

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Für wen ist dieses Buch geeignet?	1
1.2 Wie sollte das Buch gelesen werden?	1
1.3 Wichtige Begriffserklärungen für den Kurs	2
1.4 WinSPS-S7 V3 installieren	3
<b>2 Grundlagen der SPS-Technik</b>	<b>4</b>
2.1 Was ist eine speicherprogrammierbare Steuerung?	4
2.2 Was ändert sich bei Verwendung einer SPS?	6
2.3 Aufbau einer speicherprogrammierbaren Steuerung	7
2.4 Wie wird eine SPS programmiert und gesteuert?	8
2.5 Beispiel einer Anlage mit SPS-Steuerung	10
2.6 Die CPU-Funktionen bei STEP <sup>®</sup> 7	13
2.6.1 Der Bausteinstatus	13
2.6.2 Status-Variable	13
2.6.3 Steuern-Variable	14
2.6.4 Baugruppenzustand	14
2.6.5 Übersicht der CPU-Funktionen (Protokolle)	16
<b>3 Das erste S7-Programm</b>	<b>17</b>
<b>4 Die Darstellungsart AWL</b>	<b>24</b>
<b>5 Erklärung der Operanden in STEP<sup>®</sup>7</b>	<b>25</b>
5.1 Eingangs- und Ausgangsoperanden	25
5.2 Merkeroperanden	25
5.3 Lokaloperanden	25
5.4 Daten eines Datenbausteins	26
5.5 Timer	26
5.6 Zähler	26
5.7 Peripherieeingänge	26
5.8 Peripherieausgänge	26
5.9 Operandenübersicht	27

---

<b>6 Adressierung der Operanden</b>	<b>28</b>
6.1 Schreibweisen von Bit-Operanden	28
6.2 Schreibweisen von Byte-Operanden	29
6.3 Schreibweisen von Wort-Operanden	30
6.4 Schreibweisen von Doppelwort-Operanden	31
6.5 Hinweise zur Adressierung	32
<b>7 Symbolische Programmierung</b>	<b>33</b>
7.1 Erstellen der Symbolik-Datei	34
7.2 Einschalten der Symbolik in der Programmiersoftware	36
7.3 Symbole bei der Programmierung benutzen	36
7.4 Unterschied zwischen Symbol und Variable	37
<b>8 Verknüpfungsoperationen</b>	<b>38</b>
8.1 UND-Verknüpfung	39
8.2 ODER-Verknüpfung	40
8.3 EXKLUSIV-ODER-Verknüpfung	41
8.4 NICHT-Verknüpfung	42
8.4.1 Übung: Nicht-Verknüpfung	43
8.5 UND-NICHT-Verknüpfung	44
8.6 ODER-NICHT-Verknüpfung	45
8.7 Verknüpfungsergebnis (VKE)	46
8.8 Gemischte UND/ODER-Funktionen ohne Klammerbefehle	48
8.8.1 Übung: UND/ODER gemischt	49
8.9 Klammerbefehle	50
8.9.1 Übung: Klammerbefehle	52
8.10 Alternative zu den Klammerbefehlen	53
8.11 ODER-Verknüpfung von UND-Verknüpfungen	54
8.12 Setz-Rücksetzbefehle	55
8.12.1 Übung: Speicher	58
<b>9 Lineare und strukturierte Programmierung</b>	<b>59</b>
9.1 Lineare Programmierung	59
9.2 Strukturierte Programmierung	73
9.2.1 Organisationsbausteine (OB)	73
9.2.2 Die Funktion (FC)	75
9.2.3 Der Funktionsbaustein (FB)	75

9.2.4 Der Datenbaustein (DB)	76
9.2.5 Systemfunktionen (SFC) und Systemfunktionsbausteine (SFB)	76
9.2.6 Der Systemdatenbaustein (SDB)	77
9.2.7 Maximale Anzahl der Anwenderbausteine	77
9.2.8 Aufruf einer FC	78
9.2.9 Aufruf eines FBs	81
9.2.10 Befehle, um einen Baustein zu beenden	82
9.2.11 Beispiel zur strukturierten Programmierung	85
<b>10 Datentypen in STEP®7</b>	<b>94</b>
10.1 Elementare Datentypen	96
10.2 Zusammengesetzte Datentypen	97
10.3 Parametertypen	97
<b>11 Lade- und Transferbefehle</b>	<b>98</b>
11.1 Laden von Bytes	98
11.2 Laden von Wörtern	99
11.3 Laden von Doppelwörtern	101
11.4 Anmerkung zu Wortoperationen	102
11.5 Laden von Konstanten	103
<b>12 Bausteinparameter</b>	<b>107</b>
12.1 Beispiel zu Bausteinparametern	107
12.1.1 Benennung der Deklarationsbereiche	109
12.1.2 Zuordnung der Parameter zu den Deklarationsbereichen	110
12.1.3 Programmierung der Bausteinparameter	110
12.2 Verarbeitung von Formalparametern	119
12.2.1 Zugriff auf Formalparameter des Datentyps BOOL	119
12.2.2 Schreibzugriff auf einen BOOL-Eingangparameter	120
12.2.3 Zugriff auf Formalparameter mit digitalen Datentypen	124
12.2.4 Beispiel zu Parameter mit einem digitalem Datentyp	125
12.2.5 Zugriff auf Formalparameter mit zusammengesetzten Datentypen	127
12.2.6 Beispiel zu Parameter mit Datentyp Array	128
12.2.7 Deklaration eines STRUCT	130
12.2.8 Beispiel zum Datentyp STRUCT	132
12.2.9 Deklaration eines STRING	137
12.2.10 Deklaration eines DATE_AND_TIME	139

<b>13 Globaldatenbausteine</b>	<b>140</b>
13.1 Erstellen eines DB	140
13.2 Zugriff auf einen DB	145
13.2.1 Zugriff auf ein Datenbit	147
13.2.2 Zugriff auf Datenbyte, Datenwort und Daten-Doppelwort	147
13.2.3 Zugriff auf die Daten eines DB über die Variablenbezeichnungen	147
13.3 Unterschied Anfangswert zu Aktualwert	150
13.3.1 Aktualwerte auf Anfangswerte setzen	157
13.4 Befehle und Funktionen im Zusammenhang mit Datenbausteinen	158
13.4.1 Aufschlagen eines Datenbausteins	158
13.4.2 Länge eines Datenbausteins ermitteln	159
13.4.3 Nummer des aufgeschlagenen Datenbausteins ermitteln	162
13.4.4 Einen Datenbaustein erzeugen und testen	163
13.4.5 Datenbaustein löschen	167
13.4.6 Vorbelegung des Datentyps ARRAY	173
13.4.7 Vorbelegung des Datentyps STRING	176
13.4.8 Schreibschutz für einen Datenbaustein	177
13.4.9 Datenbaustein im Ladespeicher ablegen	178
13.4.10 Mögliche Anzahl von DBs in einer CPU	179
<b>14 Funktionsbausteine</b>	<b>180</b>
14.1 Eigenschaften eines Funktionsbausteins	180
14.2 Beispiel zu Funktionsbausteinen	180
14.2.1 Erstellen des SPS-Programms	181
14.3 Aufruf eines Funktionsbausteines ohne die Angabe von Aktualparametern	197
14.4 Unterschied Instanzdatenbaustein und Globaldatenbaustein	203
14.4.1 Das DI-Register	203
14.5 Die statischen Lokaldaten	204
<b>15 Zähler</b>	<b>205</b>
15.1 Zähler setzen und rücksetzen	205
15.2 Abfragen eines Zählers	206
15.3 Zähler mit einem Zählwert laden	206
15.3.1 Laden eines konstanten Zählwerts	207
15.3.2 Weitere Möglichkeiten, einen Zähler vorzubelegen	207
15.4 Vorwärtszähler	208
15.5 Rückwärtszähler	209

15.6 Beispiel zum Zähler	210
15.7 Weiteres Beispiel zum Zähler	211
15.8 Anzahl der verfügbaren Zähler	215
15.9 Binärabfrage eines Zählers	216
<b>16 Zeiten</b>	<b>217</b>
16.1 Zeitfunktion mit einem Zeitwert laden	217
16.1.1 Laden einer Zeit über einen konstanten Zeitwert	218
16.1.2 Weitere Möglichkeiten, eine Zeitkonstante zu laden	219
16.2 Starten und Rücksetzen einer Zeit	220
16.3 Abfragen einer Zeit	220
16.4 Die Zeitart SI (Impuls)	221
16.5 Die Zeitart SV (verlängerter Impuls)	223
16.6 Die Zeitart SE (Einschaltverzögerung)	225
16.7 Die Zeitart SS (Speichernde Einschaltverzögerung)	227
16.8 Die Zeitart SA (Ausschaltverzögerung)	229
16.9 Beispiel zum Abschnitt Zeiten	231
16.10 Weiteres Beispiel zu Zeiten	232
16.11 Zeiten als Bausteinparameter	240
16.12 Anzahl der verfügbaren Zeiten	242
16.13 Wichtiger Hinweis zu Zeiten	242
16.14 Flankenbewertung	243
16.14.1 Beispiel "Positive Flanke"	244
16.14.2 Negative Flanke	244
16.15 Binäruntersetzer (T-Kippglied)	245
<b>17 Schrittkettenprogrammierung (Ablaufsteuerung)</b>	<b>247</b>
17.1 Aufgabenstellung	247
17.2 Zerlegung des Gesamtablaufs in Einzelschritte	248
17.3 Ein- und Ausgangsbelegung	250
17.4 Programmerstellung	251
17.5 Test des SPS-Programms	259
<b>18 Die Register der CPU</b>	<b>263</b>
18.1 Akkumulatoren	263
18.2 Adressregister	263
18.3 DB-Register	264

---

18.4 Das Statuswort	264
<b>19 Abarbeitung eines S7-Programms im AG</b>	<b>265</b>
19.1 Die Betriebszustände eines S7-AGs	265
19.2 Das Prozessabbild	268
<b>20 Sprungbefehle</b>	<b>270</b>
20.1 Syntax der Sprungbefehle	271
20.2 Absoluter Sprung (SPA)	271
20.3 Sprungbefehle, die das VKE auswerten	272
20.4 Sprungbefehle, die das Binärergebn auswerten	273
20.5 Sprungbefehle, welche die Anzeigebits (A0, A1) auswerten	274
20.6 Sprungbefehle bei Überlauf	277
20.7 Der LOOP-Befehl	278
20.8 Sprungleiste, Sprungverteiler (SPL)	279
20.9 Direkte Auswertung des Statusworts	281
<b>21 Fehlerdiagnose bei einer S7-CPU</b>	<b>282</b>
21.1 Fehlersuche über Diagnosebuffer	283
21.2 Fehlersuche über USTACK/BSTACK	285
21.3 Zweites Beispiel zur Fehlersuche	287
<b>22 Das MPI-Netzwerk</b>	<b>291</b>
<b>23 Handhabung einer S7-CPU</b>	<b>295</b>
23.1 Neue S7-CPU's mit Micro Memory Card (MMC)	295
23.1.1 Handhabung der MMC	295
23.1.2 Betriebsartenschalter	296
23.1.3 Urlöschen	296
23.1.4 Remanenz	297
23.2 Alte S7-CPU's mit Flashcard oder integriertem ROM	298
23.2.1 Schlüsselschalter	298
23.2.2 Memory Cards	299
23.2.3 Integriertes ROM	300
23.2.4 Systemdatenbausteine restaurieren	300
23.2.5 Speichermedien	301
<b>24 Vergleicher</b>	<b>302</b>
24.1 Auswertung der Vergleichsfunktionen	303

24.1.1 Auswertung über Binäroperationen	303
24.1.2 Auswertung der Anzeigebits	304
<b>25 Arithmetische Befehle</b>	<b>305</b>
<b>26 Unterschiede zwischen S5 und S7</b>	<b>308</b>
26.1 Bausteinarten in S5 und in S7	308
26.2 Vergleich Befehlssatz S5/S7	309
26.3 Einführung der Variable in S7	310
26.4 Vorteile von S7	311
26.5 Weitere Unterschiede zwischen S5 und S7	312
<b>27 Programmierregeln in STEP®7</b>	<b>314</b>
<b>28 Prozess-Simulation SPS-VISU S5/S7</b>	<b>321</b>
28.1 Einführung in die Prozess-Simulation SPS-VISU	321
28.2 Virtuelles Prozess-Modell "Schlitten"	329
28.3 Virtuelles Prozess-Modell "Hubüberwachung"	331
<b>29 Indirekte Adressierung</b>	<b>333</b>
29.1 Was versteht man unter "Indirekte Adressierung"?	333
29.2 Was ist ein Zeiger (Pointer)?	335
29.3 Speicherindirekte Adressierung	337
29.3.1 Speicherindirekte Adressierung von Datentypen	339
29.3.2 Speicherindirekte Adressierung von Parametertypen	339
29.3.3 Einen Zeiger für die speicherindirekte Adressierung bauen	341
29.4 Registerindirekte Adressierung	342
29.5 Indirekt adressierbare Operanden	344
29.6 Wichtige Hinweise zur indirekten Programmierung	345
29.6.1 Wichtige Hinweise bei Verwendung des AR1-Register	345
29.6.2 Wichtige Hinweise bei Verwendung des AR2-Register	346
29.7 Fehler-OBs verwenden	347
29.8 Fehlersuche bei der indirekten Adressierung	348
29.9 Vor- und Nachteile der indirekten Adressierung	350
29.10 Goldene Regeln bei der indirekten Adressierung	350
29.11 Weiteres Beispiel zur indirekten Adressierung	351

<b>30 Analogwertverarbeitung</b>	360
30.1 Erstes Beispiel zur Analogwertverarbeitung	360
30.1.1 SPS-Programm in WinSPS-S7 entwickeln	361
30.1.2 Simulation des SPS-Programms	364
30.1.3 Zusammenfassung	367
30.2 Zweites Beispiel zur Analogwertverarbeitung: Motordrehzahl verändern	368
30.2.1 Erstellen des SPS-Programms in WinSPS-S7	368
30.2.2 Simulation des SPS-Programms	373
30.2.3 Zusammenfassung	375
<b>31 Hardwarekonfiguration</b>	376
31.1 Erstes Beispiel für die Hardwarekonfiguration einer S7-300®	376
31.1.1 Erzeugen eines S7-300® Racks (Baugruppenträger)	378
31.1.2 PS-Baugruppe im Baugruppenträger einfügen	379
31.1.3 CPU-Baugruppe im Träger platzieren	380
31.1.4 Digitale Eingangs- und Ausgangsbaugruppen einfügen	382
31.1.5 Verändern der Eingangs- und Ausgangsadressen	384
31.1.6 Konfiguration der analogen Eingänge	387
31.1.7 Eigenschaften der CPU konfigurieren	388
31.1.8 Übertragen der Konfiguration in die CPU	392
31.1.9 Zusammenfassung zum Beispiel 1 zur Hardwarekonfiguration	393
31.2 Zweites Beispiel zur Hardwarekonfiguration	394
31.2.1 Starten des Hardwarekonfigurators	395
31.2.2 Zusammenfassung zum Beispiel 2 zur Hardwarekonfiguration	402
<b>32 Konfiguration eines Profibus-DP Systems</b>	403
32.1 Kurze Erläuterung von Profibus DP	404
32.1.1 Gerätedefinitionen	404
32.1.2 Gerätestammdatei (GSD)	404
32.1.3 Netz-Aufbau	404
32.2 Erstes Beispiel zur Konfiguration eines Profibus DP	405
32.2.1 Konfiguration der zentralen Baugruppen	406
32.2.2 DP-Schnittstelle der CPU vernetzen	409
32.2.3 Einfügen des ersten DP-Slaves: Eine ET200X	412
32.2.4 Einfügen des zweiten DP-Slaves: Eine ET200S	415
32.2.5 Übertragen der DP-Konfiguration	419
32.2.6 Was muss bei der Programmierung beachtet werden?	420

32.3	Zweites Beispiel zur Konfiguration eines Profibus DP	421
32.3.1	Konfiguration der zentralen Station	421
32.3.2	Einfügen des DP-Slave mit der DP-Adresse 10: VIPA 253-1DP01	426
32.3.3	Einfügen des DP-Slave mit der DP-Adresse 8: Siemens ET200M	428
32.3.4	Übertragen der Konfiguration	432
32.3.5	Das SPS-Programm bei der Verwendung eines CP342-DP als DP-Master	433
32.3.6	Zusammenfassung zum zweiten Beispiel Konfiguration eines Profibus DP	440
32.4	Diagnose in einem Profibus-DP System	441
32.4.1	Beispiel zur Diagnose eines Profibus-DP Systems	441
32.4.2	Status aller DP-Slaves ermitteln	442
32.4.3	Fehlerdiagnose des DP-Slave ET200X	442
32.4.4	Fehlerdiagnose des DP-Slave ET200S	443
32.4.5	Zusammenfassung	445
32.5	Erkennung des Ausfalls eines DP-Slaves im SPS-Programm	446
32.5.1	Beispiel für das SPS-Programm im OB86	449
32.5.2	Zusammenfassung	450
<b>33</b>	<b>Konfiguration eines intelligenten DP-Slave</b>	<b>451</b>
33.1	Beispiel zur Konfiguration eines intelligenten DP-Slave (I-Slave)	451
33.1.1	Konfiguration des DP-Masters	451
33.1.2	Konfiguration des I-Slave	457
33.1.3	Übertragung der Konfigurationen	462
33.1.4	SPS-Programm im DP-Master	462
33.1.5	SPS-Programm im I-Slave	467
33.1.6	Inbetriebnahme des DP-Master und des I-Slave	469
33.1.7	Zusammenfassung	470
33.2	Zweites Beispiel zur Konfiguration eines intelligenten DP-Slave (I-Slave)	471
33.2.1	Konfiguration des DP-Master	471
33.2.2	Konfiguration des I-Slave	474
33.2.3	SPS-Programm im DP-Master	475
33.2.4	SPS-Programm im I-Slave	476
33.2.5	Inbetriebnahme des DP-Masters und des I-Slave	478
33.2.6	Zusammenfassung	478
<b>34</b>	<b>Industrial Ethernet</b>	<b>479</b>
34.1	Begriffserklärungen	480
34.2	Konfiguration einer S7-300®-Station mit Ethernet-CP	482

34.2.1 Ausführen von PG-Funktionen über einen Ethernet-CP	486
34.2.2 Zusammenfassung Konfiguration einer S7-300®-Station mit Ethernet-CP	488
34.3 Übertragung einer Konfiguration ohne MPI-Leitung	489
34.3.1 Zusammenfassung Übertragung einer Konfiguration ohne MPI-Leitung	491
34.4 Datenaustausch zwischen zwei Stationen über Ethernet-CPs	492
34.4.1 Konfiguration der ersten Station	493
34.4.2 Projektierung der TCP-Verbindung beim Sender	494
34.4.3 Konfiguration der zweiten Station	498
34.4.4 Projektierung der TCP-Verbindung beim Empfänger	500
34.4.5 SPS-Programm im Sender	502
34.4.6 SPS-Programm für den Empfänger	506
34.4.7 Start des Datenaustausch und Diagnose der TCP-Verbindung	509
34.4.8 Zusammenfassung	512
<b>35 Vereinfachte Konfiguration einer VIPA SPEED7</b>	<b>513</b>
35.1 Beispiel der Konfiguration einer SPEED7	514
35.1.1 Konfiguration der lokalen SPEED7-Station	514
35.1.2 Konfiguration der DP-Schnittstelle der SPEED7	520
35.1.3 Zusammenfassung zur Konfiguration einer SPEED7	522
<b>36 Zugriff auf Operanden in einer SPS über den PC</b>	<b>523</b>
36.1 Wie wird ein MPI/DP-Treiber in eine eigene Applikation eingebunden?	524
36.2 Wie wird die Verbindung zwischen dem PC und der CPU hergestellt?	525
36.2.1 Auswahl nach Geschwindigkeit	525
36.2.2 Auswahl nach dem Bussystem	525
36.2.3 Auswahl nach der Anzahl der gleichzeitigen Verbindungen	525
36.3 Funktionen innerhalb eines MPI/DP-Treiber	526
36.3.1 Erster Schritt: Die Kommunikation einleiten	526
36.3.2 Zweiter Schritt: Kommunikation zur CPU aufbauen	527
36.3.3 Dritter Schritt: Daten aus der CPU lesen oder Daten in die CPU schreiben	527
36.3.4 Letzter Schritt: Abbau der Kommunikation	527
36.4 Zusammenfassung	528
<b>37 Fehleranalyse mit einem SPS-ANALYSER</b>	<b>529</b>
37.1 Einsatzgebiete eines SPS-Analysers	530
37.2 SPS-Analyser von MHJ-Software	531

37.2.1 Bedienung des SPS-Analysers von MHJ-Software	532
37.3 Zugriff auf eine reale Steuerung	537
37.4 Aufzeichnung auswerten	539
37.5 Weitere Informationen	539

## Anhang

A S7-CPU-Übersicht und kompatible	541
B Zahlensysteme	561
C Glossar	566
D STEP7-Befehlsübersicht	573
E Bildernachweis	598
F Index	599
G Produkte von MHJ-Software & Ing.-Büro Weiß	603