

Wellenreuther, Günter; Zastrow, Dieter

## **Automatisieren mit SPS Theorie und Praxis**

Programmierung:

IEC 61131-3, STEP 7-Lehrgang, Lösungsverfahren, Bausteinbibliothek

SPS-Anwendungen:

Steuerungen, Regelungen, erläuterte Sicherheitsnormen

Kommunikation

AS-i-Bus, PROFIBUS, PROFINET

Ethernet-TCP/IP, Web-Technologien, OPC

3., vollst. überarb. und erw. Auflage 2005.

Mit mehr als 801 Seiten, 101 Beispiele und 6 Projektierungen, Geb. € 36,90

ISBN 3-528-239010-7

### **Inhaltsübersicht**

#### **I Automatisierung, SPS, Variablen und Daten**

##### **1 Einführung**

Automatisierung

Kommunikation

Sicherheit von Steuerungen

##### **2 Aufbau und Funktion der Automatisierungsgeräte**

Verfügbare Automatisierungsgeräte

Struktur und Funktionsweise einer SPS-CPU

Zentrale Prozessperipherie einer S7-SPS

Programmiersprachen und Programmorganisationseinheiten nach DIN EN 61131

Projektierungssystem STEP 7

##### **3 Variablen, Datentypen, Zahlenformate**

Variablendeklaration in STEP 7

Variablendeklaration gemäß DIN EN 61131-3

Datentypen

Zahlendarstellung

#### **II Operationsvorrat der SPS**

##### **4 Binäre Operationen**

Grundverknüpfungen

Speicher

Flankenauswertung

Zeitfunktionen: DIN EN 61131-3, STEP 7

Erzeugung von Taktsignalen

Zählerfunktionen: DIN EN 61131-3, STEP 7

- 5 Operationen zur Programm-Ausführungssteuerung: DIN EN 61131, STEP 7**
  - Sprungfunktionen;
  - Bausteinfunktionen in den Sprachen AWL, FUP und ST
- 6 Digitale Operationen: DIN EN 61131-3, STEP 7**
  - Übertragungsfunktionen in den Sprachen AWL, FBS (FUP), ST (SCL)
  - Akkumulator-Funktionen
  - Vergleichsfunktionen
  - Schiebefunktionen
  - Umwandlungsfunktionen
  - Arithmetische Funktionen
  - Nummerische Funktionen
  - Indirekte Adressierung in AWL und ST (SCL)

### **III Analogwertverarbeitung und Regelungen**

- 7 Analogwertverarbeitung**
  - Analogwertdarstellung
  - Anschluss von Messgebern und Lasten
  - Messwerte einlesen und normieren
  - Ausgeben von normierten Analogwerten
- 8 Regeln mit Automatisierungsgeräten**
  - Regelungstechnische Grundbegriffe, Regelstrecke, Regler
  - Grundlagen digitaler Regler
  - Regler-Programmbausteine: Zweipunkt, Dreipunkt, PID, PI-Schritt

### **IV Beschreibungsmittel zum Entwurf von Steuerungsprogrammen**

- 9 Tabellen**
  - Funktionstabellen
  - RS-Tabelle
  - Zuordner
- 10 Ablaufsteuerungen**
  - Konzeption und Normungsquellen
  - Grafische Darstellung von Ablaufsteuerungsfunktionen
  - Umsetzung des Ablauffunktionsplans mit SR-Speichen
  - Umsetzung des Ablauffunktionsplans mit standardisierter Bausteinstruktur
  - Ablaufsteuerungen mit wählbaren Betriebsarten
  - Komplexe Ablaufsteuerungen
- 11 Freigrafischer Funktionsplan**
  - Nutzen des freigrafischen Funktionsplans (CFC)
  - Symbole
- 12 Ablaufstrukturmethode**
  - Programmablaufplan, Struktogramm
  - AWL-Programmierung nach Vorlage von PAP und Struktogramm
  - ST-Programmierung nach Vorlage von Struktogrammen

**13 Zustandsgraph, S7-HiGraph**

Zustandsgraph-Darstellung  
Umsetzung von Zustandsgraphen in ein Steuerungsprogramm  
Zeigerprinzip bei Zustandsgraphen  
Graphengruppe

**V Bussysteme in der Automatisierungstechnik**

**14 SPS- und PC-Stationen an Bussysteme anschließen**

PROFIBUS DP, PROFINET, Industrial Ethernet-TCP/IP

**15 AS-i-Bus**

Grundlagen  
Projektierung eines AS-i-Bussystems

**16 PROFIBUS**

Grundlagen  
Projektierung PROFIBUS DP

**17 Ethernet-TCP/IP**

Grundlagen  
Projektierung Industrial Ethernet

**18 PROFINET- Offener Industrial Ethernet Standard**

Grundlagen  
Projektierung PROFINET IO

**VI Informationstechnologien zur Integration von Betriebsführung –  
und Fertigungsabläufen**

**19 Industrielle Kommunikation - Überblick**

Horizontale Kommunikation in der Fertigungsebene  
Vertikale Kommunikation für betriebliche Abläufe  
Dienste im ISO-OSI-Kommunikationsmodell  
Netzkomponenten im ISO-OSI-Kommunikationsmodell

**20 Web-Technologien in der Automatisierungstechnik**

Client-Server-Struktur, HTTP, HTML, URL, Web-Server, Java-Applets/Script  
Projektierung einer SPS-Webseite

**21 OPC-Kommunikation – Zugang zu Prozessdaten**

OPC-Client, OPC-Server, OPC XML  
Programmierung und Projektierung einer Excel-SPS-Verbindung über OPC

**VII Sicherheit von Steuerungen**

**22 Aufbau des sicherheitstechnischen Regellwerkes**

Europäisches Normenwerk zur Sicherheit von Maschinen  
Rechtliche Bedeutung europäischer Richtlinien und Normen  
Rechtliche Bedeutung von VDE-Bestimmungen  
Bedeutung der Symbole CE- Kennzeichen und VDE-Gütezeichen  
Arbeitssicherheit/Unfallverhütung

**23 Grundsätze der Maschinensicherheit**

Sicherheitsbegriff

Wege zur sicheren Steuerung

Risiko-Beurteilung, Risikograph nach DIN EN 954-1

**24 Elektrische Ausrüstung von Maschinen nach DIN EN 60204-1**

Netzanschluss und Einrichtungen zum Trennen und Ausschalten

Schutz der Ausrüstung

Steuerstromkreise und Steuerfunktionen

Elektronische Ausrüstung

**25 Sicherheitstechnologien**

Bewährte Prinzipien elektromechanischer Sicherheitstechnik

Relais- und Schütz-Sicherheitstechnik

Sicherheitsschaltgeräte für NOT-AUS-Überwachung

Auswertegeräte für Lichtvorhänge

Fehlersichere Kommunikation über Standard-Bussysteme:

- AS-Interface Safety at Work
- PROFISafe auf PROFIBUS DP-Protokoll

**Anhang:**

- I. Zusammenstellung der Bibliotheksbausteine
- II. Operationslisten der Steuerungssprache STEP 7

**Weiterführende Literatur und Downloads****Sachwortverzeichnis****Download der Bibliotheksbausteine und STEP 7-Lösungen der Beispiele****Buchkonzeption und Zielgruppe**

Das Lehrbuch vermittelt die Grundlagen des Lehr- und Studienfachs Automatisierungstechnik hinsichtlich der Programmierung von SPS-Systemen und die Kommunikation dieser Geräte über industrielle Bussysteme sowie die Grundlagen der Steuerungssicherheit. Das Lehrbuch ist unterrichtsbegleitend konzipiert und für Studierende an Fachschulen, Berufsakademien und Fachhochschulen geeignet. Aber auch für SPS-Praktiker kann das Buch interessant sein, wenn es um einen Umstieg von der konventionellen SPS-Programmierung auf die SPS-Norm-orientierte Programmierung geht oder ein Bedarf im Bereich der Buskommunikation besteht. Das Lehrbuch beruht auf den Erfahrungen einer umfangreichen Unterrichtspraxis der Autoren und dem ständigen Kontakt zu maßgebenden Firmen der SPS-Branche.

**• STEP 7-Lehrgang und bibliotheksfähige Bausteine erstellen und anwenden**

Der im Lehrbuch detailliert ausgeführte STEP 7-Programmierlehrgang erläutert nicht nur die Steuerungsbefehle in den Programmiersprachen Anweisungsliste, Funktionsbausteinsprache und Strukturierter Text sondern wendet sie in sinnvoll ausgewählten Beispielen unmittelbar an. Mancher Leser wird vielleicht erst beim Nachvollzug des

Beispiels zum vollen Verständnis der beschriebenen Programmieranweisungen gelangen und deren Bedeutung besser erkennen. Einige Beispiele haben neben der praktischen Anwendung noch eine besondere Bedeutung, indem ihre Lösung in einem bibliotheksfähigen Baustein (FC oder FB) gekapselt wird. Als Beispiel sei auf das häufig vorkommende Problem verwiesen, dass ein Analogwert eingelesen und auf einen bestimmten Zahlenbereich im Gleitpunktzahlenformat normiert werden muss, z.B. auf  $\pm 10,0$  V. Es wird nicht nur die Programmlösung dieses Problems gezeigt, sondern mit deklarierten lokalen Variablen so programmiert, dass der Baustein in anderen Anwendungen unmittelbar verwendet werden kann, also bibliotheksfähig ist. Auf diese Weise entsteht im STEP 7-Programmierlehrgang eine stattliche spezielle Bausteinbibliothek zur Ergänzung der im Programmiersystem enthaltenen Bausteinbibliotheken. In vielen Steuerungs- und Regelungs-Aufgaben des Lehrbuchs wird gezeigt, wie effizient unter Einsatz von Bibliotheksbausteinen programmiert werden kann und wie übersichtlich selbst komplexe Programme aussehen können, wenn man funktionsfertige und geprüfte Programmierbausteine durch Aufruf im OB 1 (Hauptprogramm) einsetzt und sich nur noch um die Übergabevariablen zwischen den Bausteinen und um die Beschaltung der Eingangs- und Ausgangsvariablen der Bausteine mit den SPS-E-/A-Operanden kümmern muss.

- **Methodisches Programmieren mit Lösungsverfahren**

Nicht alle Steuerungsaufgaben lassen sich durch die Anwendung von Bibliotheksbausteinen lösen, weil die Aufgabe entweder zu speziell oder die Bibliothek noch nicht weit genug ausgebaut ist. Ein wichtiger Schwerpunkt des Lehrbuchs ist daher die Einführung einer Programmier-Lösungsmethodik. Das hat mit der Frage zu tun, wie man für ein vorliegendes Steuerungsproblem eine Lösung durch Anwendung bestimmter Verfahren oder Strategien auf methodischem Wege findet. Allen Verfahren gemeinsam ist, dass man nicht sofort "drauflos programmieren" sondern einen erdachten Lösungsweg mit einem geeigneten Beschreibungsmittel in formaler Darstellung zu Papier bringen sollte. Unter einem Beschreibungsmittel versteht man die Darstellungsweise der zum Lösungsverfahren gehörenden Vorschriften. Dabei müssen alle Angaben aus der Aufgabenstellung oder dem Pflichtenheft des Auftrags von der textlichen Form in die zumeist grafische Beschreibungsmittelform übersetzt werden. Gelingt dies, dann ist das Steuerungsproblem theoretisch schon gelöst, zumindest besteht ein nachvollziehbarer, diskussionsfähiger Lösungsvorschlag, der von Besprechungsteilnehmern unterschiedlicher Fachrichtungen verstanden werden kann, da man sich noch nicht auf der Programcodeebene befindet. Die praktische Lösung besteht dann nur noch darin, die Beschreibung in ein Programm umzusetzen. Das kann durch schrittweise Anwendung bestimmter Programmierregeln oder durch Verwendung einer dafür besonders günstigen Programmiersprache oder durch den Einsatz spezieller Programmierertools geschehen. Ein ganzer Lehrbuchabschnitt ist dafür vorgesehen, die bekanntesten Beschreibungsmittel vorzustellen, wie Tabellen, Zuordner, Ablauf-Funktionspläne, Programmablaufpläne, Struktogramme, freigrafische Funktionspläne oder Zustandsgraphen und ihre Verwendung an Beispielen zu zeigen.

- **Bussysteme für die Automatisierungstechnik**

Behandelt werden die Bussysteme AS-i-Bus, PROFIBUS DP (Dezentrale Peripherie) mit Einblick in PROFIBUS PA (Prozessautomatisierung), Ethernet-TCP/IP und PROFINET als neu angepriesener offener Industrial Ethernet Standard. Der Kapitel-aufbau für jedes Bussystem ist gleich und gliedert sich in die ausführliche Darstellung der Grundlagen des Systems und einer Busprojektierung als Beispiel. Lediglich beim AS-i-Bus ist nach der Projektierung noch eine Ablaufsteuerung in der Programmiersprache CFC ( Continuous Function Chart oder freigrafischer Funktionsplan) unter CoDeSys ausgeführt, um den Nachweis zu erbringen, dass die Bibliotheksbaustein-Lösungen für den Betriebsartenteil und die Ablaufkette auch in einem anderen Programmiersystem und nicht nur unter STEP 7 einsetzbar sind. Auch soll auf CoDeSys als Alternative zu STEP 7 hingewiesen werden. In dem von denselben Autoren herausgegeben Übungsbuch

“Automatisieren mit SPS Übersichten und Übungen“

sind für alle Beispiele und Lernaufgaben die Lösungen in STEP 7- und CoDeSys-Programmierung verfügbar.

- **Web-Technologien und OPC**

Die Hauptaufgabe der Automatisierungstechnik ist noch immer die Steuerung von Fertigungsabläufen in der Produktion. Die im weiteren Sinne zur Produktionslenkung notwendigen übergeordneten organisatorischen Bürotätigkeiten werden heute als Betriebsführungsabläufe mit enger Verbindung zu den Fertigungsabläufen gesehen. Man spricht von der Integration der Betriebsführungs- und Fertigungsabläufe im Unternehmen. Das bedeutet, einen zunehmenden Kommunikationsbedarf zwischen Fertigungs- und Bürobereich. Als Bussystem zur Datenübertragung kommt nur das im Bürobereich längst etablierte Ethernet-TCP/IP-Netz in Frage. Mit dem Datentransport zwischen Computer und SPS allein ist es jedoch nicht getan. Die Verbindung muss auch auf der Anwender Ebene hergestellt werden, z.B. zwischen einem Standard-Office-Programm wie Excel oder einem Prozessvisualisierungsprogramm und einer SPS-CPU. Die klassische Lösung erfordert den Einsatz von Treiberprogrammen im Anwendersystem. Für jede firmenspezifische SPS ist dabei das zugehörige Treiberprogramm nötig. Hier liegt der Ansatzpunkt für die OPC-Technologie (OLE for Process Control), die einheitliche Schnittstellen für OPC-Server standardisiert hat und auf einer Client-Server-Struktur beruht. OPC wird als die moderne Brücke zwischen beliebigen Windows-Anwenderprogrammen und den Speicherprogrammierbaren Steuerungen genutzt.

Im Lehrbuch werden in einem eigenen Kapitel die OPC-Grundlagen dargestellt. An einem Projektierungsbeispiel wird gezeigt, wie ein OPC-Client in VBA (Visual Basic for Application, z.B. in Excel verfügbar) zu programmieren oder durch Verwendung eines ActiveX-Controls mit wenigen Konfigurierungsschritten zu projektieren ist. Damit wird Verständnis geweckt für die Handhabung von OPC-Schnittstelle in einem Standard-Anwenderprogramm wie z.B. den Visualisierungsprogrammen.

Seit einigen Jahren sind SPS-Systeme verfügbar, deren Kommunikationsbaugruppen mit einem Web-Server ausgestattet sind und in deren Dateisystem eine Sammlung sog. Java-Applets mitgeliefert wird. Die Idee ist, über dynamische Webseiten Zugriff auf SPS-Daten zu bekommen und dafür nur einen PC mit Standard-Browser-Programm zu benötigen. Um die Möglichkeiten von Web-Servern für die Automatisierungstechnik zu verstehen, sind Grundlagenkenntnisse der Web-Technologie erforderlich. Aus diesem Grund wurde ein Kapitel zur Einführung in Web-Technologien aufgenommen mit den Themen Web-Server, HTTP-Protokoll für den Austausch von Daten beliebiger Formate zwischen einem Web-Client (Browser) und einem Web-Server, HTML als Webseiten-Beschreibungssprache sowie Java-Applets als mobiler Code und JavaScript zur Ergänzung von HTML. Das Kapitel wird mit der Gestaltung einer Webseite abgeschlossen, die es einem Nutzer ermöglicht, mit seinem Browserprogramm (Internet Explorer) nach einer Passwortkontrolle den CPU-Status und wichtige Prozesswerte der SPS-gesteuerten Anlage zu beobachten und auf eine Störmeldung mit verschiedenen Maßnahmen zu reagieren.. In dem Projektierungsbeispiel werden vier S7-Java Applets verwendet und JavaScript-Code benutzt, um anstehende Logikentscheidungen ausführen zu können, was mit HTML allein nicht möglich ist, da diese Beschreibungssprache nicht über Kontrollstrukturen verfügt.

- **Sicherheit von Steuerungen**

Das Kapitel Steuerungssicherheit wird von Grund auf behandelt und hat ihren Ausgangspunkt in der EG-Maschinenrichtlinie. Diese verlangt für jede zu konstruierende Maschine eine Risikobeurteilung und ggf. eine Risikominderung durch Maßnahmen bis das Restrisiko kleiner als ein noch zu tolerierendes Risiko ist. Das Verfahren beinhaltet die Schritte Gefährdungsanalyse, Risikoabschätzung, Risikoverminderung und Risikobewertung. Die anzuwendenden Normen werden im Lehrbuch erläutert., darunter auch in detaillierter Darstellung die DIN EN 60204-1 (Elektrische Ausrüstung von Maschinen) mit ihren wichtigen Vorschriften zu den Stoppfunktionen von Maschinen und den Handlungen im Notfall (vormals NOT-AUS).

Nach neuem Stand der europäischen Normung ist es unter bestimmten Bedingung zulässig, die "NOT-AUS-Funktion" auch mit elektronischen Mitteln und unter Einbeziehung von Bussystemen zu realisieren, wo hingegen es früher ein allgemeiner Grundsatz war, die "NOT-AUS"-Funktion nur mit elektromechanischen Mitteln auszuführen. Die Sicherheitsbetrachtungen schließen ab mit den Erläuterungen zu "Sicheren Bussystemen" wie AS-Interface Safety at Work und dem System PROFISafe für PROFIBUS DP und zukünftig auch für PROFINET.

*Es ist das Anliegen der Autoren, ihr Lehrbuch der Automatisierungstechnik mit der schnellen Entwicklung im Einsatzfeld der SPS-Technik Schritt halten zu lassen und dabei alle bisherigen und neuen Lehrinhalte auf der Grundlage eigener Unterrichtserfahrungen darzustellen. Die 3.Auflage unterscheidet sich daher inhaltlich wesentlich von der 2.Auflage. Mit einer neuen Gliederung in 7 übergreifende Abschnitte und insgesamt 25 Kapiteln soll auch mehr Übersicht und Abgrenzung bei den Themengebieten erzielt werden.*