

---

## 1 Start

Das Automatisierungssystem SIMATIC S7-1500 in der Übersicht.

Eine Einführung in die Engineeringsoftware SIMATIC STEP 7 Professional V14.

Die Grundlage der Automatisierungslösung: Ein Projekt erstellen und bearbeiten.

---

## 2 Automatisierungssystem SIMATIC S7-1500

Die Baugruppen von SIMATIC S7-1500 in der Übersicht: Aufbau eines Automatisierungssystems, CPU-Baugruppen, Signal-, Technologie- und Kommunikationsbaugruppen.

---

## 3 Gerätekonfiguration

Eine Station konfigurieren, Baugruppen parametrieren und Stationen vernetzen.

---

## 4 Variablen, Adressierung und Datentypen

Die Eigenschaften der Operandenbereiche Eingänge, Ausgänge, Peripherie, Merker, Daten und temporäre Lokaldaten und wie sie adressiert werden: absolut, symbolisch und indirekt.

Die Beschreibung der elementaren und strukturierten Datentypen, Datentypen für Bausteinparameter, Zeiger, Anwender- und Systemdatentypen.

---

## 5 Programmbearbeitung

Wie sich die CPU-Baugruppe in den Betriebszuständen ANLAUF, RUN und STOP verhält.

Wie das Anwenderprogramm durch Bausteine strukturiert wird, welche Eigenschaften die Bausteine haben und wie sie aufgerufen werden.

Wie das Anwenderprogramm bearbeitet wird: Anlaufverhalten, Hauptprogramm, Alarmbearbeitung, Fehlerbehandlung und Diagnose.

---

## 6 Der Programmeditor

Arbeiten mit der PLC-Variabellentabelle, Codebausteine und Datenbausteine erstellen und bearbeiten, Bausteine übersetzen und Programminformationen auswerten.

---

## 7 Die Programmiersprache Kontaktplan KOP

Das Charakteristische der KOP-Programmierung; Reihen- und Parallelschaltung von Kontakten; der Einsatz von Spulen, Standard-Boxen, Q-Boxen und EN/ENO-Boxen.

---

## 8 Die Programmiersprache Funktionsplan FUP

Das Charakteristische der FUP-Programmierung; Boxen für binäre Verknüpfungen; der Einsatz von Standard-Boxen, Q-Boxen und EN/ENO-Boxen.

---

## 9 Die Programmiersprache Structured Control Language SCL

Das Charakteristische der SCL-Programmierung; Operatoren und Ausdrücke, Arbeiten mit Binär- und Digitalfunktionen, Programmbearbeitung steuern mit Kontrollanweisungen.

---

---

## **10 Die Programmiersprache Anweisungsliste AWL**

Das Charakteristische der AWL-Programmierung; Programmierung von binären Verknüpfungen, Anwendung von Digitalfunktionen und Steuern der Programmbearbeitung.

---

## **11 Die Programmiersprache Ablaufsteuerung GRAPH**

Was eine Ablaufsteuerung ist und was ihre Elemente sind: Ablaufketten, Schritte, Transitionen und Verzweigungen. Wie eine Ablaufsteuerung mit GRAPH projektiert wird.

---

### **Die Beschreibung der Steuerungsfunktionen**

**12 Basisfunktionen:** Funktionen für Binärsignale: binäre Verknüpfungen, Speicherfunktionen, Flankenauswertungen, Zeit-/Zählfunktionen.

**13 Digitalfunktionen:** Funktionen für Digitalvariablen: Übertragungs-, Vergleichs-, Arithmetik-, Mathematik-, Konvertierungs-, Schiebe-, Logik- und Zeichenkettenfunktionen.

**14 Programmsteuerung:** Sprungfunktionen, Bausteine aufrufen und beenden, mit Bausteinparametern arbeiten, optimierter Bausteinzugriff, ARRAY- und CPU-Datenbausteine.

---

## **15 Online-Betrieb, Diagnose und Programmtest**

Ein Programmiergerät an die PLC-Station anschließen, den Online-Betrieb einschalten, die Projektdaten übertragen und das Anwenderprogramm schützen. Die Anwenderbausteine laden, ändern, löschen und vergleichen. Mit der Hardware-Diagnose arbeiten. Das Anwenderprogramm testen. Messwertaufzeichnung mit der Trace-Funktion.

---

## **16 Dezentrale Peripherie**

In der Übersicht: das dezentrale Peripheriesystem ET 200.

Wie ein PROFINET IO System projektiert wird und welche Eigenschaften es hat.

Wie ein PROFIBUS DP Mastersystem projektiert wird und welche Eigenschaften es hat.

---

## **17 Kommunikation**

Mit welchen Kommunikationsfunktionen die Open User Communication realisiert wird.

Welche Eigenschaften die S7-Kommunikation hat und mit welchen Kommunikationsfunktionen sie programmiert wird.

Wie die PtP-Kommunikation realisiert wird.

---

## **18 Anhang**

Wie ein mit STEP 7 V5.x erstelltes Projekt in das TIA Portal migriert wird.

Wie der Webserver in der CPU projektiert wird und welche Möglichkeiten er bietet.

Technologieobjekte für Zählen, Messen, Motion Control, PID Control.

Wie Daten protokolliert und Rezepturen übertragen werden.

Mit der Simulationssoftware S7-PLCSIM ein Anwenderprogramm offline testen.

Maschinen- und Anlagen-Diagnose mit ProDiag.

---

<b>1 Einführung</b> .....	23
1.1 Übersicht Automatisierungssystem S7-1500 .....	23
1.1.1 Automatisierungsgerät SIMATIC S7-1500 .....	24
1.1.2 Übersicht STEP 7 Professional .....	25
1.1.3 Verschiedene Programmiersprachen .....	27
1.1.4 Bearbeitung des Anwenderprogramms .....	29
1.1.5 Datenhaltung im SIMATIC-Automatisierungssystem .....	31
1.2 Einführung in STEP 7 Professional V14 .....	33
1.2.1 STEP 7 installieren .....	33
1.2.2 Automation License Manager .....	34
1.2.3 STEP 7 Professional starten .....	34
1.2.4 Portalansicht .....	35
1.2.5 Die Fenster der Projektansicht .....	36
1.2.6 Informationssystem .....	38
1.2.7 Bedienoberfläche anpassen .....	39
1.3 Ein SIMATIC-Projekt bearbeiten .....	40
1.3.1 Strukturierte Darstellung der Projektdaten .....	40
1.3.2 Projektdaten und Editoren für eine PLC-Station .....	40
1.3.3 Mit Projekten arbeiten .....	44
1.3.4 Mit Referenzprojekten arbeiten .....	48
1.3.5 Mit Bibliotheken arbeiten .....	48
1.3.6 Mehrsprachige Projekte .....	52
<b>2 Automatisierungssystem SIMATIC S7-1500</b> .....	54
2.1 Komponenten einer S7-1500-Station .....	54
2.2 CPU-Baugruppen S7-1500 .....	56
2.2.1 CPU-Varianten .....	56
2.2.2 Bedien- und Anzeigeelemente .....	60
2.2.3 SIMATIC Memory Card .....	61
2.2.4 Busschnittstellen .....	62
2.3 Signalbaugruppen .....	63
2.3.1 Digitaleingabebaugruppen .....	63
2.3.2 Digitalausgabebaugruppen .....	65
2.3.3 Digitalein-/ausgabebaugruppen .....	66
2.3.4 Analogeingabebaugruppen .....	66
2.3.5 Analogausgabebaugruppe .....	66
2.3.6 Analogein-/ausgabebaugruppen .....	67
2.4 Technologiebaugruppen .....	68

2.5 Kommunikationsbaugruppen .....	69
2.6 Weitere Baugruppen .....	70
2.6.1 Systemstromversorgungsbaugruppen .....	70
2.6.2 Laststromversorgungsbaugruppen .....	70
2.7 SIPLUS S7-1500 .....	71
<b>3 Gerätekonfiguration .....</b>	<b>72</b>
3.1 Einführung .....	72
3.2 Eine Station konfigurieren .....	74
3.2.1 Eine PLC-Station hinzufügen .....	74
3.2.2 Eine Baugruppe hinzufügen .....	74
3.3 Baugruppen parametrieren .....	76
3.3.1 Die CPU-Eigenschaften parametrieren .....	76
3.3.2 Baugruppen adressieren .....	80
3.3.3 Signalbaugruppen parametrieren .....	82
3.3.4 Eine Konfigurationssteuerung projektieren .....	84
3.4 Eine Vernetzung projektieren .....	87
3.4.1 Einführung .....	87
3.4.2 Eine Station vernetzen .....	88
3.4.3 Teilnehmeradressen in einem Subnetz .....	90
3.4.4 Kommunikationsdienste und Verbindungstypen .....	91
3.4.5 Eine Verbindung projektieren .....	92
3.4.6 Ein PROFINET-Subnetz projektieren .....	94
3.4.7 Ein PROFIBUS-Subnetz projektieren .....	98
<b>4 Variablen, Adressierung und Datentypen .....</b>	<b>101</b>
4.1 Operanden und Variablen .....	101
4.1.1 Einführung, Übersicht .....	101
4.1.2 Operandenbereiche Eingänge und Ausgänge .....	103
4.1.3 Operandenbereich Merker .....	104
4.1.4 Operandenbereich Daten .....	106
4.1.5 Operandenbereich temporäre Lokaldaten .....	107
4.2 Adressierung von Variablen und Konstanten .....	108
4.2.1 Signalweg .....	108
4.2.2 Absolute Adressierung .....	109
4.2.3 Symbolische Adressierung .....	112
4.2.4 Adressierung eines Variableneils .....	114
4.2.5 Adressierung einer Konstanten .....	114
4.2.6 Indirekte Adressierung .....	115
4.3 Adressierung von Hardware-Objekten .....	123
4.4 Allgemeines zu Datentypen .....	123
4.4.1 Übersicht der Datentypen .....	123
4.4.2 Implizite Datentypkonvertierung .....	125
4.4.3 Variablen überlagern (Datentypsichten) .....	128
4.5 Elementare Datentypen .....	130

4.5.1 Bitfolge-Datentypen BOOL, BYTE, WORD, DWORD und LWORD .....	130
4.5.2 BCD-Zahlen BCD16 und BCD32 .....	132
4.5.3 Datentypen CHAR und WCHAR .....	133
4.5.4 Festpunkt-Datentypen ohne Vorzeichen USINT, UINT, UDINT, ULINT ..	133
4.5.5 Festpunkt-Datentypen mit Vorzeichen SINT, INT, DINT und LINT ..	134
4.5.6 Gleitpunkt-Datentypen REAL und LREAL .....	135
4.5.7 Datentypen für Zeitdauern .....	137
4.5.8 Datentypen für Zeitpunkte .....	139
4.6 Strukturierte Datentypen .....	140
4.6.1 Datum und Uhrzeit DATE_AND_TIME (DT) .....	140
4.6.2 Datum und Uhrzeit DATE_AND_LTIME (DTL) .....	142
4.6.3 Zeichenketten STRING und WSTRING .....	142
4.6.4 Datentyp ARRAY .....	143
4.6.5 Datentyp STRUCT .....	147
4.7 Parametertypen .....	149
4.7.1 Übersicht .....	149
4.7.2 Parametertypen BLOCK_FC und BLOCK_FB (AWL) .....	150
4.7.3 Parametertyp DB_ANY .....	150
4.7.4 Parametertyp VOID .....	151
4.7.5 Parametertypen POINTER, ANY und VARIANT .....	151
4.7.6 Parametertyp ARRAY[*] .....	152
4.8 Zeiger .....	152
4.8.1 Einführung .....	152
4.8.2 Bereichszeiger .....	153
4.8.3 DB-Zeiger .....	153
4.8.4 ANY-Zeiger .....	155
4.9 PLC-Datentypen .....	155
4.9.1 Einen PLC-Datentyp programmieren .....	155
4.9.2 Einen PLC-Datentyp anwenden .....	156
4.9.3 PLC-Datentypen vergleichen .....	158
4.9.4 Einen PLC-Datentyp umnummerieren .....	159
4.10 Systemdatentypen .....	159
4.10.1 Systemdatentypen für Zeitfunktionen .....	159
4.10.2 Systemdatentypen für Zählfunktionen .....	161
4.10.3 Startinformation .....	162
4.11 Hardware-Datentypen .....	163
<b>5 Anwenderprogramm bearbeiten .....</b>	<b>164</b>
5.1 Betriebszustände .....	164
5.1.1 Betriebszustand STOP .....	165
5.1.2 Betriebszustand ANLAUF .....	166
5.1.3 Betriebszustand RUN .....	168
5.1.4 Remanenzverhalten von Operanden .....	169
5.2 Anwenderprogramm erstellen .....	170
5.2.1 Programmbearbeitung .....	170
5.2.2 Strukturierung des Anwenderprogramms .....	172

5.2.3 Bausteinarten . . . . .	175
5.2.4 Bausteineigenschaften . . . . .	177
5.2.5 Bausteinchnittstelle . . . . .	177
5.2.6 Einen Codebaustein aufrufen . . . . .	183
5.2.7 Programmierempfehlungen . . . . .	186
5.3 Anlaufprogramm . . . . .	193
5.3.1 Organisationsbausteine für das Anlaufprogramm . . . . .	193
5.3.2 Remanente Daten zurücksetzen . . . . .	195
5.3.3 Baugruppenadresse ermitteln . . . . .	195
5.3.4 Baugruppen parametrieren . . . . .	198
5.4 Hauptprogramm . . . . .	202
5.4.1 Organisationsbausteine für das Hauptprogramm . . . . .	202
5.4.2 Prozessabbild-Aktualisierung . . . . .	203
5.4.3 Zykluszeit . . . . .	207
5.4.4 Reaktionszeit . . . . .	210
5.4.5 Programm stoppen und verzögern . . . . .	211
5.4.6 Uhrzeit . . . . .	212
5.4.7 Systemzeit lesen . . . . .	217
5.4.8 Betriebsstundenzähler . . . . .	217
5.5 Alarmbearbeitung . . . . .	219
5.5.1 Einführung zur Alarmbearbeitung . . . . .	219
5.5.2 Uhrzeitalarme . . . . .	223
5.5.3 Verzögerungsalarme . . . . .	227
5.5.4 Weckalarme . . . . .	231
5.5.5 Prozessalarme . . . . .	235
5.5.6 Alarme zur Laufzeit zuordnen . . . . .	237
5.5.7 Alarmzusatzinformation lesen . . . . .	238
5.6 Fehlerbehandlung, Diagnose . . . . .	240
5.6.1 Fehlerursachen und Fehlerreaktionen . . . . .	240
5.6.2 Lokale Fehlerbehandlung . . . . .	240
5.6.3 Globale Fehlerbehandlung (Synchronfehler) . . . . .	245
5.6.4 Synchronfehlerbearbeitung sperren und freigeben . . . . .	247
5.6.5 Asynchronfehler . . . . .	250
5.6.6 Alarme und Asynchronfehler sperren, verzögern und freigeben . . . . .	254
5.7 Diagnose im Anwenderprogramm . . . . .	256
5.7.1 Diagnosealarm . . . . .	256
5.7.2 Startinformation lesen . . . . .	258
5.7.3 Laufzeit-Informationen lesen . . . . .	259
5.7.4 Diagnosefunktionen im Anwenderprogramm . . . . .	260
5.8 Meldungen projektieren . . . . .	267
5.8.1 Einführung . . . . .	267
5.8.2 Meldungen nach dem Meldenummerverfahren projektieren . . . . .	271
5.8.3 Systembausteine für Meldungen . . . . .	276
5.8.4 Anwender-Diagnosemeldung erzeugen . . . . .	279
5.8.5 CPU-Meldungsanzeige . . . . .	280

<b>6 Programmeditor</b> .....	283
6.1 Einführung .....	283
6.2 PLC-Variablenliste .....	284
6.2.1 PLC-Variablenliste anlegen und bearbeiten .....	284
6.2.2 PLC-Variablen definieren und bearbeiten .....	284
6.2.3 PLC-Variablenlisten vergleichen .....	287
6.2.4 PLC-Variablenliste exportieren und importieren .....	288
6.2.5 Konstantenlisten .....	289
6.3 Einen Codebaustein programmieren .....	289
6.3.1 Einen neuen Codebaustein anlegen .....	289
6.3.2 Arbeitsbereich des Programmeditors für Codebausteine .....	291
6.3.3 Bausteinseigenschaften für Codebausteine festlegen .....	293
6.3.4 Einen Baustein schützen .....	296
6.3.5 Bausteinsschnittstelle programmieren .....	297
6.3.6 Allgemeines Vorgehen beim Programmieren der Steuerungsfunktion	300
6.3.7 Steuerungsfunktion mit KOP und FUP programmieren .....	304
6.3.8 Steuerungsfunktion mit SCL programmieren .....	308
6.3.9 Steuerungsfunktion mit AWL programmieren .....	312
6.3.10 Steuerungsfunktion mit GRAPH programmieren .....	314
6.4 Einen Datenbaustein programmieren .....	315
6.4.1 Einen neuen Datenbaustein anlegen .....	315
6.4.2 Arbeitsbereich des Programmeditors für Datenbausteine .....	316
6.4.3 Bausteinseigenschaften für Datenbausteine festlegen .....	317
6.4.4 Datenvariablen deklarieren .....	320
6.4.5 Datenvariablen in Globaldatenbausteinen eingeben .....	322
6.5 Bausteine übersetzen .....	323
6.5.1 Übersetzung starten .....	323
6.5.2 SCL-Bausteine übersetzen .....	324
6.5.3 Fehler nach der Übersetzung beheben .....	325
6.6 Arbeiten mit Quelldateien .....	327
6.7 Programminformationen .....	330
6.7.1 Querverweisliste .....	330
6.7.2 Belegungsplan .....	331
6.7.3 Aufrufstruktur .....	333
6.7.4 Abhängigkeitsstruktur .....	334
6.7.5 Konsistenzprüfung .....	335
6.7.6 Speicherauslastung der CPU .....	336
<b>7 Kontaktplan KOP</b> .....	338
7.1 Einführung .....	338
7.1.1 Programmieren mit KOP allgemein .....	338
7.1.2 Programmelemente des Kontaktplans .....	340
7.2 Binäre Verknüpfungen mit KOP programmieren .....	340
7.2.1 Schließerkontakt und Öffnerkontakt .....	341
7.2.2 Reihen- und Parallelschaltung von Kontakten .....	343

7.2.3 T-Abzweig, offener Parallelzweig . . . . .	344
7.2.4 Verknüpfungsergebnis negieren im Kontaktplan . . . . .	345
7.2.5 Flankenauswertung einer Binärvariablen im Kontaktplan . . . . .	345
7.2.6 Gültigkeitsprüfung einer Gleitpunktvariablen im Kontaktplan . . . . .	346
7.2.7 Vergleich-Kontakte . . . . .	347
7.3 Speicherfunktionen mit KOP programmieren . . . . .	347
7.3.1 Einfache und negierende Spule . . . . .	348
7.3.2 Setzen- und Rücksetzen-Spule . . . . .	349
7.3.3 Speicherndes Verhalten durch Selbsthaltung . . . . .	350
7.3.4 Flankenauswertung mit Impulsausgabe im Kontaktplan . . . . .	350
7.3.5 Mehrfaches Setzen und Rücksetzen (Bitfeld füllen) im Kontaktplan . . . . .	351
7.3.6 Spulen mit Zeitverhalten . . . . .	352
7.4 Q-Boxen mit KOP programmieren . . . . .	353
7.4.1 Speicher-Boxen im Kontaktplan . . . . .	354
7.4.2 Flankenauswertung des Stromflusses . . . . .	354
7.4.3 Zeitfunktionen im Kontaktplan . . . . .	355
7.4.4 Zählfunktionen im Kontaktplan . . . . .	357
7.5 EN/ENO-Boxen mit KOP programmieren . . . . .	358
7.5.1 Flankenauswertung mit einer EN/ENO-Box . . . . .	358
7.5.2 Übertragungsfunktionen im Kontaktplan . . . . .	358
7.5.3 Arithmetische Funktionen im Kontaktplan . . . . .	360
7.5.4 Mathematische Funktionen im Kontaktplan . . . . .	361
7.5.5 Konvertierungsfunktionen im Kontaktplan . . . . .	362
7.5.6 Schiebefunktionen im Kontaktplan . . . . .	363
7.5.7 Logikfunktionen im Kontaktplan . . . . .	363
7.5.8 Funktionen für Zeichenketten im Kontaktplan . . . . .	364
7.6 VARIANT-Funktionen mit KOP programmieren . . . . .	365
7.7 Programmsteuerung mit KOP . . . . .	367
7.7.1 Sprungfunktionen im Kontaktplan . . . . .	367
7.7.2 Bausteinende-Funktion im Kontaktplan . . . . .	370
7.7.3 Baustinaufruf-Funktionen im Kontaktplan . . . . .	371
<b>8 Funktionsplan FUP . . . . .</b>	<b>373</b>
8.1 Einführung . . . . .	373
8.1.1 Programmieren mit FUP allgemein . . . . .	373
8.1.2 Programmelemente des Funktionsplans . . . . .	375
8.2 Binäre Verknüpfungen mit FUP programmieren . . . . .	375
8.2.1 Abfrage auf Signalzustand „1“ und auf Signalzustand „0“ . . . . .	376
8.2.2 Eine binäre Verknüpfung im Funktionsplan programmieren . . . . .	378
8.2.3 UND-Funktion im Funktionsplan . . . . .	379
8.2.4 ODER-Funktion im Funktionsplan . . . . .	379
8.2.5 Exklusiv-ODER-Funktion im Funktionsplan . . . . .	379
8.2.6 Kombinierte binäre Verknüpfungen, Verknüpfungsergebnis negieren . . . . .	380
8.2.7 T-Abzweig im Funktionsplan . . . . .	381
8.2.8 Flankenauswertung von Binärvariablen im Funktionsplan . . . . .	381
8.2.9 Gültigkeitsprüfung von Gleitpunktzahlen im Funktionsplan . . . . .	382

8.2.10 Vergleichsfunktionen im Funktionsplan .....	383
8.3 Standard-Boxen mit FUP programmieren .....	384
8.3.1 Zuweisung und negierende Zuweisung .....	384
8.3.2 Setzen- und Rücksetzen-Box .....	385
8.3.3 Flankenauswertung mit Impulsausgabe im Funktionsplan .....	386
8.3.4 Mehrfaches Setzen und Rücksetzen (Bitfeld füllen) im Funktionsplan	387
8.3.5 Standard-Boxen mit Zeitverhalten .....	387
8.4 Q-Boxen mit FUP programmieren .....	389
8.4.1 Speicher-Boxen im Funktionsplan .....	389
8.4.2 Flankenauswertung des Verknüpfungsergebnisses im Funktionsplan	390
8.4.3 Zeitfunktionen im Funktionsplan .....	391
8.4.4 Zählfunktionen im Funktionsplan .....	392
8.5 EN/ENO-Boxen mit FUP programmieren .....	393
8.5.1 Flankenauswertung mit einer EN/ENO-Box .....	393
8.5.2 Übertragungsfunktionen im Funktionsplan .....	395
8.5.3 Arithmetische Funktionen im Funktionsplan .....	395
8.5.4 Mathematische Funktionen im Funktionsplan .....	396
8.5.5 Konvertierungsfunktionen im Funktionsplan .....	397
8.5.6 Schiebefunktionen im Funktionsplan .....	398
8.5.7 Logikfunktionen im Funktionsplan .....	399
8.5.8 Funktionen für Zeichenketten im Funktionsplan .....	400
8.6 VARIANT-Funktionen mit FUP programmieren .....	401
8.7 Programmsteuerung mit FUP .....	402
8.7.1 Sprungfunktionen im Funktionsplan .....	403
8.7.2 Bausteinende-Funktion im Funktionsplan .....	406
8.7.3 Baustinaufruf-Funktionen im Funktionsplan .....	407
 <b>9 Structured Control Language SCL .....</b>	 409
9.1 Einführung .....	409
9.1.1 Programmieren mit SCL allgemein .....	409
9.1.2 SCL-Anweisungen und Operatoren .....	411
9.2 Binäre Verknüpfungen mit SCL programmieren .....	413
9.2.1 Abfrage auf Signalzustand „1“ und auf Signalzustand „0“ .....	413
9.2.2 UND-Funktion in SCL .....	414
9.2.3 ODER-Funktion in SCL .....	414
9.2.4 Exklusiv-ODER-Funktion in SCL .....	415
9.2.5 Kombinierte binäre Verknüpfungen in SCL .....	415
9.2.6 Verknüpfungsergebnis negieren in SCL .....	416
9.3 Speicherfunktionen mit SCL programmieren .....	417
9.3.1 Wertzuweisung einer Binärvariablen .....	417
9.3.2 Setzen und Rücksetzen in SCL .....	417
9.3.3 Flankenauswertung in SCL .....	418
9.4 Zeit- und Zählfunktionen mit SCL programmieren .....	418
9.4.1 Zeitfunktionen in SCL .....	418
9.4.2 Zählfunktionen in SCL .....	419
9.5 Digitalfunktionen mit SCL programmieren .....	420

9.5.1 Übertragungsfunktion, Wertzuweisung einer Digitalvariablen .....	420
9.5.2 Vergleichsfunktionen in SCL .....	421
9.5.3 Arithmetische Funktionen in SCL .....	422
9.5.4 Mathematische Funktionen in SCL .....	423
9.5.5 Konvertierungsfunktionen in SCL .....	424
9.5.6 Schiebefunktionen in SCL .....	425
9.5.7 Wortverknüpfungen, logischer Ausdruck in SCL .....	426
9.5.8 Funktionen für Zeichenketten in SCL .....	427
9.6 VARIANT-Funktionen mit SCL programmieren .....	427
9.7 Programmsteuerung mit SCL .....	430
9.7.1 Kontrollanweisungen .....	430
9.7.2 Bausteinendefunktion bei SCL .....	439
9.7.3 Aufruf einer Funktion (FC) bei SCL .....	439
9.7.4 Aufruf eines Funktionsbausteins (FB) bei SCL .....	440
9.7.5 Versorgung von Parametern .....	442
<b>10 Anweisungsliste AWL .....</b>	<b>443</b>
10.1 Einführung .....	443
10.1.1 Programmieren mit AWL allgemein .....	443
10.1.2 Aufbau einer AWL-Anweisung .....	445
10.1.3 Eine AWL-Anweisung eingeben .....	445
10.1.4 Adressierung von 64-Bit-Variablen .....	447
10.1.5 AWL-Netzwerke in KOP- und FUP-Bausteinen .....	447
10.2 Binäre Verknüpfungen mit AWL programmieren .....	448
10.2.1 Bearbeitung einer binären Verknüpfung, Verknüpfungsschritt .....	449
10.2.2 Abfrage auf Signalzustand „1“ und auf Signalzustand „0“ .....	450
10.2.3 UND-Funktion in der Anweisungsliste .....	451
10.2.4 ODER-Funktion in der Anweisungsliste .....	451
10.2.5 Exklusiv-ODER-Funktion in der Anweisungsliste .....	451
10.2.6 Kombinierte binäre Verknüpfungen in der Anweisungsliste .....	452
10.2.7 Verknüpfungsergebnis steuern .....	455
10.3 Speicherfunktionen mit AWL programmieren .....	455
10.3.1 Zuweisung in der Anweisungsliste .....	456
10.3.2 Setzen und Rücksetzen in der Anweisungsliste .....	456
10.3.3 Flankenauswertung in der Anweisungsliste .....	457
10.4 Zeit- und Zählfunktionen mit AWL programmieren .....	458
10.4.1 Zeitfunktionen in der Anweisungsliste .....	458
10.4.2 Zählfunktionen in der Anweisungsliste .....	459
10.5 Digitalfunktionen mit AWL programmieren .....	460
10.5.1 Übertragungsfunktionen in der Anweisungsliste .....	460
10.5.2 Vergleichsfunktionen in der Anweisungsliste .....	464
10.5.3 Arithmetische Funktionen in der Anweisungsliste .....	467
10.5.4 Mathematische Funktionen in der Anweisungsliste .....	471
10.5.5 Konvertierungsfunktionen in der Anweisungsliste .....	472
10.5.6 Schiebefunktionen in der Anweisungsliste .....	474
10.5.7 Wortverknüpfungen in der Anweisungsliste .....	477

10.5.8 Funktionen für Zeichenketten in der Anweisungsliste .....	480
10.6 VARIANT-Funktionen mit AWL programmieren .....	481
10.7 Programmsteuerung mit AWL .....	484
10.7.1 Sprungfunktionen in der Anweisungsliste .....	484
10.7.2 Bausteinende-Funktionen in der Anweisungsliste .....	486
10.7.3 Baustearufruf-Funktion in der Anweisungsliste .....	486
10.8 Weitere AWL-Funktionen .....	489
10.8.1 Mit Statusbits arbeiten .....	490
10.8.2 Akkumulatorfunktionen .....	495
10.8.3 Arbeiten mit den Datenbausteinregistern .....	497
10.8.4 Teiladressierung von Datenoperanden .....	499
10.8.5 Absolute Adressierung von temporären Lokaldaten .....	500
10.8.6 Arbeiten mit den Adressregistern .....	501
10.8.7 Speicherindirekte Adressierung .....	503
10.8.8 Registerindirekte Adressierung .....	506
10.8.9 Direkter Zugriff auf komplexe Lokalvariablen .....	510
10.8.10 Nullanweisungen .....	512
<b>11 Ablaufsteuerung S7-GRAPH .....</b>	<b>513</b>
11.1 Einführung .....	513
11.1.1 Was ist eine Ablaufsteuerung? .....	513
11.1.2 Eigenschaften einer Ablaufsteuerung .....	513
11.2 Elemente einer Ablaufsteuerung .....	515
11.2.1 Schritte und Transitionen .....	515
11.2.2 Sprünge in einer Ablaufsteuerung .....	517
11.2.3 Verzweigungen einer Ablaufkette .....	517
11.2.4 Permanente Anweisungen .....	519
11.2.5 Schritt- und Transitionenfunktionen .....	519
11.2.6 Bearbeitung von Bedingungen .....	523
11.2.7 Bearbeitung von Aktionen .....	524
11.3 Eine Ablaufsteuerung projektieren .....	530
11.3.1 Allgemeines Vorgehen bei der Projektierung .....	530
11.3.2 Den GRAPH-Funktionsbaustein programmieren .....	531
11.3.3 Projektieren der Kettenstruktur .....	532
11.3.4 Schritte und Transitionen programmieren .....	535
11.3.5 Permanente Anweisungen programmieren .....	537
11.3.6 Meldungen projektieren .....	537
11.3.7 Attribute des GRAPH-Funktionsbausteins .....	537
11.3.8 Den GRAPH-Funktionsbaustein aufrufen .....	539
11.4 Ablaufsteuerung testen .....	540
11.4.1 GRAPH-Funktionsbaustein laden .....	540
11.4.2 Einstellungen zum Programmtest .....	541
11.4.3 Betriebsarten verwenden .....	542
11.4.4 Ablaufkette synchronisieren .....	542
11.4.5 Mit Programmstatus testen .....	543

<b>12 Basisfunktionen</b> . . . . .	546
12.1 Binäre Verknüpfungen . . . . .	546
12.1.1 Einführung . . . . .	546
12.1.2 Arbeiten mit Binärsignalen . . . . .	547
12.1.3 UND-Funktion, Reihenschaltung . . . . .	551
12.1.4 ODER-Funktion, Parallelschaltung . . . . .	551
12.1.5 Exklusiv-ODER-Funktion, Antivalenzfunktion . . . . .	552
12.1.6 Verknüpfungsergebnis negieren, NOT-Kontakt . . . . .	553
12.2 Speicherfunktionen . . . . .	554
12.2.1 Einführung . . . . .	554
12.2.2 Einfache und negierende Spule, Zuweisung . . . . .	554
12.2.3 Einzelnes Setzen und Rücksetzen . . . . .	555
12.2.4 Mehrfaches Setzen und Rücksetzen . . . . .	556
12.2.5 Vorrangiges Setzen und Rücksetzen, Speicher-Boxen . . . . .	557
12.3 Flankenauswertung . . . . .	559
12.3.1 Funktionsweise einer Flankenauswertung . . . . .	559
12.3.2 Flankenauswertung einer Binärvariablen (KOP, FUP) . . . . .	561
12.3.3 Flankenauswertung mit Impulsausgabe (KOP, FUP) . . . . .	561
12.3.4 Flankenauswertung mit einer Q-Box (KOP, FUP) . . . . .	562
12.3.5 Flankenauswertung mit einer EN/ENO-Box (KOP, FUP) . . . . .	563
12.3.6 Flankenauswertung bei SCL . . . . .	564
12.3.7 Flankenauswertung bei AWL . . . . .	567
12.4 Zeitfunktionen . . . . .	568
12.4.1 Eine Zeitfunktion hinzufügen . . . . .	568
12.4.2 Impulsbildung TP . . . . .	569
12.4.3 Einschaltverzögerung TON . . . . .	570
12.4.4 Ausschaltverzögerung TOF . . . . .	571
12.4.5 Akkumulierende Einschaltverzögerung TONR . . . . .	572
12.4.6 Eine Zeitfunktion mit einer Zeitdauer laden . . . . .	573
12.4.7 Eine Zeitfunktion zurücksetzen . . . . .	574
12.5 Zählfunktionen . . . . .	574
12.5.1 Eine Zählfunktion einfügen . . . . .	575
12.5.2 Vorwärtszähler CTU . . . . .	575
12.5.3 Rückwärtszähler CTD . . . . .	576
12.5.4 Vorwärts-Rückwärtszähler CTUD . . . . .	577
<b>13 Digitalfunktionen</b> . . . . .	580
13.1 Übertragungsfunktionen . . . . .	581
13.1.1 Variable kopieren, MOVE -und S_MOVE-Box bei KOP und FUP . . . . .	581
13.1.2 Wertzuweisungen bei SCL . . . . .	583
13.1.3 Laden und Transferieren bei AWL . . . . .	586
13.1.4 Variable kopieren, MOVE und S_MOVE bei AWL . . . . .	587
13.1.5 VARIANT-Variable lesen und schreiben . . . . .	588
13.1.6 Datenbereich kopieren mit MOVE_BLK_VARIANT . . . . .	589
13.1.7 Datenbereich kopieren mit MOVE_BLK und UMOVE_BLK . . . . .	591
13.1.8 Datenbereich füllen mit FILL_BLK und UFILL_BLK . . . . .	593

13.1.9 Variable von und zu einem BYTE-Feld übertragen . . . . .	593
13.1.10 Lesen und Schreiben mit PEEK und POKE (SCL, AWL) . . . . .	597
13.1.11 Byte-Reihenfolge ändern mit SWAP . . . . .	597
13.1.12 Bereichsgrenzen ermitteln . . . . .	599
<b>13.2 Vergleichsfunktionen . . . . .</b>	<b>599</b>
13.2.1 Ausführung der Vergleichsfunktion . . . . .	600
13.2.2 Bereichsvergleich bei KOP und FUP . . . . .	603
13.2.3 Gleitpunkt-Variable testen, OK-Kontakt, OK-Box . . . . .	603
13.2.4 VARIANT-Zeiger testen bei KOP, FUP und AWL . . . . .	605
13.2.5 VARIANT-Zeiger testen bei SCL . . . . .	606
<b>13.3 Arithmetische Funktionen . . . . .</b>	<b>609</b>
13.3.1 Arithmetische Funktionen für Zahlenwerte . . . . .	609
13.3.2 Arithmetische Funktionen für Zeitwerte . . . . .	611
13.3.3 Dekrementieren und Inkrementieren . . . . .	613
<b>13.4 Mathematische Funktionen . . . . .</b>	<b>614</b>
13.4.1 Allgemeine Funktionsbeschreibung . . . . .	614
13.4.2 Winkelfunktionen SIN, COS, TAN . . . . .	615
13.4.3 Arcusfunktionen ASIN, ACOS, ATAN . . . . .	615
13.4.4 Quadrat bilden und Quadratwurzel ziehen . . . . .	616
13.4.5 Logarithmus und Potenz . . . . .	616
13.4.6 Nachkommastellen extrahieren, Absolutwert und Negation bilden . . . . .	618
13.4.7 Rechnen mit der CALCULATE-Box bei KOP und FUP . . . . .	619
<b>13.5 Konvertierungsfunktionen . . . . .</b>	<b>621</b>
13.5.1 Konvertierungsfunktionen CONV, S_CONV und T_CONV . . . . .	622
13.5.2 Konvertierung von DB_ANY . . . . .	628
13.5.3 Konvertierungsfunktionen für Gleitpunktzahlen . . . . .	629
13.5.4 Konvertierungsfunktionen STRG_TO_CHARS und CHARS_TO_STRG . . . . .	630
13.5.5 Konvertierungsfunktionen STRG_VAL und VAL_STRG . . . . .	633
13.5.6 Konvertierungsfunktionen ATH und HTA . . . . .	635
13.5.7 Konvertierungsfunktionen SCALE_X und NORM_X . . . . .	637
<b>13.6 Schiebefunktionen . . . . .</b>	<b>639</b>
13.6.1 Allgemeine Funktionsbeschreibung . . . . .	639
13.6.2 Rechts schieben SHR . . . . .	640
13.6.3 Links schieben SHL . . . . .	640
13.6.4 Rechts rotieren ROR . . . . .	640
13.6.5 Links rotieren ROL . . . . .	640
<b>13.7 Logikfunktionen . . . . .</b>	<b>641</b>
13.7.1 Wortverknüpfungen . . . . .	641
13.7.2 Invertieren, Einerkomplement bilden . . . . .	643
13.7.3 Codierungsfunktionen DECO und ENCO . . . . .	644
13.7.4 Auswahlfunktionen SEL, MUX und DEMUX . . . . .	645
13.7.5 Minimumauswahl MIN, Maximumauswahl MAX . . . . .	646
13.7.6 Begrenzer LIMIT . . . . .	646
<b>13.8 Zeichenketten bearbeiten . . . . .</b>	<b>649</b>
<b>13.9 Symbolnamen lesen . . . . .</b>	<b>658</b>

<b>14 Programmsteuerung</b> .....	663
14.1 Sprungfunktionen .....	664
14.1.1 Einführung .....	664
14.1.2 Absoluter Sprung .....	664
14.1.3 Bedingter Sprung .....	666
14.1.4 Sprungliste .....	668
14.1.5 Sprungverteiler .....	670
14.1.6 Schleifensprung .....	670
14.2 Bausteinende-Funktionen .....	672
14.2.1 Bausteinende-Funktion RET (KOP und FUP) .....	672
14.2.2 RETURN-Anweisung (SCL) .....	674
14.2.3 Bausteinende-Funktionen BEB, BEA und BE (AWL) .....	674
14.3 Aufruf von Codebausteinen .....	674
14.3.1 Einführung .....	674
14.3.2 Aufruf einer Funktion FC .....	675
14.3.3 Aufruf eines Funktionsbausteins FB .....	675
14.3.4 Asynchron arbeitende Systembausteine .....	678
14.3.5 EN/ENO-Mechanismus .....	678
14.4 Arbeiten mit Bausteinen .....	682
14.4.1 Bausteine mit optimiertem und Standardzugriff .....	682
14.4.2 Datentypen der lokalen Variablen .....	684
14.4.3 Bausteinparameter adressieren .....	686
14.4.4 Bausteinparameter versorgen .....	689
14.4.5 Übergabe von Bausteinparametern .....	691
14.5 Datenbausteinfunktionen .....	694
14.5.1 Datenbausteinattribute lesen .....	694
14.5.2 Ladespeicher lesen und schreiben .....	695
14.5.3 ARRAY-Datenbausteine .....	697
14.5.4 Systembausteine für den Zugriff auf ARRAY-Datenbausteine .....	698
14.5.5 CPU-Datenbausteine .....	700
<b>15 Online-Betrieb, Diagnose und Test</b> .....	704
15.1 PLC-Station online verbinden .....	705
15.1.1 Programmiergerät an die PLC-Station anschließen .....	705
15.1.2 Die CPU urlösen .....	707
15.1.3 Den Auslieferungszustand wiederherstellen .....	708
15.2 Projektdaten übertragen .....	709
15.2.1 Die Projektdaten erstmalig laden .....	710
15.2.2 Die Projektdaten nachladen .....	712
15.2.3 Das Anwenderprogramm schützen .....	713
15.2.4 Mit Online-Projektdaten arbeiten .....	716
15.2.5 Mit der Memory Card arbeiten .....	719
15.3 Mit Bausteinen im Online-Betrieb arbeiten .....	720
15.3.1 Einführung .....	720
15.3.2 Einen Online-Baustein bearbeiten .....	721
15.3.3 Einen Baustein laden und zurückladen .....	722

15.3.4 Ohne Reinitialisierung laden .....	723
15.3.5 Mit Momentaufnahmen arbeiten .....	725
15.3.6 Mit Einstellwerten arbeiten .....	726
15.3.7 Bausteine vergleichen .....	728
15.4 Hardware-Diagnose .....	731
15.4.1 Status-Anzeigen an den Baugruppen .....	731
15.4.2 Diagnosefenster .....	732
15.4.3 Diagnosepuffer .....	734
15.4.4 Online-Tools .....	734
15.4.5 Weitere Diagnose-Informationen über das Programmiergerät .....	736
15.5 Anwenderprogramm testen .....	737
15.5.1 Aufrufumgebung definieren .....	738
15.5.2 Testen mit Programmstatus .....	739
15.5.3 PLC-Variablen beobachten .....	743
15.5.4 Datenvariablen beobachten und steuern .....	744
15.5.5 Testen mit Beobachtungstabellen .....	745
15.5.6 Testen mit der Force-Tabelle .....	750
15.6 Messwertaufzeichnung mit der Trace-Funktion .....	752
15.6.1 Einführung .....	752
15.6.2 Erstellen der Trace-Konfiguration .....	753
15.6.3 Messwerte aufzeichnen .....	754
<b>16 Dezentrale Peripherie .....</b>	<b>758</b>
16.1 Einführung, Übersicht .....	758
16.2 Dezentrales Peripheriesystem ET 200 .....	759
16.2.1 ET 200MP .....	759
16.2.2 ET 200M .....	760
16.2.3 ET 200SP .....	761
16.2.4 ET 200S .....	762
16.2.5 ET 200pro .....	762
16.2.6 ET 200AL .....	763
16.2.7 ET 200eco und ET200eco PN .....	764
16.3 PROFINET IO .....	764
16.3.1 Komponenten von PROFINET IO .....	764
16.3.2 Adressen bei PROFINET IO .....	767
16.3.3 PROFINET IO projektieren .....	769
16.3.4 Kopplungsbaugruppen für PROFINET IO .....	775
16.3.5 Echtzeit-Kommunikation bei PROFINET .....	776
16.3.6 Spezielle PROFINET-Konfigurationen .....	780
16.4 PROFIBUS DP .....	784
16.4.1 Komponenten von PROFIBUS DP .....	784
16.4.2 Adressen bei PROFIBUS DP .....	787
16.4.3 PROFIBUS DP projektieren .....	789
16.4.4 Kopplungsbaugruppen für PROFIBUS DP .....	792
16.4.5 Spezielle PROFIBUS-Konfigurationen .....	795
16.5 Systembausteine für dezentrale Peripherie .....	798

16.5.1 Peripheriedaten lesen und schreiben .....	798
16.5.2 Diagnosedaten von einem DP-Normslave lesen .....	801
16.5.3 Datensatz empfangen und bereitstellen .....	802
16.5.4 Dezentrale Station aktivieren/deaktivieren .....	804
16.5.5 PROFINET-IO-System umkonfigurieren .....	805
16.6 DPV1-Alarme .....	805
16.7 Taktsynchronität .....	808
16.7.1 Einführung .....	808
16.7.2 Taktsynchronität bei PROFINET .....	808
16.7.3 Taktsynchronität bei PROFIBUS .....	811
16.7.4 Taktsynchronalarm .....	813
16.7.5 Prozessabbilder taktsynchron aktualisieren .....	816
<b>17 Kommunikation .....</b>	<b>817</b>
17.1 Übersicht .....	817
17.2 Open User Communication .....	820
17.2.1 Grundlagen .....	820
17.2.2 Datenstruktur der Open User Communication .....	821
17.2.3 Verbindung aufbauen und Daten senden mit TSEND_C .....	822
17.2.4 Verbindung aufbauen und Daten empfangen mit TRCV_C .....	823
17.2.5 Open User Communication projektieren .....	825
17.2.6 Weitere Funktionen für die Open User Communication .....	827
17.3 S7-Kommunikation .....	830
17.3.1 Grundlagen .....	830
17.3.2 Einseitiger Datenaustausch .....	830
17.3.3 Zweiseitiger Datenaustausch .....	832
17.3.4 S7-Kommunikation projektieren .....	835
17.4 Freeport-Kommunikation .....	836
17.4.1 Einführung in die Freeport-Kommunikation .....	836
17.4.2 Konfigurieren der Kommunikationsbaugruppe CM PtP .....	837
17.4.3 Freeport-Kommunikationsfunktionen .....	838
17.5 Weitere Kommunikationsfunktionen .....	842
17.5.1 USS-Protokoll für Antriebe .....	842
17.5.2 Modbus RTU .....	844
17.5.3 Modbus TCP .....	846
<b>18 Anhang .....</b>	<b>849</b>
18.1 Ein Projekt migrieren .....	849
18.2 Webserver .....	852
18.2.1 Webserver aktivieren .....	852
18.2.2 Standard-Webseiten .....	855
18.2.3 Basic-Webseiten .....	858
18.2.4 Service-Daten auslesen .....	858
18.2.5 Webserver initialisieren und Webseiten synchronisieren (WWW) ..	859
18.3 Technologieobjekte .....	859

18.3.1 Technologieobjekte für Motion Control .....	859
18.3.2 Technologieobjekte für PID Control .....	866
18.3.3 Technologieobjekte für Zählen und Messen .....	867
18.4 Daten protokollieren und Rezepturen übertragen .....	872
18.4.1 Einführung in die Datenprotokollierung .....	872
18.4.2 Datenprotokollierung anwenden .....	872
18.4.3 Funktionen für die Datenprotokollierung .....	873
18.4.4 Einführung zur Rezepturenübertragung .....	875
18.4.5 Funktionen für die Rezepturenübertragung .....	877
18.5 Simulation mit S7-PLCSIM .....	878
18.5.1 S7-PLCSIM allgemein .....	878
18.5.2 Die Bedienoberfläche von PLCSIM .....	879
18.5.3 In S7-PLCSIM mit STEP-7-Testfunktionen testen .....	880
18.5.4 Mit einem Simulationsprojekt arbeiten .....	882
18.5.5 Mit dem Adressbereich testen .....	883
18.5.6 Mit der SIM-Tabelle testen .....	883
18.5.7 Mit der Sequenztabelle testen .....	885
18.6 Maschinen- und Anlagendiagnose mit ProDiag .....	888
<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>892</b>