

STEP®7-Workbook für S7-1200®/1500 und TIA Portal®

Einführung in die STEP®7-Programmiersprache
mit dem TIA-Portal® und
virtuellen Anlagenmodellen.

1. Auflage (Juni 2016)

Rechtliches:

© 2016 MHJ-Software GmbH & Co. KG • Albert-Einstein-Str. 101 • D-75015 Bretten • www.mhj.de
Kein Teil dieses Buches darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung von MHJ-Software reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Warenzeichen:

STEP®, WinCC®, SIMATIC®, TIA-Portal®, S7-1200®, S7-1500®, S7-300® und S7-400® sind eingetragene Warenzeichen der SIEMENS Aktiengesellschaft.

Vorwort

Vielen Dank, dass Sie sich für das Buch „STEP®7-Workbook für S7-1200®/1500 und TIA Portal®“ entschieden haben.

Aufgrund der hohen Verbreitung der SIMATIC® Steuerungen und damit auch der Programmiersprache STEP®7 sollte jeder, der im Umfeld Automatisierungstechnik tätig ist, Kenntnisse in dieser Sprache besitzen. Im Jahr 2009 hat STEP®7 ein umfangreiches Update erhalten. Mit den neuen S7-1200® Steuerungen ist ein neues Programmiersystem mit dem Namen „TIA Portal®“ erschienen. Ziel des TIA Portal®s ist es, alle Programmierwerkzeuge unter einem Framework zusammenzufassen und so die Bedienung zu vereinfachen und zu vereinheitlichen. Im Jahr 2013 sind die S7-1500® Steuerungen auf den Markt gekommen, die langfristig (bis zum Jahr 2020) die beliebten S7-300® Steuerungen ablösen sollen.

TIA PORTAL® Historie

Jahr	Version	
2009	TIA Portal® V11	Einführung der S7-1200® Steuerung
2013	TIA Portal® V12	Einführung der S7-1500® Steuerung. Ab dieser Version wird zwischen „Basic“ (S7-1200) und „Professional“ (S7-1200®/1500/300/400) unterschieden.
2014	TIA Portal® V13	
2016/ 2017	TIA Portal® V14	V14 wird voraussichtlich Ende 2016 bzw. Anfang 2017 verfügbar sein

Dieses Buch beschäftigt sich intensiv mit dem TIA Portal® und der Sprache STEP®7. Den Begriff „Workbook“ („Arbeitsbuch“) trägt es zu Recht, wenn man bedenkt, dass auf den Leser über 50 virtuelle Anlagen warten, für die ein S7-Programm geschrieben werden soll. Vermutlich ist der Kenntnisstand der Leserschaft sehr unterschiedlich. Es werden „blutige“ Anfänger und auch Experten darunter sein. Deshalb werden auch viele virtuelle Anlagen mit unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden bereitgestellt. Für jeden sollte etwas dabei sein.

Seien Sie fleißig und lösen Sie so viele Programmieraufgaben wie möglich. Der Spruch „Übung macht den Meister“ trifft auch beim Erlernen der S7-Programmiersprache zu. Durch die praktischen Übungen können Sie die Kenntnisse aus der „graue Theorie“ anwenden und festigen. Parallel dazu lernen Sie den Umgang mit dem TIA Portal®.

Wir wünschen viel Spaß beim Programmieren und Simulieren.

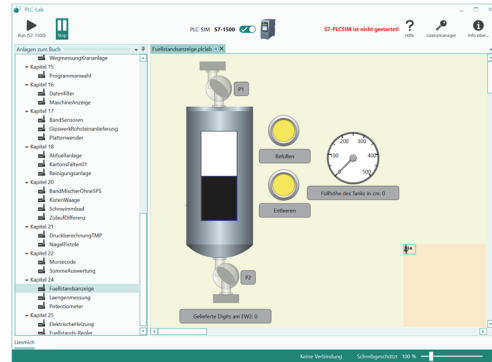
Torsten Weiß und Matthias Habermann

PLC-Lab Runtime

Bitte diesen Abschnitt sorgfältig lesen!



Diesem Buch liegt eine Lizenz von PLC-Lab Runtime bei. Ihre persönliche Seriennummer und den Downloadlink finden Sie auf den ersten Seiten des Buches auf einem Lizenzblatt.



Mit der Software PLC-Lab werden die vielfältigen, virtuellen Anlagen und Maschinen bereitgestellt, die in diesem Buch bei den Übungen bzw. bei den Aufgaben verwendet werden.

Auf Ihrem PC sollte das TIA Portal® V13 (oder neuer) bereits installiert sein. Das kann die „Basic“-Variante für die S7-1200® oder auch die „Professional“ Variante für die S7-1500® und S7-1200® sein.

Wie funktionieren die virtuellen Anlagen?

PLC-Lab Runtime verbindet sich automatisch mit dem S7-PLCSIM des TIA Portals. Damit sich PLC-Lab mit S7-PLCSIM verbinden kann, ist es wichtig, dass Sie das „PLC-Lab Vorlageprojekt“ verwenden.

Beide Programme müssen mit den gleichen Rechten gestartet werden (Falsch wäre z.B. das TIA Portal mit Admin-Rechte und PLC-Lab Runtime mit normalen Userrechte zu starten).

Nach der Installation von PLC-Lab befinden sich die Vorlageprojekte im Ordner „Automatisierung“ in den „Eigenen Dateien“ des angemeldeten Benutzers. Es gibt ein Vorlageprojekt für eine S7-1200® Projektierung und ein Vorlageprojekt für eine S7-1500® Projektierung. Öffnen Sie das passende Vorlageprojekt und speichern Sie es unter einem neuen Namen ab. Dann können Sie mit der Programmierung der virtuellen Anlage beginnen.

Im 1. Kapitel des Anhangs „Einführung in PLC-Lab Runtime“ finden Sie eine ausführliche Anleitung zur Verwendung der Vorlageprojekte. Des Weiteren ist ein fünfminütiges Video vorhanden, welches die notwendigen Schritte zeigt. Der Link zum Video wird beim Start von PLC-Lab Runtime angezeigt bzw. ist über das Info-Icon abrufbar.

Bevor Sie mit dem Lesen des Buches beginnen, sollten Sie das erwähnte Video ansehen und anschließend das 1. Kapitel im Anhang „Einführung in PLC-Lab Runtime“ lesen. Dann sollten Sie die Schritte im Video selbst nachstellen, damit Sie wissen, wie man eine virtuelle Anlage mit dem TIA Portal programmiert und anschließend mit S7-PLCSIM verbindet.



1	Grundlagen der SPS-Technik.....	16
1.1	Was ist eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)?.....	16
1.2	Was ändert sich bei Verwendung einer SPS?	18
1.3	Aufbau einer SPS am Beispiel einer S7-1200®	19
1.4	Aufbau einer SPS am Beispiel einer S7-1500®	21
1.5	Auswahlkriterien für die Hardwarezusammenstellung einer SPS	22
1.5.1	Auswahl der SPS-Familie	22
1.5.2	Auswahl der CPU	23
1.5.3	Auswahl der Signalmodule.....	26
1.5.4	Auswahl der Sondermodule	27
1.6	Wie wird eine SPS programmiert und konfiguriert?	27
1.6.1	Schritte bei der Systemfamilie S7-1200®	27
1.6.2	Schritte bei der Systemfamilie S7-1500®	33
1.6.3	Wiederholungsfragen.....	38
2	Beispiel einer Anlage mit SPS-Steuerung	39
2.1	Wiederholungsfragen	41
2.2	PLC-Lab Anlage Wippe.....	42
3	Operandenbereiche und Adressierung von Operanden in einer SPS.....	48
3.1	Eingangs- und Ausgangsoperanden.....	48
3.2	Merkeroperanden	48
3.1	Lokaloperanden, Lokaldaten	48
3.2	Daten eines Datenbausteins.....	48
3.3	SIMATIC®-Timer (S7-1500®).....	49
3.4	IEC-Timer-Funktionen.....	49
3.5	SIMATIC®-Counter (nur S7-1500®).....	49
3.6	IEC-Counter-Funktionen	49
3.7	Peripherieeingänge.....	49
3.8	Peripherieausgänge	50
3.9	Operandenübersicht.....	50
3.10	Bit, Byte, Wort, Doppelwort und Long-Wort.....	50
3.10.1	Bit	50
3.10.2	Byte	51
3.10.3	Wort	51
3.10.4	Doppelwort	51
3.10.5	Long-Wort	51
3.11	Adressierung der Operanden	52
3.11.1	Schreibweise von Bitoperanden.....	52
3.11.2	Schreibweise von Byteoperanden.....	53
3.11.3	Schreibweise von Wortoperanden.....	54
3.11.4	Schreibweise von Doppelwortoperanden.....	54
3.11.5	Schreibweise von Longwortoperanden.....	55
3.12	Wie erhalten Merker ihre Adresse?	56
3.13	Wie bekommen Ein- und Ausgänge ihre Adresse?.....	57
3.14	Adressierung von SIMATIC®-Timer und -Counter	61
3.15	Remanenz	62
3.15.1	Einstellung der Remanenz für Merker, SIMATIC®-Timer und -Counter.....	62
3.15.2	Einstellung der Remanenz von Datenbausteinen	64

3.15.3	Einstellung der Remanenz für IEC-Timer und IEC-Counter	64
3.15.4	Begrenzung der Operanden je nach Systemfamilie und CPU-Typ	65
3.15.5	Rücksetzen der remanenten Daten über die Systemfunktion INIT_RD	66
3.16	Wiederholungsfragen	66
4	Symbolische Programmierung.....	67
4.1	Die PLC-Variablen-tabelle	67
4.2	Welche Schritte sind notwendig um symbolisch programmieren zu können?	69
4.3	Beispiel einer PLC-Variablen-tabelle.....	70
4.4	Regeln für die Variablen-Definition in der Variablen-tabelle	72
4.5	Welche Operanden können in der Variablen-tabelle angegeben werden?	73
4.6	Systemkonstanten	74
4.7	Anwenderkonstanten	75
4.8	Wiederholungsfragen	75
5	Binäre Grundverknüpfungen.....	76
5.1	Darstellungsarten	76
5.1.1	Beispiel zu AWL (nur S7-1500®), SCL, FUP und KOP	77
5.1.2	Die Darstellungsart S7-GRAPH® (nur S7-1500®).....	81
5.2	Grundverknüpfungen in den Darstellungsarten AWL, SCL, FUP und KOP.....	82
5.3	Verknüpfungsergebnis VKE (nur AWL)	85
5.3.1	VKE-Begrenzung	86
5.3.2	VKE-begrenzende Operationen.....	87
5.4	Gemischte UND/ODER-Funktionen ohne Klammerbefehle (nur AWL).....	87
5.5	Klammerbefehle (nur AWL).....	89
5.5.1	Wichtige Hinweise zu den Klammerbefehlen	89
5.5.2	Vorhandene Klammerbefehle	89
5.5.3	Beispiele zu Klammerbefehlen.....	89
5.6	Übungen	91
5.6.1	Hebetisch	91
5.6.2	Automatisierter Bahnübergang	92
5.6.3	Schutztür einer Maschine	93
6	CPU-Funktionen.....	94
6.1	Baustein beobachten (Bausteinstatus).....	94
6.1.1	Der Beobachten-Modus in den Grunddarstellungsarten.....	95
6.2	Beobachtungstabellen.....	96
6.2.1	Beobachtungstabelle am Beispiel einer Alarmanlage.....	96
6.3	Force-Tabellen.....	97
6.4	Diagnose- und Infofunktionen einer CPU.....	99
6.4.1	Status-LEDs der CPU.....	101
6.4.2	Verwendung des CPU-Displays bei einer S7-1500®	103
6.4.3	Verwendung des integrierten Webservers in der CPU	104
6.4.4	Die Anzeigen <i>Online & Diagnose</i> im TIA Portal®	106
6.5	Weitere CPU-Funktionen.....	107
7	Speicherfunktionen [SR- und RS-Glieder]	108
7.1	Erstes Beispiel zu den Speicheroperationen	109
7.2	Setz- und Rücksetzdominanz.....	110

7.3	Speicher in den Grunddarstellungsarten.....	111
7.4	Beispiel 2 zu Speicheroperationen	114
7.4.1	Erzeugen der PLC-Variablen	114
7.4.2	Schreiben des SPS-Programms im OB1	114
7.4.3	Test des SPS-Programms.....	116
7.5	Der Q-Ausgang des Speichers.....	119
7.6	Wie funktioniert eine Speicheroperation?	120
7.7	Beispiel 3 zu Speicheroperationen	121
7.7.1	Schreiben des SPS-Programms im OB1	122
7.7.2	Test des SPS-Programms.....	125
7.8	Fazit zu Speichern	129
7.9	Wiederholungsfragen	129
7.10	Übungen	130
7.10.1	Torsteuerung.....	130
7.10.2	Werkzeugwechsel	131
7.10.3	Regalbediengerät (RBG).....	132
8	Programmstrukturen und Programmbearbeitung.....	133
8.1	Vorstellung der linearen Programmierung anhand eines Beispiels	133
8.1.1	Erstellen des linearen SPS-Programms	134
8.1.2	Analyse des linearen SPS-Programms	137
8.2	Strukturierte Programmierung	138
8.2.1	Organisationsbausteine (OBs).....	138
8.2.2	Die Funktion (FC).....	141
8.2.3	Der Funktionsbaustein (FB).....	142
8.2.4	Der Datenbaustein (DB)	143
8.2.5	Systemfunktionen (SFC) und Systemfunktionsbausteine (SFB)	143
8.2.6	Maximale Anzahl der Anwenderbausteine und deren Nummernband	144
8.2.7	Aufruf einer FC in den verschiedenen Darstellungsarten	144
8.2.8	Aufruf eines FBs in den verschiedenen Darstellungen.....	149
8.2.9	Operationen, um einen Baustein zu beenden	152
8.2.10	Erstellen des strukturierten SPS-Programms	154
8.2.11	Analyse des strukturierten SPS-Programmes.....	155
8.2.12	Verwendung mehrerer Main-OBs.....	157
8.3	Fazit zur linearen und strukturierten Programmierung	158
8.4	Bearbeitung eines SPS-Programmes in der CPU.....	158
8.4.1	Prozessabbilder	158
8.4.2	Betriebszustände einer S7-CPU.....	159
8.4.3	RUN-Betrieb	161
8.5	Beispiel zur Programmbearbeitung in der CPU	162
8.6	Reaktionszeit	163
8.7	Vorteile bei der Arbeit mit dem Prozessabbild.....	165
8.8	Alarmgesteuerte Programmbearbeitung	165
8.8.1	Beispiel für die alarmgesteuerte Programmbearbeitung	166
8.8.2	Parametrierung des Alarms.....	167
8.8.3	Erläuterung zur Funktion.....	167
8.9	Wiederholungsfragen	169
8.10	Übungen	170
8.10.1	Abscheider in einer Rohrleitung.....	170

8.10.2	Pumpensteuerung.....	171
9	Flankenbewertung	172
9.1	Die positive Flanke.....	172
9.2	Die negative Flanke	172
9.3	Erstes Beispiel zur Flankenbewertung	173
9.4	Wie funktioniert die Flankenbewertung?	176
9.5	Flankenbewertung in den verschiedenen Darstellungsarten	178
9.6	Wiederholungsfragen	178
9.7	Übungen	179
9.7.1	Durchfluss-Mengenerfassung	179
9.7.2	Lastenaufzug	180
10	Bausteinparameter	181
10.1	Beispiel zu Bausteinparametern	181
10.1.1	Erzeugen der FC	183
10.1.2	Bedeutung der Deklarationsbereiche	185
10.1.3	Zuordnung der Parameter zu den Deklarationsbereichen.....	186
10.1.4	Erstellung des SPS-Programms in der FC	188
10.1.5	Aufruf der FC1 im OB1	191
10.1.6	Test des SPS-Programms.....	194
10.1.7	Erläuterung des Ablaufs	195
10.2	Erweiterung des Beispiels.....	196
10.2.1	Implementierung des neuen Anlagenteils in das SPS-Programm	198
10.2.2	Test des SPS-Programms.....	199
10.2.3	Erläuterung des Ablaufs	199
10.3	Fazit des Beispiels.....	201
10.4	Übergabe als Wert (Call-by-value) bei Eingangsparameter	201
10.5	Übergabe als Referenz (Call-by-reference) bei Durchgangsparameter.....	201
10.6	Bibliotheksfähige Bausteine	201
10.7	Wiederholungsfragen	202
10.8	Übungen	203
10.8.1	Sensorabdeckung	203
10.8.2	Bewässerungsanlage	204
11	SIMATIC®-Zeiten [nur S7-1500®].....	205
11.1	Zeitfunktionen mit einem Zeitwert laden	205
11.1.1	Laden einer Zeit über einen konstanten Zeitwert.....	206
11.1.2	Weitere Möglichkeiten, eine Zeitkonstante zu laden	209
11.1.3	Starten und Rücksetzen einer Zeit	210
11.1.4	Binäre Abfrage einer Zeit	211
11.2	Die Zeitart SI (Impuls)	212
11.2.1	Beispiel zur Zeitart SI.....	212
11.3	Die Zeitart SV (verlängerter Impuls)	213
11.3.1	Beispiel zur Zeitart SV	213
11.4	Die Zeitart SE (Einschaltverzögerung)	214
11.4.1	Beispiel zur Zeitart SE.....	214
11.5	Die Zeitart SS (Speichernde Einschaltverzögerung).....	215
11.5.1	Beispiel zur Zeitart SS	215

11.6	Die Zeitart SA (Ausschaltverzögerung)	216
11.6.1	Beispiel zur Zeitart SA	216
11.7	Größeres Beispiel zu SIMATIC®-Zeiten	217
11.7.1	Test des SPS-Programms	223
11.8	Wiederholungsfragen	223
11.9	Übungen	224
11.9.1	Impuls-Ventil	224
11.9.2	Fußgängerampel	226
11.9.3	Hupsignal	227
12	IEC-Zeitfunktionen	228
12.1	TP Impuls	229
12.1.1	Beispiel zu TP	230
12.2	TON Einschaltverzögerung	231
12.2.1	Beispiel zu TON	232
12.3	TOF Ausschaltverzögerung	233
12.3.1	Beispiel zu TOF	234
12.4	TONR, akkumulierende Einschaltverzögerung	235
12.4.1	Beispiel zu TONR	236
12.5	Größeres Beispiel zu IEC-Timer	237
12.5.1	Test des SPS-Programms	248
12.6	Vorteile der IEC-Zeitfunktionen gegenüber den SIMATIC®-Zeiten	249
12.7	Blinktakt	250
12.7.1	Beispiel 1: Blinktakt mit IEC-Timer	250
12.7.2	Das Taktmerkerbyte	250
12.7.3	Beispiel 2: Blinktakt mit Taktmerker	251
12.8	Wiederholungsfragen	252
12.9	Übungen	253
12.9.1	Späne abblasen	253
12.9.2	Motor-Schutz	254
12.9.3	Signal-Entprellung	255
13	SIMATIC®-Zähler (nur S7-1500®)	256
13.1	Zähler setzen und rücksetzen	256
13.2	Abfragen eines Zählers	258
13.2.1	Binäre Abfrage eines Zählers	258
13.2.2	Aktuellen Stand eines Zählers auslesen	259
13.3	Zähler mit einem Wert vorbelegen	259
13.3.1	Laden eines konstanten Zähler-Wertes	259
13.3.2	Laden eines variablen Zähler-Wertes	260
13.4	Der Vorwärtszähler	261
13.4.1	Beispiel zu einem Vorwärtszähler	261
13.5	Der Rückwärtszähler	262
13.5.1	Beispiel zu einem Rückwärtszähler	262
13.6	Größeres Beispiel zum SIMATIC®-Zähler	263
13.6.1	Test des SPS-Programms	265
13.7	Wiederholungsfragen	265
13.8	Übungen	266
13.8.1	Zählerausgabe	266

13.8.2	Zählererfassung am Materialband	267
14	IEC-Zählerfunktionen	268
14.1	CTU-Vorwärtszähler (CTU=CountUp)	268
14.1.1	Beispiel zu CTU	270
14.2	CTD Rückwärtszähler (CTD = CountDown)	271
14.2.1	Beispiel zu CTD	272
14.3	CTUD Vorwärts- Rückwärtszähler (CTUD = CountUpDown).....	272
14.3.1	Beispiel zu CTUD	274
14.4	Vorteile der IEC-Zählerfunktionen gegenüber den SIMATIC®-Zählern	274
14.5	Größeres Beispiel zu IEC-Zählerfunktionen	275
14.5.1	Test des SPS-Programms.....	277
14.6	Übungen	278
14.6.1	Wegmessung Krananlage.....	278
14.6.2	Greifersteuerung.....	279
14.6.3	Mühlrad.....	280
15	Die Bausteinart Datenbaustein (DB).....	281
15.1	Aussehen der DB-Editoren	281
15.2	Was ist eine Struktur?	282
15.3	Beispiel zur Erläuterung von Globaldatenbausteinen	283
15.3.1	Zugriff auf Daten im DB.....	285
15.3.2	Zugriff auf DB-Daten über absolute Adressierung	289
15.3.3	Nachteile des absoluten Zugriffs auf DB-Variablen	290
15.4	Optimierte Datenbausteine.....	292
15.4.1	Vorteil von optimierten Datenbausteinen	293
15.4.2	Nachteil von optimierten Datenbausteinen	293
15.4.3	Aufbau von optimierten DBs in einer S7-1200®	294
15.4.4	Aufbau von optimierten DBs in einer S7-1500®	295
15.5	Unterschied Startwert und Aktualwert	296
15.5.1	Aktualwerte eines DBs als Startwerte übernehmen	296
15.6	Übungen	298
15.6.1	Programmanwahl.....	298
16	Übertragungsfunktionen.....	299
16.1	Elementare Datentypen	299
16.2	Zusammengesetzte Datentypen.....	300
16.3	Der Datentyp „Variant“	301
16.4	Kopieren von Variablen in FUP/KOP.....	304
16.4.1	Verwendung der MOVE-Box bei elementaren Datentypen.....	304
16.4.2	Erweiterung der Ausgänge der MOVE-Box	305
16.4.3	Bedingte Ausführung der MOVE-Box.....	306
16.4.4	Das Baustein-Attribut IEC-Prüfung.....	307
16.4.5	Kopieren von Strings mit der S_MOVE-Box	309
16.4.6	Kopieren von zusammengesetzten Datentypen	309
16.5	Wertzuweisungen in SCL	310
16.5.1	Wertzuweisung von einzelnen elementaren Datentypen	310
16.5.2	Wertzuweisung von String-Datentypen	311
16.5.3	Wertzuweisung von zusammengesetzten Datentypen	312

16.6	Lade- und Transferoperationen in AWL (nur S7-1500®)	313
16.6.1	Emulation der Register in AWL	314
16.7	Zugriff auf eine „Scheibe“ (Slice) eines Variablendatentyps	315
16.8	Zugriff auf eine Variable über eine Sicht (AT-Überlagerung)	317
16.9	Konstanten in den verschiedenen Darstellungsarten	318
16.10	Wiederholungsfragen	320
16.11	Übungen	321
16.11.1	Datenfilter	321
16.11.2	Maschinen-Anzeige	322
17	Die Bausteinart Funktionsbaustein (FB)	323
17.1	Beispiel zu Funktionsbausteinen	323
17.2	Aufruf eines Funktionsbausteins ohne Angabe von Aktualparametern	329
17.3	Gegenüberstellung Instanzdatenbaustein und Globaldatenbaustein	330
17.4	Der Parameterbereich statischer Lokaldaten	331
17.5	Wiederholungsfragen	331
17.6	Übungen	332
17.6.1	Plattenwender	332
17.6.2	Gipswerk-Rohsteinanlieferung	333
18	Schrittkettenprogrammierung	334
18.1	Vorstellung des Beispiels zur Schrittkettenprogrammierung	334
18.1.1	Zerlegung des Gesamtablaufs in Einzelschritte	335
18.2	Erstellung des Schrittkettenprogramms in einem FB	338
18.2.1	Planung des SPS-Programms	338
18.2.2	Warum die Schrittkeite in einem FB programmieren?	338
18.2.3	Schritt 1 bis Schritt 18	339
18.2.4	Verhindern eines erneuten Starts der Schrittkeite	357
18.2.5	Programmierung der FC mit den Zuweisungen an die Ausgänge	358
18.2.6	Programmierung des OB1	361
18.2.7	Rücksetzen der Schrittkeite beim Anlauf der CPU	364
18.2.8	Regeln bei dieser Art der Schrittkettenprogrammierung	365
18.3	Erstellung der Schrittkeite über „CASE ... OF“	367
18.4	GRAF CET	369
18.4.1	Erklärung einiger GRAFCET-Elemente	370
18.4.2	Erstellen des GRAFCET-Plans für die Karton-Faltanlage	376
18.4.3	Fazit der Beschreibung des Ablaufs mit GRAFCET	379
18.5	Übungen	380
18.5.1	Reinigungsanlage (CIP)	380
18.5.2	Abfüllanlage	381
19	Zahlensysteme	382
19.1	Das Dezimalsystem	382
19.2	Das duale Zahlensystem	382
19.3	Hexadezimalsystem	383
19.4	Umwandlung einer Dualzahl in eine Hexzahl	385
19.5	Das BCD-Zahlensystem (binary coded decimal)	386
20	Vergleicher	388

20.1	Vergleicher in FUP/KOP	388
20.1.1	Verwendung der Vergleicher-Box bei elementaren Datentypen.....	389
20.1.2	Verwendung der T_COMP-Box bei Zeit-Datentypen	390
20.1.3	Verwendung der S_COMP-Box bei Zeichen/String-Datentypen	390
20.1.4	Der Bereichsvergleich über IN_RANGE und OUT_RANGE.....	391
20.2	Vergleicher in SCL	393
20.3	Vergleicher in AWL	393
20.4	Beispiel zu Vergleichen	394
20.4.1	Test des SPS-Programms.....	396
20.5	Fazit	396
20.6	Wiederholungsfragen.....	396
20.7	Übungen	397
20.7.1	Kisten-Waage	397
20.7.2	Zeitabgleich CPU und HMI	398
21	Arithmetische Operationen.....	399
21.1	Anwendung von arithmetischen Funktionen in FUP/KOP.....	399
21.1.1	Elementaren Datentypen	399
21.1.2	Datum, Uhrzeit, Zeitdauer	401
21.1.3	Dekrementieren und inkrementieren.....	402
21.2	Anwendung von arithmetischen Funktionen in SCL.....	403
21.2.1	Elementaren Datentypen.....	403
21.2.2	Datum, Uhrzeit, Zeitdauer	404
21.2.3	Dekrementieren und Inkrementieren.....	404
21.3	Anwendung von arithmetischen Funktionen in AWL.....	405
21.3.1	Elementare Datentypen.....	405
21.3.2	Datum, Uhrzeit, Zeitdauer	407
21.3.3	Dekrementieren und Inkrementieren.....	407
21.4	Anwendung der CALCULATE-Box	408
21.5	Wiederholungsfragen „Arithmetik“	408
21.6	Übungen	409
21.6.1	Zulauf-Differenz	409
21.6.2	Druckberechnung TMP	410
21.6.3	Nagelpistole	411
22	Sprungoperationen	412
22.1	Sprungoperationen in FUP/KOP	413
22.1.1	Die Sprünge JMP und JMPN.....	413
22.1.2	Bedingte Sprünge JMP und JMPN	414
22.1.3	Sprungliste JMP_LIST	415
22.1.4	Sprungverteiler SWITCH.....	417
22.1.5	Rücksprung aus Baustein	419
22.2	Sprungoperationen in SCL	420
22.2.1	Absoluter Sprung GOTO.....	420
22.2.2	Bedingter Sprung IF-THEN-GOTO.....	420
22.2.3	Sprungliste CASE	421
22.2.4	Sprungverteiler IF-THEN-ELSE-GOTO	421
22.3	Sprungoperationen in AWL	422
22.3.1	Absoluter Sprung SPA	422

22.3.2	Bedingte Sprünge SPB und SPBN	422
22.3.3	Sprungliste SPL	423
22.3.4	LOOP = Schleife	424
22.4	Beispiel zu Sprungoperationen	425
22.5	Probleme beim Überspringen von Operationen	426
22.6	Fazit	427
22.7	Wiederholungsfragen	427
22.8	Übungen	428
22.8.1	Auswertung von Summen	428
22.8.2	Variables Bohren	429
23	Praktische Programmiertipps	431
23.1	Verwaltungsfunktionen für SPS-Programme	431
23.1.1	Der Belegungsplan	431
23.1.2	Querverweise	433
23.1.3	Programm- oder Aufrufstruktur	434
23.1.4	Inkonsistentes SPS-Programm	435
23.1.5	Lokale Fehlerbehandlung	436
23.1.6	Bausteine vergleichen	439
23.1.7	Kommentare innerhalb der Darstellungsarten	442
23.2	Fehlersuche im SPS-Programm	443
23.2.1	Die Task-Card „Online-Tools“	443
23.2.2	Der Diagnosepuffer	444
23.2.3	Aufrufumgebung mit Beispiel	445
23.2.4	PLC-Variablen beobachten	448
23.2.5	Verwendung von Beobachtungstabellen	449
23.2.6	Steuern von Variablen	450
23.2.7	Beobachten und Steuern mit Angabe eines Triggers	452
23.3	Fazit	454
23.4	Wiederholungsfragen	454
24	Analogwertverarbeitung	455
24.1	Erstes Beispiel zur Analogwertverarbeitung	455
24.2	Fazit des ersten Beispiels	461
24.3	Zweites Beispiel zur Analogverarbeitung	462
24.3.1	Test des SPS-Programms	468
24.4	Fazit des zweiten Beispiels	468
24.5	Wiederholungsfragen	468
24.6	Übungen	469
24.6.1	Füllstandsanzeige	469
24.6.2	Längenmessung	470
24.6.3	Potentiometer-Prüfstation	471
25	Zweipunktregler	472
25.1	Beispiel zu Zweipunktregler	473
25.1.1	Test des SPS-Programms	476
25.2	Fazit	476
25.3	Übungen	477
25.3.1	Elektrische Heizung	477

25.3.2	Füllstandsregler.....	478
26	Bussysteme.....	479
26.1	Kommunikationsebenen	479
26.2	Bustopologien.....	480
26.3	PROFINET.....	481
26.3.1	Gerätedefinitionen.....	481
26.3.2	Gerätstammdatei (GSD).....	481
26.3.3	Netzaufbau.....	482
26.3.4	Adressierung	482
26.3.5	Beispiel einer PROFINET-Konfiguration (S7-1500®).....	483
26.3.6	Beispiel einer PROFINET-Konfiguration (S7-1200®).....	485
26.3.7	Ansprechen der dezentralen Peripherie innerhalb des SPS-Programms.....	486
26.3.8	Begriffserklärung „I-Device“.....	487
26.3.9	Begriffserklärung „Shared-Device“	487
26.4	PROFIBUS -DP	487
26.4.1	Gerätedefinitionen.....	488
26.4.2	Gerätstammdatei (GSD).....	488
26.4.3	Netzaufbau.....	488
26.4.4	Adressierung	489
26.4.5	Beispiel einer PROFIBUS-DP-Konfiguration (S7-1500®).....	489
26.4.6	Beispiel einer PROFIBUS-DP-Konfiguration (S7-1200®).....	492
26.4.7	Ansprechen der dezentralen Peripherie innerhalb des SPS-Programms.....	493
26.5	Verwendung eines Kommunikationsprozessors als DP-Master (S7-1200®).....	494
26.6	AS-Interface.....	495
26.6.1	Gerätedefinition.....	496
26.6.2	Netzaufbau.....	496
26.6.3	Adressierung der Busteilnehmer	496
26.6.4	Verwendung von AS-Interface-Geräten im S7-Umfeld.....	497
26.7	Fazit	497
26.8	Wiederholungsfragen.....	497
26.9	Übungen.....	497
26.9.1	S7-1200® Konfiguration	497
26.9.2	S7-1200® mit PROFIBUS.....	497
27	HMI-Verbindung	498
27.1	Erstes Beispiel zur Konfiguration.....	498
27.1.1	Bilder und Objekte	500
27.1.2	Externe und interne Variablen.....	500
27.2	Basic HMI-Beispiel	502
27.2.1	Bild mit statischen Elementen auffüllen	504
27.2.2	Bild mit dynamischen Elementen auffüllen	504
27.2.3	Dynamisieren der Elemente mit Variablen	505
27.2.4	Dynamisieren der Farben.....	506
27.2.5	EA-Felder dynamisieren	507
27.2.6	Grafikelement dynamisieren.....	507
27.2.7	Schaltfläche (Button) mit Ereignisse belegen	508
27.2.8	Funktionstasten mit Ereignissen belegen	509
27.2.9	Test der HMI.....	510

27.3 Wiederholungsfragen	510
A. Einführung in PLC-Lab Runtime.....	511
A.1 Schritt 1: Neues Projekt mit Hilfe des Vorlageprojektes erstellen	511
A.2 Schritt 2: Programm erstellen	512
A.3 Schritt 3: Simulation starten.....	513
A.4 Schritt 4: PLC-Lab starten und virtuelle Anlage öffnen.....	514
A.5 Wichtige Tipps zum TIA Portal® und PLC-Lab.....	515
B. Kurzanleitungen und Wissenswertes zum TIA Portal®	516
B.1 Unterschied Basic und Professional	516
B.2 Auffinden einer STEP®7-Operation innerhalb der Anweisungen-Task Card	517
B.3 Vorgehensweise wenn ein neues Projekt in S7-PLCSIM zu übertragen ist.....	518
B.3.1 Ausgangssituation	518
B.3.2 Öffnen oder erzeugen des neuen Projektes	518
B.3.3 Projekt übersetzen	519
B.3.4 Übertragen der Station in das bereits gestartete S7-PLCSIM	519
B.4 Mögliches Fehlverhalten von S7-PLCSIM S7-1200®/1500.....	522
C. Index.....	523