fonctionnels en séquence
(CEI 60848:2013)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2013-04-03 angenommen. 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 CEN-CENELEC Management Centre 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 CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

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

Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2013 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 60848:2013 D

Vorwort

Der Text des Dokuments 3/1135/FDIS, zukünftige 3. Ausgabe der IEC 60848, erarbeitet vom SC 3B „Documentation“ des IEC/TC 3 „Information structures, documentation and graphical symbols“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN 60848:2013 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2014-01-03
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2016-04-03

Dieses Dokument ersetzt EN 60848:2002.

EN 60848:2013 enthält die folgenden wesentlichen technischen Änderungen gegenüber EN 60848:2002:

Mit dieser Ausgabe steht eine umfassende technische Überarbeitung zur Verfügung mit einer erweiterten Definition des Variablen-Konzeptes: Einführung von interner Variabel, Eingangsvariabel und Ausgangsvariabel.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC [und/oder CEN] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 60848:2013 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung ist unter „Literaturhinweise“ zu der aufgelisteten Norm die nachstehende Anmerkung einzutragen:

IEC 61131-3:2003 ANMERKUNG Harmonisiert als EN 61131-3:2003 (nicht modifiziert).

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
3.1 GRAFCET-spezifische Begriffe	7
3.2 Allgemeine Begriffe	9
4 Allgemeine Grundsätze	10
4.1 Zusammenhang	10
4.2 GRAFCET, eine Entwurfssprache für das Verhalten	10
4.3 GRAFCET, Kurzdarstellung	11
4.3.1 Allgemeines	11
4.3.2 Struktur	11
4.3.3 Elemente des Wirkungsteils	11
4.4 Bildungsregel	12
4.5 Ablaufregeln	13
4.5.1 Allgemeines	13
4.5.2 Anfangssituation	13
4.5.3 Auslösen einer Transition	13
4.5.4 Ausführen aktiver Schritte	13
4.5.5 Simultane Abläufe	13
4.5.6 Simultane Aktivierung und Deaktivierung eines Schritts	13
4.6 Eingangereignisse	14
4.6.1 Allgemeines	14
4.6.2 Festlegung der Eingangereignisse	14
4.7 Interne Ereignisse	14
4.7.1 Allgemeines	14
4.7.2 Interne Ereignisse, gekennzeichnet durch Schritt-Aktivierung	15
4.7.3 Interne Ereignisse, gekennzeichnet durch Deaktivierung eines Schritts	15
4.7.4 Interne Ereignisse, gekennzeichnet durch Auslösen einer Transition	15
4.8 Arten zur Bildung von Ausgangswerten	15
4.8.1 Allgemeines	15
4.8.2 Kontinuierlich wirkende Art (Zuweisung durch Zustand)	15
4.8.3 Gespeichert wirkende Art (Zuordnung durch Ereignis)	15
4.9 Anwendung der Ablaufregeln	16
4.9.1 Allgemeines	16
4.9.2 Nicht-transienter Ablauf	16
4.9.3 Transienter Ablauf	16

	Seite
4.9.4 Auswirkungen eines transienten Ablaufs auf Zuweisungen.....	17
4.9.5 Auswirkung eines transienten Ablaufs auf Zuordnungen.....	17
4.10 Vergleich zwischen den zwei Arten der Bildung von Ausgangswerten.....	18
4.10.1 Allgemeines	18
4.10.2 Festlegung der Ausgangswerte.....	18
4.10.3 Analyse der Ausgangswertigkeiten eines GRAFCET-Plans zu einem festgelegten Zeitpunkt.....	18
4.10.4 Aktionen in Bezug auf transiente Abläufe	19
4.10.5 Möglicher Konflikt der Ausgangswertigkeit	19
5 Grafische Darstellung der Sprachelemente	19
6 Grafische Darstellung von Ablaufstrukturen.....	32
6.1 Allgemeines	32
6.2 Grundstrukturen.....	32
6.2.1 Ablaufkette.....	32
6.2.2 Geschlossene Ablaufkette/Einzelkette	32
6.2.3 Ablaufauswahl	33
6.2.4 Überspringen von Schritten	33
6.2.5 Rückführsprung	34
6.2.6 Aktivierung von parallelen Ablaufketten	34
6.2.7 Synchronisieren von Ablaufketten	34
6.2.8 Synchronisieren und Aktivierung von parallelen Ablaufketten	35
6.3 Spezielle Strukturen	36
6.3.1 Starten einer Ablaufkette mit einem Quellschritt	36
6.3.2 Beenden einer Ablaufkette durch einen Schlussschritt.....	37
6.3.3 Starten einer Ablaufkette mit einer Quelltransition.....	38
6.3.4 Beenden einer Ablaufkette mit Schlusstransition.....	38
7 Strukturierung	39
7.1 Allgemeines	39
7.2 Gliederung eines GRAFCET	39
7.2.1 Verbundener GRAFCET	39
7.2.2 Teil-GRAFCET	39
7.3 Strukturierung unter Anwendung der Zwangssteuerung eines Teil-GRAFCET.....	40
7.4 Strukturierung mit Anwendung der Einschließung	42
7.5 Strukturierung mit Anwendung von Makroschritten	45
Anhang A (informativ) Beispiel einer Pressensteuerung	46
Anhang B (informativ) Beispiel: Automatisches Wiege-Mischen.....	47
B.1 Darstellung des Beispiels	47
B.2 Zyklus	47
B.3 Funktionsbeschreibung der Steuerungseinrichtung für Wiege-Mischen.....	48

	Seite
B.4 Wiege-Mischer: Strukturierung nach Betriebsarten	50
Anhang C (informativ) Zusammenhang zwischen GRAFCET nach IEC 60848 und SFC nach IEC 61131-3	53
C.1 Einleitung.....	53
C.2 Einzelheiten.....	53
C.3 Mögliche zukünftige Entwicklungen	54
Literaturhinweise	55

Bilder

Bild 1 – Grafische Darstellung des Ablaufteils eines Systems.....	10
Bild 2 – Elemente von Struktur und Wirkungsteil, angewendet in einem GRAFCET-Plan zur Beschreibung des Verhaltens des Ablaufteils eines Systems, welches durch seine Eingangs- und Ausgangsvariablen bestimmt ist	12
Bild 3 – Beispiel für einen GRAFCET mit Einschließungen (mit Erläuterungen)	44
Bild A.1 – Darstellung eines Arbeitszyklus einer Presse mit einem GRAFCET.....	46
Bild B.1 – Konfigurationsschema des Wiege-Misch-Systems.....	47
Bild B.2 – GRAFCET eines Wiege-Mischers ausschließlich mit kontinuierlich wirkenden Aktionen	48
Bild B.3 – GRAFCET des Wiege-Mischers mit kontinuierlich und gespeichert wirkenden Aktionen	49
Bild B.4 – GRAFCET des Wiege-Mischers, gegliedert in eine Grobdarstellung mit Makroschritten und eine genauere Beschreibung durch die Expansion der Makroschritte	50
Bild B.5 – Struktur mit Betriebsarten unter Anwendung von zwangssteuernden Befehlen	51
Bild B.6 – Struktur mit Betriebsarten unter Anwendung von einschließenden Schritten	52

Tabellen

Tabelle 1 – Schritte.....	20
Tabelle 2 – Transitionen	21
Tabelle 3 – Wirkverbindungen.....	22
Tabelle 4 – Transitionsbedingungen	23
Tabelle 5 – Kontinuierlich wirkende Aktionen.....	27
Tabelle 6 – Gespeichert wirkende Aktionen.....	30
Tabelle 7 – Kommentare, die mit Elementen eines GRAFCET-Plans verknüpft sind	31
Tabelle 8 – Teil-GRAFCET.....	40
Tabelle 9 – Zwangssteuerung eines Teil-GRAFCET	41
Tabelle 10 – Einschließende Schritte.....	42
Tabelle 11 – Makroschritte	45

Einleitung

Diese Internationale Norm richtet sich vornehmlich an Personen wie z. B. Entwicklungs-, Änderungs- oder Wartungsingenieure, die das Verhalten eines Systems, beispielsweise zur automatischen Steuerung, zu Sicherheitseinrichtungen usw. festlegen. Diese Entwurfssprache sollte auch als Verständigungsmittel zwischen Entwicklern und Anwendern von automatisierten Systemen dienen.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt eine grafische Entwurfssprache für die funktionale Beschreibung des Verhaltens des Ablaufteils eines Steuerungssystems fest. 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“, spezifiziert in IEC 61131-3, in der eine Reihe von Programmiersprachen für programmierbare Steuerungen festgelegt 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 Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

(Leer)

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ANMERKUNG Die Begriffe in 3.1 gelten nur in Zusammenhang mit der grafischen Entwurfssprache.

3.1 GRAFCET-spezifische Begriffe

3.1.1

Aktion

(en: action)

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

3.1.2

Wirkungslinie

(en: directed link)

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

3.1.3

GRAFCET-Plan

(en: GRAFCET chart)

mit GRAFCET dargestellter Funktionsplan

Anmerkung 1 zum Begriff: Der „GRAFCET-Plan“ kann in Kurzform auch „GRAFCET“ genannt werden.

¹⁾ GRAFCET: GRaphe Fonctionnel de Commande Etape Transition.

3.1.4

Eingangseignis

(en: input event)

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

3.1.5

internes Ereignis

(en: internal event)

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

3.1.6

Wirkungsteil

(en: interpretation)

Teil von GRAFCET, welches die Verbindung ermöglicht von:

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

3.1.7

Situation

(en: situation)

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

3.1.8

Schritt

(en: step)

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Schritt kann aktiv oder inaktiv sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Menge der aktiven Schritte stellt die Situation des Systems dar.

3.1.9

transienter Ablauf

(en: transient evolution)

Ablauf, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere aufeinanderfolgende Transitionen durch das Auftreten eines einzigen Eingangseignisses ausgelöst werden

3.1.10

Transition

(en: transition)

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Der mögliche Übergang erfolgt beim Auslösen der Transition.

3.1.11

Transitionsbedingung

(en: transition condition)

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

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Transitionsbedingung kann entweder TRUE oder FALSE sein.

3.1.12

Variable

(en: variable)

skalare Größe, welche durch einen Namen und einen booleschen oder numerischen Wert festgelegt ist

3.1.13

EingangsvARIABLE

(en: input variable)

Variable, welche das durch GRAFCET dargestellte Verhalten beeinflussen kann

BEISPIEL Boolesche Variable, die die Verletzung eines Temperaturgrenzwerts anzeigt.

Anmerkung1 zum Begriff: Die Variable kann aus der Umgebung oder von einer anderen Systemkomponente stammen.

3.1.14

AusgangsvARIABLE

(en: output variable)

Variable, welche durch das in GRAFCET dargestellte Verhalten beeinflusst werden kann

BEISPIEL Einstellwert eines PID-Reglers.

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Variable kann aus der Umgebung oder von einer anderen Systemkomponente stammen.

3.1.15

interne Variable

(en: internal variable)

boolesche oder numerische Variable, welche ein GRAFCET beeinflussen kann

BEISPIEL Sollwert eines PID-Reglers.

3.2 Allgemeine Begriffe

3.2.1

Plan

Diagramm

(en: chart, graph)

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

3.2.2

Struktur

(en: structure)

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

3.2.3

System

(en: system)

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

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

Anmerkung 2 zum Begriff: 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 zum Begriff: Die Sprache GRAFCET kann zur Beschreibung des logischen Verhaltens von Systemen beliebiger Art angewendet werden.

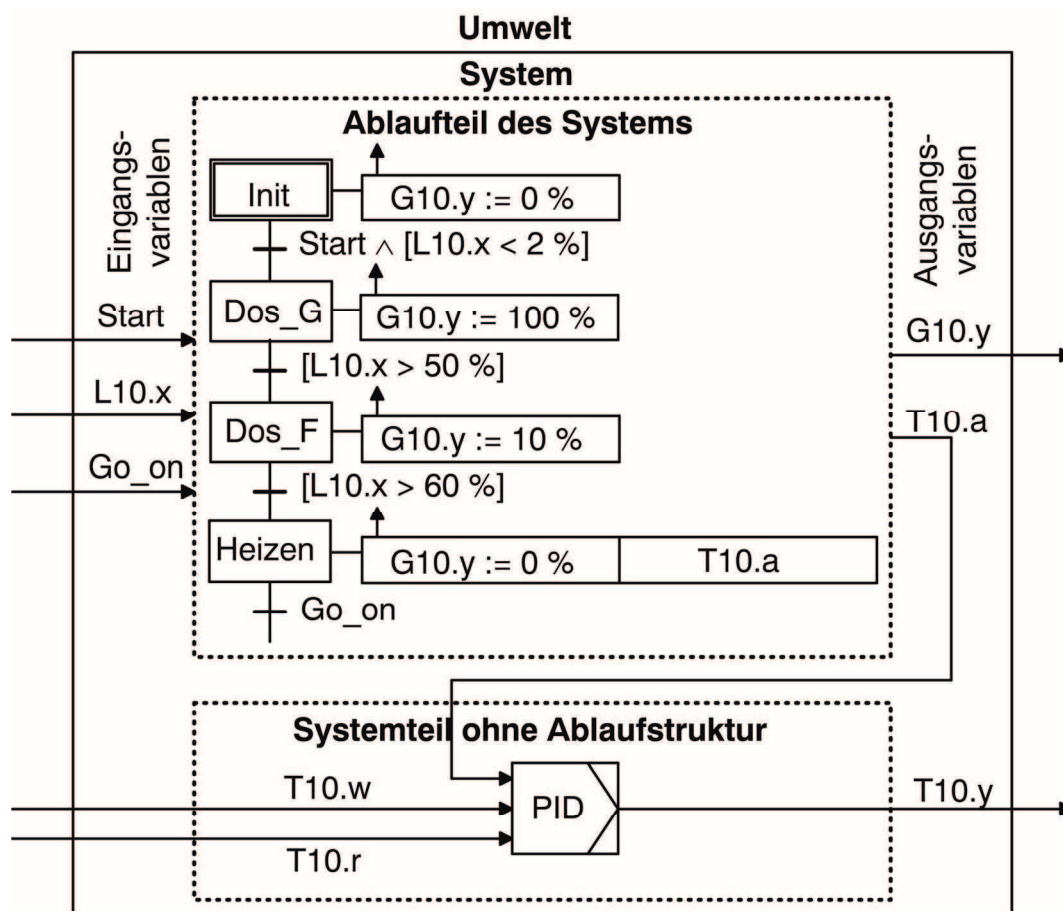
[QUELLE: IEC 60050-351:1998, 351-11-01]

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 Bild 1). Das Ziel von GRAFCET besteht darin, das Verhalten des Ablaufteils eines Systems zu spezifizieren.



L10.x Füllstand

G10.y Stellung Dosierventil

T10.a Temperaturregler in Automatik

T10.w Temperatur-Sollwert

T10.r Temperatur-Istwert

T10.y Temperaturregler – Stellwert

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 zur Wechselfolge von Schritt – Transition führt.

4.3 GRAFCET, Kurzdarstellung

4.3.1 Allgemeines

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

- die Struktur, welche erlaubt mögliche Entwicklungen zwischen den Situationen zu beschreiben,
- den Wirkungsteil, welcher erlaubt Beziehungen zwischen den Eingangs- und Ausgangsvariablen und der Struktur offen zu legen. (Ablauf-, Zuweisungs- und Zuordnungsregeln sind erforderlich, um diesen Wirkungsteil zu erhalten.)

Symbole für GRAFCET-Elemente, welche Schritte in einem Ablauf und Verbindungen zwischen Schritten darstellen, sind in den Tabellen 1 bis 4 in Abschnitt 5 dargestellt.

4.3.2 Struktur

Die Struktur enthält folgende Bestandteile:

- Schritt (Begriff: 3.1.8, 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 (Begriff: 3.1.10, Symbol [7]). Eine Transition zeigt an, dass sich ein Übergang von Aktivitäten zwischen zwei oder mehr Schritten ereignen kann. Dieser Übergang tritt beim Auslösen der Transition ein.
- Wirkungslinie (Begriff: 3.1.2, Symbol [10]). Eine Wirkungslinie verbindet einen oder mehrere Schritte mit einer Transition oder eine Transition mit einem oder mehreren Schritten.

4.3.3 Elemente des Wirkungsteils

Folgende Elemente werden im Wirkungsteil angewendet:

- Transitionsbedingung (Begriff: 3.1.11, 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 (Begriff: 3.1.1). Eine Aktion wird in einem Rechteck dargestellt und zeigt an, was mit einer Ausgangsvariablen oder einer internen Variablen geschehen soll, entweder per Zuweisung (kontinuierlich wirkende Aktion, Symbol [20]) oder per Zuordnung (gespeichert wirkende Aktion, Symbol [26]).

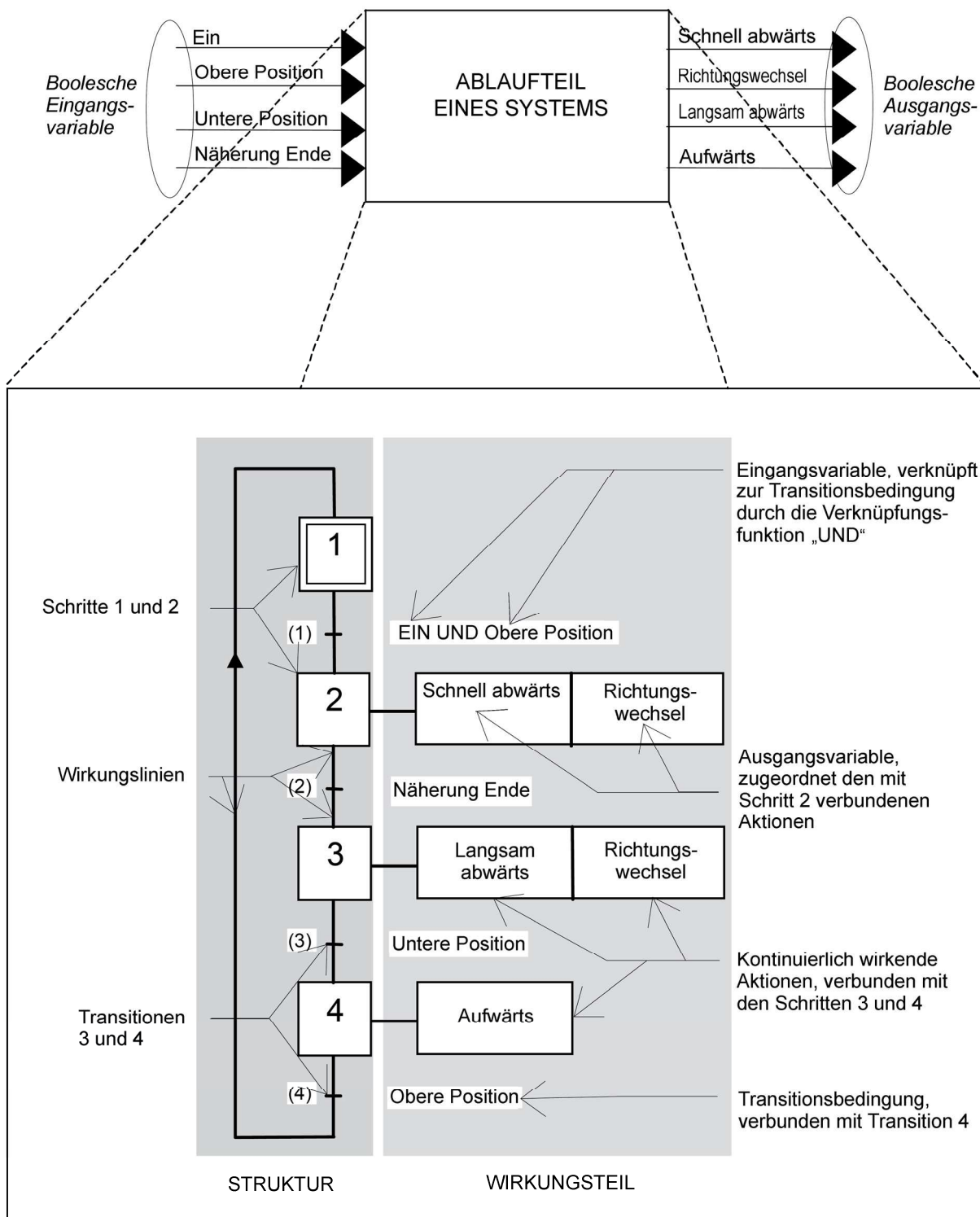


Bild 2 – Elemente von Struktur und Wirkungsteil, angewendet in einem GRAFCET-Plan zur Beschreibung des Verhaltens des Ablaufteils eines Systems, welches durch seine Eingangs- und Ausgangsvariablen bestimmt ist

4.4 Bildungsregel

Die Wechselfolge 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

4.5.1 Allgemeines

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.

4.5.2 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.

4.5.3 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.

4.5.4 Ausführen aktiver Schritte

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

4.5.5 Simultane Abläufe

Die Entwicklung zwischen zwei aktiven 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.

4.5.6 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 Eingangsergebnisse

4.6.1 Allgemeines

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

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 zum Wert 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 Wert 1 zum Wert 0 der betreffenden Variablen.

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

4.6.2 Festlegung der Eingangsergebnisse

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

BEISPIEL 1:

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

BEISPIEL 3:

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

ANMERKUNG Bei Anwendung in einer Transitionsbedingung könnte dieser Ausdruck zu einem transienten Ablauf führen (siehe 3.1.9^{N1)}).

4.7 Interne Ereignisse

4.7.1 Allgemeines

Ausgehend von einer gegebenen Situation können nur bestimmte Eingangsergebnisse auftreten. Die Verbindung zwischen einer Situation und einem Eingangsergebnis, welches in dieser Situation auftreten kann, wird internes Ereignis genannt (siehe 3.1.5^{N2)}). Dieser Begriff wird hauptsächlich vom Entwickler verwendet, um eine Ausgangsanweisung von einer Menge von internen Ereignissen abzuleiten (siehe 4.8.3). Mengen interner Ereignisse werden wie folgt beschrieben.

^{N1)} Nationale Fußnote: Referenz aktualisiert.

^{N2)} Nationale Fußnote: Referenz aktualisiert.

4.7.2 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.

4.7.3 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.

4.7.4 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

4.8.1 Allgemeines

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.

4.8.2 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) legt die Zuweisungen für alle Ausgangsvariablen in dieser Situation fest.

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).

4.8.3 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 spezifiziertes 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 spezifizierte interne Ereignis einsetzt; der Wert der Variablen ist FALSE (boolesche Variable) oder null (numerische Variable) bei Initialisierung.

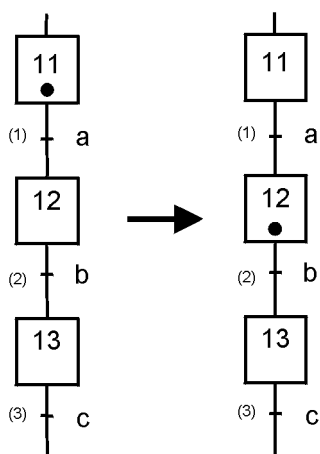
4.9 Anwendung der Ablaufregeln

4.9.1 Allgemeines

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 aufeinanderfolgende 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.

4.9.2 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.

4.9.3 Transienter Ablauf

In einigen Fällen kann die Anwendung der Ablaufregeln dann zur aufeinanderfolgenden 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 3.1.9^{N3)}).

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.

^{N3)} Nationale Fußnote: Referenz aktualisiert.