

# Inhaltsverzeichnis

Einführung und Übersicht .....	V
Vorwort .....	V
Einleitung .....	VII
Kapitelübersicht – Beschreibung .....	XII
Kapitel 1 Einführung – Übersicht über die Programmiersprachen und die entsprechenden Hersteller .....	XII
Kapitel 2 Variablen in der Automatisierung – Basis einer Automatisierungslösung .....	XIII
Kapitel 3 Die Sprachelemente der ST/SCL-Programmierung im Detail ..	XIII
Kapitel 4 Erstellung von eigenen Funktionen und Funktionsbausteinen ..	XIII
Kapitel 5 Anwendung von Funktionen und Funktionsbausteinen .....	XIII
Kapitel 6 Komplexere Daten und Datenstrukturen .....	XIV
Kapitel 7 Visualisierungen (Basic, „C“, VISU/3S, KTP 700) .....	XIV
Kapitel 8 Besonderheiten der S7-Welt und der S7-1200 .....	XIV
Kapitel 9 ST in der „Safety-Welt“ (auf Basis der PSS 4000 der Fa. Pilz) ..	XIV
Kapitel 10 Übungen und Anwendungen .....	XIV
<b>1 Sprachen in der Automation .....</b>	<b>1</b>
1.1 Software .....	1
1.1.1 Skript-Sprachen – Einführung .....	1
1.1.2 Programmiersprachen – Überblick .....	1
1.1.2.1 Basic .....	2
1.1.2.2 „C“ .....	2
1.1.2.3 ST .....	3
1.1.2.4 SCL .....	3
1.2 Programmiersysteme – Anbieter .....	4
1.2.1 „Basic“ .....	5
1.2.2 „C-Beispiel“: C-Control von Conrad Electronic .....	5
1.2.3 Strukturierter Text ST .....	6
1.2.3.1 Codesys – 3S (Kempten) ST .....	6
1.2.3.2 Multiprog – KW-Software (Lemgo) ST .....	6
1.2.3.3 logi.CAD 3 von logi.cals (St. Pölten) ST .....	6
1.2.3.4 Siemens TIA Portal V13 SCL (Structured Control Language) ..	7
1.2.3.5 PAS4000 von Pilz .....	8

1.3	Anbieter von Basic-basierten Systemen .....	8
1.3.1	BasicMaster/Motron .....	9
1.3.2	C-Control von Conrad Electronic .....	9
1.3.3	ST auf Linux-basierten Steuerungen .....	11
1.3.3.1	Das I/O-Interface des Raspberry Pi .....	11
1.3.3.2	Das I/O-Modul vom Software-Anbieter logi.cals .....	12
1.3.3.3	KW-Software/Lemgo und der Raspberry Pi .....	13
1.4	Steuerungshersteller – IEC 61131-3 .....	14
1.4.1	Traditionelle Steuerungen .....	15
1.4.1.1	ABB-Steuerung .....	15
1.4.1.2	Eaton – easyControl .....	15
1.4.1.3	Phoenix Contact .....	17
1.4.2	S7-1200 von Siemens .....	19
1.4.3	Bediengeräte mit SPS-Funktion .....	20
1.5	Die Universal-Steuerung des Unternehmens Pilz „PSS 4000“ .....	20
1.5.1	KW-Software „Safeprog 3.00“ .....	21
2	<b>Variablen in der Datenverarbeitung – Automatisierung .....</b>	23
2.1	Warum mit Variablen-Bezeichnungen arbeiten? .....	23
2.2	Die getesteten IDEs (Programmiersysteme) .....	24
2.3	Die Bekanntgabe von Variablen (Bezeichnern) nach IEC 61131-3 .....	25
2.3.1	Variablen – Eingabe/Editoren .....	26
2.3.1.1	Conrad Electronic – C-Control-Software (IDE) .....	27
2.3.1.2	Codesys 2.3 – Variablendeclaration .....	27
2.3.1.3	Phoenix Contact – Variablendeclaration .....	28
2.3.1.4	TIA Portal V13 – Variablendeclaration .....	29
2.3.1.5	logi.CAD 3 – Variablendeclaration .....	30
2.3.1.6	PAS4000 von Pilz – der freie Editor wird angewendet .....	31
2.3.2	Variablennamen – Schlüsselworte .....	31
2.3.3	Arten von Variablen .....	31
2.3.3.1	Lokale Variable .....	31
2.3.3.2	Globale Variable .....	32
2.3.4	Die Variablen-Typen (Standard) .....	33
2.3.4.1	FS-Datentypen (FS = Fail SAFE) .....	34
2.4	Variablen – unterschiedliche Typen .....	36
2.4.1	Wandeln von Variablen – Typen-Konvertierungen (Funktionen) .....	37
2.4.2	Aufbau eines Variablen-Namens (Bezeichner) .....	38
2.4.3	Wo kann der Anwender Variablen bekannt geben? .....	38
2.4.3.1	Globale Variablen unter Codesys 2.3 .....	39

2.4.3.2	Globale Variablen unter PC Worx Express .....	40
2.4.3.3	Globale Variablen unter TIA Portal V13 .....	40
2.4.3.4	Lokale Variable .....	41
2.4.3.5	IN-, OUT- und IN/OUT-Variablen .....	42
2.4.4	Variablen – Erhalt des Inhalts einer Variablen .....	43
2.4.4.1	RETAIN .....	44
2.4.4.2	PERSISTENT .....	45
2.4.4.3	RETAIN und PERSISTENT .....	45
2.4.4.4	Physikalische Adressen .....	45
2.4.4.5	Konstante – Literale .....	46
2.4.4.6	Kommentare .....	47
2.5	Arrays .....	48
2.5.1	Anwendung eines Arrays .....	49
2.5.2	Deklaration eines Arrays .....	49
2.5.2.1	Arrays unter Codesys 2.3 .....	50
2.5.2.2	Arrays unter PC Worx .....	50
2.5.2.3	Arrays unter Mutiprog (PC Worx) .....	50
2.5.2.4	Arrays unter S7 (S7-1200) bzw. TIA Portal .....	51
2.5.3	Zugriff auf die Datenelemente eines Arrays .....	51
2.5.4	Initialisierung eines Arrays .....	52
2.5.4.1	Initialisierung eines Arrays (Codesys 2.3) .....	52
2.5.4.2	Initialisierung eines Arrays (TIA Portal) .....	52
2.5.4.3	Initialisierung eines Arrays (PC Worx) .....	53
2.5.5	Zweidimensionales Array .....	53
2.5.6	Bekanntgabe Array – Zweidimensional – Typ: String .....	54
2.5.6.1	Codesys 2.3 – Variablen Deklaration – Sprachumschaltung .....	55
2.5.6.2	Zweidimensionales Array unter PC Worx .....	56
2.5.6.3	Zweidimensionales Array bei der S7-1200 .....	57
2.6	Strukturen (STRUCT) .....	58
2.6.1	Datentyp „Struct“ bei Codesys 2.3 .....	59
2.6.2	Datentyp „Struct“ bei PC Worx .....	59
2.6.3	Datentyp „Struct“ bei der S7-1200 .....	61
2.7	Weitere Beispiele für Arrays und Strukturen .....	61
2.7.1	Ampel .....	61
2.7.2	Sensoren .....	61
2.7.3	Käserei – Klimabahnen .....	62
2.8	Instanziierung, Instanzen bilden .....	62
2.8.1	Beispiele für Instanziierungen .....	62

2.8.1.1	Instanziierung eines Arrays bei PC Worx .....	63
2.8.1.2	Beispiel aus der Übung Kapitel_10_8 zu S7-1200 und TIA Portal	63
3	<b>Die Sprache ST bzw. SCL im Detail .....</b>	65
3.1	Unterschiede in den einzelnen Sprachen ST/SCL.....	65
3.1.1	Unterschiede in der Variabendarstellung.....	65
3.1.2	Unterschiede in der Programmierung .....	66
3.1.2.1	PC Worx – Ansprache eines Arrays (zweidimensional) .....	66
3.1.2.2	Unterschiede bei der Bekanntgabe von Startwerten (Initialisierung) .....	67
3.1.2.3	PC Worx – Unterschiede Bekanntgabe von Arrays oder Strukturen .....	67
3.1.2.4	PC Worx – Unterschiede bei Zuweisungs- und Testaktionen ..	67
3.1.2.5	Ansprache von Bit in Byte – WORD.....	67
3.1.2.6	Unterschiede bei den Funktionen .....	68
3.1.2.7	Zusätzliche Möglichkeiten der Programmsteuerung mit SCL: GOTO.....	69
3.1.2.8	Unterschiede bei den CASE-Anweisungen .....	69
3.2	Mittel für den grafischen Vorentwurf.....	69
3.2.1	Struktogramme (bekannt unter Nassi-Schneidermann- Diagramm) .....	69
3.2.2	Flussdiagramme (ProgrammAblaufPläne – PAP) .....	70
3.2.3	Ablaufsprache .....	70
3.3	Die einfache Anwendung – Zuweisung .....	72
3.3.1	Einfache Zuweisung .....	72
3.3.2	Mehrere Netzwerke in einer Zeile .....	72
3.3.3	Negation (NOT).....	73
3.3.4	Klammern .....	73
3.3.5	Berechnung .....	73
3.3.6	Arbeiten mit Klammern.....	73
3.3.7	Abarbeitung durch den Prozessor .....	73
3.3.7.1	Bindungsregeln (Codesys 2.3) .....	74
3.3.7.2	Prioritäten (PC Worx) .....	74
3.3.7.3	Auswertungsreihenfolge (TIA Portal).....	75
3.3.7.4	Beispiele zur Abarbeitung der Operatoren im TIA Portal.....	76
3.3.8	SET/RESET im Strukturierten Text .....	76
3.3.9	Aufruf eines Timers (PC Worx).....	77
3.3.10	Aufruf eines Timers – Vergleich .....	78

3.4	Boole'sche Logik.....	79
3.4.1	Klammern .....	80
3.4.2	NOT – Negation.....	80
3.4.3	AND – Logisches UND .....	81
3.4.4	OR – Logisches ODER.....	81
3.4.5	XOR.....	81
3.4.6	Übertragung von BIT an BYTE oder WORD bzw. DWORD.....	82
3.5	Bit-Schiebe-Funktion .....	83
3.5.1	SHL(Anz, Element) – Schiebe links um Anz – Bit .....	84
3.5.1.1	SHL – Anwendung in einer Schrittfolge .....	84
3.5.2	SHR(Anz, Element) – Schiebe rechts um Anz – Bit .....	85
3.5.3	ROL(Anz, Element) – Schiebe links um Anz – Bit – Rotierend ..	85
3.5.4	ROR(Anz, Element) – Schiebe rechts um Anz – Bit – Rotierend ..	86
3.5.5	BCD_TO_INT und INT_TO_BCD .....	86
3.6	Begrenzungen – Überwachungen .....	86
3.6.1	MAX(i_Wert1, i_Wert2) .....	87
3.6.2	MIN(i_Wert1, i_Wert2) .....	87
3.6.3	Limit(MN,IN,MX).....	87
3.6.3.1	Beispiel – Anwendung „LIMIT“ .....	88
3.6.4	MUX Auswahl – Funktion .....	89
3.6.4.1	Programm für SCL → S7-1200 .....	89
3.6.4.2	Codesys 2.3 .....	89
3.7	Zeit – Uhrzeit .....	90
3.7.1	Lesen Datum/Zeit mit Codesys 2.3.....	90
3.7.2	Lesen Datum/Zeit mit PC Worx .....	91
3.7.3	Lesen Datum/Zeit mit dem TIA Portal und der S7-1200 .....	91
3.8	Mathematik.....	93
3.8.1	Potenzierung.....	94
3.8.2	Multiplikation „ * “ .....	94
3.8.3	DIVISION „ / “ .....	94
3.8.4	MOD – Modulo – Bestimmung des Rests.....	95
3.8.5	ADDITION „ + “ und SUBTRAKTION „ - “ .....	95
3.9	Test-Operatoren .....	95
3.9.1	Test „< , > , <= , >=“ .....	96
3.9.2	Test auf Gleichheit „ = “ .....	96
3.9.3	Test auf Ungleichheit „<>“ .....	96
3.9.4	Anwendung des Testoperatoren.....	97
3.10	Arbeiten – Bearbeiten eines Strings .....	97
3.10.1	ASCII-Zeichen .....	97

3.10.2	Sonderzeichen – Steuerzeichen .....	98
3.10.2.1	Array of String bei PC Worx.....	98
3.10.3	String-Bearbeitung .....	99
3.10.3.1	LEN(Str_name) .....	100
3.10.3.2	LEFT(Str_name,int_Aanzahl) .....	100
3.10.3.3	RIGHT(Str_name,int_Aanzahl).....	101
3.10.3.4	MID(str_name,usi_Aanzahl,usi_Pos) .....	101
3.10.3.5	CONCAT(str_Text1,str_Text2) .....	102
3.10.3.6	INSERT(str_Text1,Str_Text2).....	102
3.10.3.7	DELETE(str_Text,usi_Aanz,usi_Pos).....	102
3.10.3.8	REPLACE(str_Text1,str_Test2,usi_Aanzahl,usi_Pos) .....	103
3.10.3.9	FIND(str_TextQuelle,str_TextSuch).....	103
3.10.3.10	INT_TO_STRING.....	103
3.10.3.11	STRING_TO_INT.....	104
3.11	Zugriff auf ein Array – Arbeiten mit Zeigern (Pointern) .....	105
3.11.1	Definition eines Arrays, des Zugriffzeigers und der Überwachungsgrenzen .....	105
3.12	Aufruf einer Funktion oder eines Funktionsbausteins.....	106
3.12.1	Aufruf eines Zählers .....	107
3.12.1.1	1. Schritt: die Instanziierung .....	107
3.12.1.2	Instanziierung beim TIA Portal (Datenbaustein) .....	107
3.12.1.3	Anwendung im Programm bei Codesys 2.3 .....	108
3.13	Die Kontroll- und Schleifenanweisungen des strukturierten Textes .....	110
3.13.1	IF...THEN.....	110
3.13.2	CASE-Anweisung, Fall-Entscheidung oder Auswahlanweisung	111
3.13.2.1	Was geschieht, wenn die Bedingung 2 + mal erfüllt ist? .....	112
3.13.3	WHILE...DO – kopfgesteuert.....	115
3.13.4	REPEAT...UNTIL – fußgesteuert.....	115
3.13.5	FOR...TO...DO – kopfgesteuert.....	117
3.13.6	FOR...TO...BY...DO – kopfgesteuert.....	117
3.13.7	EXIT-Anweisung (Abbruch).....	118
3.13.8	RETURN .....	119
3.13.9	CONTINUE – Rücksprung zur Schleifenbedingung.....	119
3.13.10	SCL – GOTO.....	120
3.13.11	Mischen der Kontroll- und Schleifenstrukturen .....	120
3.14	Die Programmieroberfläche – Programmierung – Besonderheiten.....	121
3.14.1	Arbeiten mit einer Task .....	121
3.14.1.1	Task-Verarbeitung der einzelnen Systeme.....	121
3.14.1.2	Allgemeine Übersicht möglicher Task – herstellerunabhängig ..	124

<b>4</b>	<b>Erstellung eigener Funktionen bzw. Funktionsbausteine</b>	127
<b>4.1</b>	Programme – Funktionen – Funktionsbausteine (POEs) .....	129
4.1.1	Programme .....	130
4.1.1.1	Programme im Codesys 2.3 .....	130
4.1.1.2	Programme im PC Worx – ILC-Steuerungen.....	131
4.1.1.3	Programme in der S7-Welt .....	131
4.1.1.4	Programme in logi.CAD 3.....	133
4.1.2	Funktion oder Funktionsbaustein? .....	134
<b>4.2</b>	Erstellen von Funktionen.....	134
4.2.1	Funktionen unter Codesys 2.3 .....	135
4.2.2	Funktionen unter Multiprog (PC Worx) .....	135
4.2.3	Funktionen mit der S7-1200 unter dem TIA Portal .....	135
4.2.4	Funktionen unter logi.CAD 3.....	135
<b>4.3</b>	Beispiele für Funktionen .....	138
4.3.1	Zahlen, wie viele Leuchten (max. 4) eingeschaltet sind .....	138
4.3.1.1	Lösung einer ähnlichen Aufgabe mit logi.CAD 3 .....	138
4.3.2	Erweiterung des vorherigen Beispiels um eine Leistungsberechnung .....	140
4.3.3	FC_ Welches Bit ist gesetzt? .....	140
4.3.3.1	„FC_WBitPos_TO_USINT“ im TIA Portal .....	140
4.3.3.2	„FC_WBitPos_TO_USINT“ bei PC Worx .....	141
4.3.4	FC_ Übertragen eines Status-Words in ein Array of Bool.....	142
4.3.4.1	PC-Worx-Lösung zur Aufgabe als Funktionsbaustein.....	142
4.3.4.2	Lösung mit FOR...NEXT im TIA Portal .....	143
4.3.4.3	Lösung mit WHILE...DO bei Codesys 2.3.....	145
4.3.5	FC_ Ausmaskieren einer Schrittnummer – Matrixschaltwerk..	146
4.3.5.1	DECODER Matrix-Schaltwerk im TIA Portal .....	147
4.3.5.2	DECODER Matrix-Schaltwerk bei PC Worx .....	147
4.3.5.3	Codesys 2.3 .....	148
4.3.6	Funktion mit Datenübergabe als Struktur bei Codesys 2.3.....	149
4.3.7	Stromstoß-Relais als Funktion? .....	153
<b>4.4</b>	Funktionen – Zusammenfassung: Arbeitsweise bei tiefergehenden Kenntnissen.....	153
4.4.1	Verstecken von Eingangsvariablen .....	154
<b>4.5</b>	Erstellen von Funktionsbausteinen .....	154
4.5.1	Bausteinerstellung und Software-Engineering .....	155
<b>4.6</b>	Stromstoß-Relais (SSR) .....	155
4.6.1	Der realisierte SSR-Baustein mit SCL im TIA Portal .....	156
4.6.2	Die Variablendeklaration – Programmierung in SCL .....	156

4.6.3	Kommentare – Dokumentation in SCL .....	157
4.6.3.1	Anwendung im SCL/ST .....	157
4.6.4	SSR mit SET/RESET bei PC Worx.....	158
4.6.4.1	Anwendung in FUP bei PC Worx .....	158
4.6.4.2	SSR mit RS – Anwendung im ST (Online) bei PC Worx.....	158
4.7	Steuerung einer Lichtanlage – Anwendung von FB .....	158
4.7.1	Entwurf.....	159
4.7.2	Definition der Daten.....	159
4.7.3	Programmierung .....	160
4.7.4	Anwendung im KOP/FUP.....	160
4.8	Trenderkennung.....	161
4.8.1	Trenderkennung mit SCL .....	161
4.8.1.1	Variablendeklaration mit SCL (KAP4_8TRE) .....	162
4.8.1.2	Der Programmcode mit SCL (KAP4_8TRE) .....	162
4.8.1.3	Die Anwendung im SCL (KAP4_8TRE) .....	163
4.9	Erweiterte Trenderkennung mit SCL (KAP4_8TRE) .....	163
4.9.1	Variablendeklaration.....	164
4.9.1.1	Globaler Datenspeicher für das Archiv .....	165
4.10	Erstellen eines Skalierungsbausteins.....	167
4.10.1	Anwendung des Skalierungsbausteins in der Funktionsbaustein-Darstellung .....	169
4.10.2	Anwendung des Skalierungsbausteins in der Kontaktplan- Darstellung .....	169
4.10.3	Aufruf des Skalierungsbausteins im Strukturierten Text.....	169
4.10.4	Einfaches Beispiel zur Skalierung mit PC Worx .....	170
4.10.4.1	Anwendung Skalierung im ST mit PC Worx .....	171
4.11	Baustein zur String-Verarbeitung .....	171
4.11.1	SCL-Lösung – Einfügen einer Variablen .....	172
4.11.1.1	Speicherung der Texte in globalem Datenbaustein.....	172
4.11.1.2	I/O-Interface bzw. Variablen des Bausteins.....	173
4.11.1.3	Programmcode in SCL.....	173
4.11.1.4	Anwendung des Bausteins nach Aufruf (ohne Arbeitsparameter) .....	173
4.11.2	Codesys-Lösung mit einer Visualisierung.....	174
4.11.3	Lösung mit PC Worx .....	174
4.11.3.1	Deklaration des Arrays mit PC Worx .....	175
4.11.3.2	Initialisierung der einzelnen Texte mit PC Worx.....	175
4.11.3.3	Programm des FB mit PC Worx .....	175
4.11.3.4	Anwendung des FB – String mit Variablen in ST mit PC Worx	176

4.11.4	Unterschiede TIA Portal, Codesys 2.3 und PC Worx .....	176
4.12	Funktionsbausteine zur Ablaufsprache .....	177
4.12.1	Hintergründe GRAFCET, SFC, AS .....	177
4.12.2	Hintergründe – Sprachelemente der Ablaufsprache .....	177
4.12.2.1	Arten der Verzweigung in einem GRAPH oder CHART .....	178
4.12.2.2	Ablaufsprache und Zykluszeit der Steuerung .....	180
4.12.2.3	Mindestanforderungen – AS Flags .....	181
4.12.3	Ablaufsprache über Schritt-Merker .....	183
4.12.4	Ablaufsprache – Nachbildung über Status-Word .....	184
4.12.4.1	Lösung Codesys 2.3 (Ausbau in Kapitel 10) .....	184
4.12.5	Nachbildung über Matrixschaltwerke .....	185
4.12.6	Nachbildung über Schiebebefehle .....	186
4.12.7	Nachbildung mittels CASE...OF .....	188
4.12.7.1	Aufbau eines Schritts .....	188
4.12.7.2	Realisierung der 3-Zonen-Technik im Codesys 2.3 .....	189
4.12.7.3	Grundaufbau einer Schrittfolge über ein CASE...OF .....	189
4.12.7.4	Überlagerte Funktionen Initialisierung/Einfrieren .....	189
4.12.7.5	Alternativverzweigung mit einer CASE...OF-Anweisung .....	191
4.12.7.6	Simultanverzweigung bzw. Simultanprozess .....	192
4.12.8	Nachbildung durch ein Bit-Array .....	192
4.12.9	Zufahrtssteuerung mit Codesys 2.3 .....	193
4.12.9.1	Bekanntgabe der Variablen .....	194
4.12.9.2	Globale Variablen .....	194
4.12.9.3	Grundbetriebsarten .....	195
4.12.9.4	Zusammenfassung der Weiterschaltbedingungen .....	195
4.12.9.5	Die Weiterschaltung .....	196
4.12.9.6	Auscodierung Nockenleiste, Schrittzahl, Text .....	196
4.12.9.7	Steuerung der Timer .....	197
4.12.9.8	Zuweisung der Ausgänge .....	197
4.12.9.9	Der Baustein in der Anwendung .....	197
4.12.10	Schlussbetrachtungen „Schrittketten“ .....	198
5	<b>Anwendung von ST/SCL mit Funktionen und Funktionsbausteinen ..</b>	199
5.1	Bausteinsprache für Logik, Funktionen und Funktionsbausteine .....	200
5.1.1	Einfacher Funktionsplan (FUP) mit Codesys 2.3 .....	200
5.1.2	CFC – Continuous Function Chart .....	200
5.1.2.1	CFC – Beispiele für Codesys 2.3 .....	201
5.1.2.2	CFC – Beispiel mit PC Worx .....	202
5.2	Aufruf eines Funktionsbausteins in der FUP-Sprache .....	202

5.3	Aufruf im Kontaktplan (KOP) .....	203
5.4	Aufruf im Strukturierten Text bzw. SCL .....	203
5.4.1	Anwendung von IEC-Bausteinen .....	203
5.4.1.1	Einfacher Aufruf mit Konstanten .....	204
5.4.1.2	Aufruf mit Variablen .....	204
5.4.1.3	Komplexerer Aufruf mit adressierten Feldern .....	204
5.4.1.4	Komplexerer Aufruf mit adressierten Feldern – abgesetzt .....	205
5.5	Anwendung selbst geschriebener Funktionsbausteine.....	205
5.6	Anwendung von ST in der Ablaufsprache (AS, SFC oder GRAFCET) .....	205
5.6.1	Die Ablaufsprache – Sondermerker .....	206
5.6.1.1	Schrittfolge hat weitergeschaltet (SFCTrans) .....	207
5.6.1.2	Schrittfolge eingefroren (SFCPause).....	207
5.6.1.3	Schrittbetrieb (SFCTip) .....	207
5.6.1.4	SFCTip, SFCTipMode.....	207
5.6.1.5	Initialisierung der Schrittfolge (SFCInit).....	207
5.6.1.6	Löschen der Schrittfolge (SFCReset) .....	208
5.6.1.7	Nachführen der Schrittfolge .....	208
5.6.1.8	Aktionen – Was ist zu beachten?.....	208
5.6.2	Regeln in der Ablaufsprache .....	209
5.6.3	Die lineare Schrittfolge .....	209
5.6.4	Ergänzung zu den bisherigen Schrittfolgen-Aktionen .....	209
5.6.5	Weiterschaltbedingungen mit Codesys 2.3 .....	210
5.6.5.1	Schritte (Aktionen) .....	211
5.6.5.2	Alternative Verzweigung .....	211
5.6.6	Simultane Verzweigung .....	212
5.6.7	Verbindung beider Verzweigungsarten .....	213
5.6.8	Sprünge .....	213
5.6.9	Beispiel (Minimal „Alternativ-Verzweigung“) .....	213
5.7	Ablaufsprache mit PC Worx .....	215
5.7.1	Übersicht einer Kette (Chart oder Graph).....	217
5.7.2	Details – Elemente des PC Worx SFC .....	219
5.7.3	Unterschiede PC Worx zu Codesys 2.3 .....	220
5.7.3.1	Unterscheidung in der Programmierung der Transition .....	220
5.7.3.2	Unterschiedliche Aktionsbereiche .....	221
5.8	Hersteller-Bibliotheken .....	221
5.8.1	Anwendung der Hersteller-Bibliotheken .....	221
5.8.1.1	Hersteller-Bibliotheken (easyControl) mit Codesys 2.3 .....	221
5.8.2	Wo findet der Anwender die Bibliothek? .....	223

5.9	Bibliothek – Anwender FC oder FB .....	224
5.9.1	Anwender-Bausteine in PC Worx .....	224
5.9.2	Anwender-Bausteine in Codesys 2.3.....	225
5.9.2.1	Export von Funktionsbausteinen oder Funktionen bei Codesys 2.3 .....	226
5.9.2.2	Import/Export von globalen Variablen bei Codesys 2.3 .....	226
5.9.2.3	Import/Export von Strukturen bei Codesys 2.3.....	226
5.9.3	Verwalten und Zugriffe auf selbst geschriebene Bausteine .....	226
5.10	Steuern der Visualisierung .....	227
<b>6</b>	<b>Komplexere Daten und Datenstrukturen.....</b>	<b>229</b>
6.1	Strukturierte Daten (SDT).....	230
6.1.1	Arrays und Strukturen – Vergleich .....	231
6.2	Arrays von Strukturen .....	232
6.2.1	Programmtechnische Anwendung in einem Funktionsbaustein	233
6.2.1.1	Eine STRUCT wird bekannt gegeben .....	233
6.2.1.2	Globale Variable bilden die Förderbänder ab .....	234
6.2.1.3	Die Anwendung eines Funktionsbausteins mit Array von Strukturen .....	234
6.2.2	Strukturen bei Codesys 2.3 .....	235
6.2.3	Strukturen bei PC Worx bzw. Multiprog .....	236
6.2.4	Strukturen bei der S7-1200 .....	237
6.3	Strukturen – Beispiele .....	237
6.3.1	Beispiel Zufahrtseinrichtung mit Ampel .....	237
6.3.2	Beispiel Käserei .....	238
6.3.3	Beispiel Abfüllbetrieb .....	238
6.3.4	Pumpenmanagement .....	239
6.3.5	Wasserversorgung .....	240
6.4	Kommunikation .....	241
6.5	Moderne Strukturen im Zeitalter des Internet .....	242
6.5.1	Beispiel Wasserversorgung .....	242
6.6	Strukturen und Funktionen, Funktionsbausteine sowie Visualisierungen ..	243
<b>7</b>	<b>Visualisierung .....</b>	<b>245</b>
7.1	Visualisierung des 3S-Entwicklungssystems .....	245
7.1.1	Probleme bei der Grundmaske-Inbetriebnahme .....	246
7.1.2	Die System-Variablen (implizite Variablen) .....	248
7.1.2.1	„Implizite Variablen“ des VISU .....	251

7.1.2.2	„Implizite Variablen“ des SFC.....	251
7.1.3	Objekte – Grundlagen .....	251
7.1.3.1	Rechteck.....	252
7.1.3.2	Abgerundetes Rechteck .....	253
7.1.3.3	Weitere grafische Elemente.....	253
7.1.3.4	Visualisierung.....	253
7.1.3.5	Schaltfläche .....	254
7.1.3.6	wmf-Datei .....	255
7.1.3.7	Tabelle .....	256
7.1.3.8	Alarmtabelle .....	257
7.1.3.9	AktiveX-Element .....	257
7.1.3.10	Zeigerinstrument.....	258
7.1.3.11	Trend.....	258
7.1.3.12	Balkenanzeige.....	260
7.1.3.13	Histogramm .....	260
7.1.4	Menü-Steuerung (Maskenumschaltung) .....	262
7.1.4.1	Die Grundmaske bzw. Startmaske.....	262
7.1.4.2	Maskenumschaltung durch den Bediener .....	262
7.1.4.3	Maskenumschaltung durch die Steuerung .....	263
7.1.5	Verschiedene Anzeigen-/Eingabemöglichkeiten .....	264
7.1.5.1	Mögliche Tastaturen .....	265
7.2	Das KTP 700 (bzw. KTP 600) mit S7-1200 und dem TIA Portal.....	266
7.2.1	Gestaltung eines Bildaufbaus .....	268
7.2.2	Bilder und Bildumschaltungen.....	269
7.2.3	Die Eigenschaften der Objekte und deren Steuerbarkeit.....	272
7.2.4	Verbindung S7-1200 und KTP 600/700 (Software).....	273
7.3	Visualisierung Funktionen und Funktionsbausteine bei Codesys 2.3 .....	275
7.3.1	Bekanntgabe der Strukturen und Variablen .....	275
7.3.2	Die Funktion zum Lesen und Schreiben .....	276
7.3.3	VISU zur Eingabe und Anzeige der Matrix-Zeilen.....	277
7.4	Beispiel Käserei/Transportbänder mit Codesys 2.3.....	281
7.4.1.1	Schaltfunktion mit dem Element „Rechteck“.....	282
7.4.1.2	Das Element Zeiger.....	283
7.4.1.3	Dynamisierung des Fahrwagens .....	285
7.4.2	Betrachtungen zu den Regelungen der Klimabahnen .....	285
7.4.2.1	Klimabahn – Struktur.....	286
7.4.3.2	Klimabahn – Daten der Regler als „globale Variable“ .....	287
7.4.3.3	Aktualisierung des Reglers über einzelne Funktionen .....	287

7.4.3.4	Aktualisierung der Regler über ST, Tasksystem mit einer Funktion.....	287
7.4	Wasserversorgung – Höhenstand eines Hochbehälters .....	288
7.5	Zusammenfassung.....	289
<b>8</b>	<b>SCL – Besonderheiten der S7-Welt und der S7-1200 .....</b>	<b>291</b>
8.1	Von der S7-200 zur S7-1200 .....	291
8.1.1	Basis der S7-200-Beschreibungen .....	292
8.1.2	Einstellungen zur S7-1200 .....	293
8.1.2.1	Einstellen der Systemmerker.....	293
8.2	Operanden Symbolisch/Absolut .....	294
8.2.1	Die Operanden der S7-200 .....	295
8.2.2	Symboltabelle .....	296
8.2.3	Akkumulatoren (Rechenspeicher des Prozessors).....	296
8.2.4	Der Variablen speicher .....	297
8.3	Das TIA Portal (V13) .....	298
8.4	Zuweisungen/Programmiersprache .....	299
8.4.1	Einfache Zuweisungen der S7-200.....	299
8.4.1.1	FUP .....	300
8.4.1.2	KOP .....	300
8.4.1.3	AWL .....	301
8.4.1.4	Beispiel in SCL der S7-1200 .....	301
8.4.1.5	Grenzen der Umschaltbarkeit .....	301
8.4.2	Lesen einer Anweisungsfolge .....	303
8.4.3	Kontrollstrukturen – Steueranweisungen .....	303
8.4.3.1	FOR...NEXT mit S7-200.....	303
8.4.3.2	IF...THEN mit S7-200 .....	304
8.4.3.3	CASE mit S7-200 .....	304
8.4.3.4	WHILE-Anweisung.....	305
8.4.3.5	JMP-/LBL-Befehl .....	305
8.4.3.6	Arbeiten mit Unterprogrammen .....	305
8.4.3.7	Steuerung einer Schritt kette .....	306
8.4.3.8	Übertragungsbefehle.....	306
8.4.4	Tabellenbefehle.....	306
8.4.5	Funktionsbausteine – Unterprogramme .....	308
8.4.6	Datenbausteine.....	308
8.4.7	Positionieren – S7-200 .....	308
8.5	Was ist neu in der S7-1200?.....	309
8.6	Zusammenfassung.....	309

<b>9</b>	<b>Strukturierter Text in FailSafe-Anwendungen .....</b>	311
9.1	Einführung – Strukturierter Text in der Safety-Technik .....	311
9.2	PSS 4000 – Die Hardware .....	313
9.2.1	Die CPU (Kopfstation) .....	315
9.3	Die Entwicklungsumgebung PAS4000 (Pilz Automation Suite) .....	316
9.3.1	Einstellung des Netzwerks .....	317
9.3.2	Definition des Steuerungsaufbaus .....	318
9.3.3	Einstellung der Hardware .....	318
9.4	Programmierung .....	320
9.4.1	TASK bzw. TASK-Organisation .....	321
9.4.2	Variablen .....	322
9.4.2.1	Grundvariablen – Grundtypen .....	323
9.4.2.2	Globale Variablen .....	323
9.4.2.3	Abgeleitete Datentypen (DDT) .....	323
9.4.3	POUs neu erstellen und inbetriebnehmen .....	326
9.4.3.1	Variablen Deklaration .....	326
9.4.3.2	Aufbau einer STL-POU/Erstellung des STL-CODE .....	328
9.4.4	Schützen einer POU .....	328
9.5	Anwendung verschiedener POU .....	329
9.5.1	Beispiel SSR .....	330
9.5.2	Inbetriebnahme – Online-Funktion .....	331
9.6	Hersteller-Bausteine/Abbildung von Kompetenz und Erfahrung .....	332
9.6.1	Einbindung eines Hersteller-Bausteins in der STL-Sprache .....	333
9.6.2	Übersicht über die Herstellerbausteine .....	335
9.7	Ergänzungen .....	336
9.7.1	Notwendige Dokumentationen .....	336
9.8	Zusammenfassung – abschließende Gedanken .....	336
<b>10</b>	<b>Übungen Strukturierter Text .....</b>	337
10.1	Getestete Ausbildungssysteme .....	338
10.1.1	Arbeiten mit dem Ethernet .....	339
10.1.2	System von Phoenix Contact (ILC 131 Starterkit) .....	340
10.1.3	Mini-Trainer (S7-1200/TIA Portal V13) mit einem KTP 700 ..	340
10.1.4	Trainer von KAFTANmedia .....	341
10.1.5	easyControl (Codesys) .....	342
10.2	Einfache Anweisungen .....	342
10.2.1	Einfache Logik .....	342
10.2.1.1	Einfache Zuweisung .....	343
10.2.1.2	Aufruf von Funktionsbausteinen in ST/SCL (Beispiel S7-1200)	343

10.2.1.3	Umcodierung BCD → Dezimal . . . . .	344
10.2.1.4	Strom-Stoss-Relais . . . . .	346
10.2.2	Analog-Technik . . . . .	346
10.2.2.1	Vergleiche . . . . .	346
10.2.2.2	Codesys – Zuweisen eines Ausgangswerts . . . . .	347
10.2.2.3	TIA Portal – Bedingtes Zuweisen eines Ausgangswerts . . . . .	347
10.3	Lichtsteuerung – Steuerung von 3 getrennten Beleuchtungssträngen . . . . .	347
10.3.1	Die fertigen Bausteine . . . . .	348
10.3.2	Das Programm der Lichtsteuerung . . . . .	348
10.3.3	Variablendeclaration zur Lichtsteuerung . . . . .	349
10.3.3.1	Variablendeclaration – Codesys 2.3 Lichtsteuerung . . . . .	349
10.3.3.2	Variablendeclaration – PC Worx Lichtsteuerung . . . . .	350
10.3.3.3	Variablendeclaration – TIA Portal S7-1200 Lichtsteuerung . . . . .	351
10.3.4	Kapitel 3B eine Funktion (FC_AnzahlBit) . . . . .	351
10.3.4.1	Realisierung mit PC WORX (FC_AnzahlBit) . . . . .	352
10.3.4.2	Übung 10.3.4 mit der S7-1200 (FC_AnzahlBit) . . . . .	353
10.3.5	Übung „Anzahl und Leistung mit Codesys“ wird mit dem Visu erweitert . . . . .	354
10.4	Lichtsteuerung mit Visualisierung . . . . .	359
10.4.1	Lösung 3S . . . . .	359
10.4.1.1	Die entsprechenden Funktionsbausteine . . . . .	360
10.4.1.2	Die Bildschirm-Maske mit den Elemente-Nummern . . . . .	360
10.5	Analogverarbeitung . . . . .	361
10.5.1	Lösung PC Worx Express . . . . .	361
10.5.1.1	PC Worx – Variablendeclaration . . . . .	362
10.5.1.2	PC Worx Skalierungsbaustein – Das Programm . . . . .	362
10.5.2	Lösung TIA Portal V13 . . . . .	363
10.5.2.1	Variablendeclaration TIA Portal V13 . . . . .	363
10.5.2.2	Programm TIA Portal V13 . . . . .	364
10.5.3	Umrechnung von Maßeinheiten . . . . .	364
10.6	Arbeiten mit ASCII-Zeichen (Codesys 2.3) . . . . .	364
10.7	„ST“ in der Schritttechnik – Modell Ampel . . . . .	368
10.7.1	Variablendeclaration . . . . .	370
10.7.1.1	Globale Variablen . . . . .	370
10.7.2	Das Programm . . . . .	372
10.7.2.1	Hauptprogramm . . . . .	372
10.7.2.2	Graph . . . . .	373
10.7.2.3	Überlagerte Kontrolle des Graphen . . . . .	374
10.7.3	Visualisierung . . . . .	376

10.8 Ampelsteuerung (Lösung mit S7-1200 ) .....	377
10.8.1 Die Variablendeclaration .....	378
10.8.2 Ampelsteuerung – Programm im TIA Portal.....	378
10.9 Ampelsteuerung mit einem Bediengerät ergänzt .....	382
10.9.1 Vernetzung im TIA Portal.....	383
<b>Nachwort .....</b>	<b>385</b>
<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>387</b>