SIEMENS

Hans Berger

Automatisieren mit SIMATIC

Hardware und Software, Projektierung und Programmierung, Datenkommunikation, Bedienen und Beobachten

6. Auflage

Berger Automatisieren mit SIMATIC

Automatisieren mit SIMATIC

Hardware und Software, Projektierung
und Programmierung, Datenkommunikation,
Bedienen und Beobachten

von Hans Berger

6. überarbeitete Auflage, 2016

Publicis Publishing

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Autor und Verlag haben alle Texte und Abbildungen in diesem Buch mit großer Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht ausgeschlossen werden. Eine Haftung des Verlags oder des Autors, gleich aus welchem Rechtsgrund, für durch die Verwendung der Programmierbeispiele verursachte Schäden ist ausgeschlossen.

www.publicis-books.de

Print ISBN 978-3-89578-458-3
ePDF ISBN 978-3-89578-942-7

6. Auflage, 2016

Herausgeber Siemens Aktiengesellschaft, Berlin und München
Verlag: Publicis Publishing, Erlangen
© 2016 by Publicis Pixelpark Erlangen – eine Zweigniederlassung der Publicis Pixelpark GmbH

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Bearbeitungen sonstiger Art sowie für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen. Dies gilt auch für die Entnahme von einzelnen Abbildungen und bei auszugsweiser Verwertung von Texten.

Printed in Germany

Vorwort

Die Automatisierung industrieller Anlagen erfordert zunehmend unterschiedlichere und komplexere Komponenten in steigender Anzahl. So stellt sich heute als neue Herausforderung nicht mehr die Weiterentwicklung hochspezialisierter Geräte, sondern das Optimieren des Zusammenspiels.

Das Konzept *Totally Integrated Automation* bedeutet, mit einer einzigen Systembasis und Werkzeugen mit einheitlichen Bedienoberflächen alle Automatisierungskomponenten einheitlich zu behandeln. Diesen Anforderungen wird das Industrie-Automatisierungssystem SIMATIC gerecht mit Durchgängigkeit bei Projektierung, Programmierung, Datenhaltung und Kommunikation.

Die gesamte Projektierung und Programmierung aller Komponenten erfolgt mit der Engineering-Software STEP 7. Auch Optionspakete für die Erweiterung der Funktionalität fügen sich bei gleicher Bedienphilosophie nahtlos in STEP 7 ein. Der SIMATIC Manager von STEP 7 V5.5 bzw. das TIA Portal von STEP 7 V13 koordinieren alle Werkzeuge und verwalten zentral alle anfallenden Automatisierungsdaten. Auf diese zentrale Datenhaltung haben alle Werkzeuge Zugriff, so dass Doppeleingaben vermieden werden und Abstimmungsprobleme gar nicht erst aufkommen.

Eine durchgängige Kommunikation aller Automatisierungskomponenten ist Voraussetzung für „dezentrale Automatisierung“. Aufeinander abgestimmte Kommunikationsmechanismen ermöglichen die harmonische Zusammenarbeit von Steuerungen, Visualisierungssystemen und dezentraler Peripherie ohne Mehraufwand. Das zukunftsträchtige Konzept der „verteilten Intelligenz“ rückt damit in greifbare Nähe. Kommunikation bei SIMATIC ist nicht nur in sich durchgängig, sondern auch offen nach außen. Das bedeutet, SIMATIC verwendet weit verbreitete Standards wie z. B. PROFIBUS für die Feldgeräte und sorgt mit Industrial Ethernet und TCP/IP-Protokoll für beste Verbindungen zur Bürowelt und damit in die Management-Ebene.

Die 6. Auflage des vorliegenden Buches vermittelt einen Überblick über Aufbau und Arbeitsweise eines modernen Automatisierungssystems mit seinen aktuellen Controllern und HMI-Geräten und zeigt die erweiterten Möglichkeiten der Dezentralisierung mit PROFIBUS und PROFINET. Am Beispiel der speicherprogrammierbaren Steuerungen SIMATIC S7 gibt das Buch einen Einblick in die Hardware- und Software-Projektierung des Controllers, stellt die Programmierung mit den verschiedenen Programmiersprachen vor, erläutert den Datenaustausch über Netzverbindungen und beschreibt die vielfältigen Möglichkeiten zum Bedienen und Beobachten des gesteuerten Prozesses.

Erlangen, im Januar 2016 Hans Berger

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 9

1.1 Komponenten des Automatisierungssystems SIMATIC 9
1.2 Von der Automatisierungsaufgabe zum fertigen Programm 11
1.3 Wie arbeitet eine speicherprogrammierbare Steuerung? 14
1.4 Der Weg eines Binärsignals vom Sensor bis zum Programm 16
1.5 Datenhaltung im SIMATIC-Automatisierungssystem 18

2 SIMATIC Controller als Hardware-Basis 19

2.1 Komponenten einer SIMATIC-Station 20
2.2 Der Basic Controller SIMATIC S7-1200 21
2.3 Der Advanced Controller SIMATIC S7-1500 27
2.4 Die Technologiefunktionen einer CPU 1500C 34
2.5 Die modulare Kleinsteuerung SIMATIC S7-300 35
2.6 Die Technologiefunktionen einer CPU 300C 40
2.7 SIMATIC S7-400 für anspruchsvolle Aufgaben 42
2.8 Hochverfügbarkeit bei SIMATIC 49
2.9 Safety Integrated bei SIMATIC S7 51
2.10 Einsatz unter schwierigen Bedingungen: SIPLUS 55
2.11 Prozesskopplung mit Digitalbaugruppen 56
2.12 Prozesskopplung mit Analogbaugruppen 58
2.13 FM/TM-Baugruppen entlasten die CPU 61
2.14 Busanschluss mit Kommunikationsbaugruppen 62
2.15 Distributed Controller 62
2.16 SIMATIC PC-based Automation 66
2.17 Dezentrales Peripheriesystem ET 200 73
2.18 Das SIMATIC-Programmiergerät 79

3 STEP 7: Engineering Tool für SIMATIC 81

3.1 STEP 7 Varianten in der Übersicht 81
3.2 Automatisieren mit STEP 7 83
3.3 Projekte mit STEP 7 im TIA Portal bearbeiten 84
3.4 Projekte mit STEP 7 V5.5 bearbeiten 89
3.5 Eine SIMATIC-Station konfigurieren 93
3.6 Werkzeuge für die Programmerstellung 98
3.7 Den Operanden einen Namen geben 99

3.8 Einen Codebaustein programmieren ... 101
3.9 Einen Datenbaustein programmieren ... 106
3.10 Einen Anwenderdatentyp programmieren ... 109
3.11 Mit Programmquellen arbeiten ... 111
3.12 Hilfen zur Programmerstellung ... 116
3.13 Das Anwenderprogramm in die CPU laden ... 117
3.14 Das Anwenderprogramm online bearbeiten ... 121
3.15 Mit Online-Tools das Anwenderprogramm steuern ... 126
3.16 Mit Diagnosefunktionen Hardware-Fehler finden ... 129
3.17 Mit Beobachtungstabellen testen ... 131
3.18 Das Programm mit dem Programmstatus testen ... 135
3.19 Mit S7-PLCSIM Anwenderprogramme offline testen ... 139
3.20 Projektdaten dokumentieren ... 142

4 Die Programmiersprachen ... 147
4.1 Kontaktplan KOP ... 149
4.2 Funktionsplan FUP ... 153
4.3 Anweisungsliste AWL ... 157
4.4 Structured Control Language SCL ... 161
4.5 Ablaufsteuerung S7-GRAPH ... 164
4.6 Der Funktionsvorrat von KOP, FUP und AWL ... 167
4.7 Der Funktionsvorrat von SCL ... 169
4.8 Globale Operandenbereiche ... 172
4.9 Absolute und symbolische Adressierung ... 178
4.10 Indirekte Adressierung ... 181
4.11 Elementare Datentypen ... 183
4.12 Strukturierte Datentypen ... 187
4.13 Datentypen für Bausteinparameter ... 189
4.14 Weitere Datentypen ... 192

5 Das Anwenderprogramm ... 193
5.1 Programmbearbeitung bei SIMATIC ... 193
5.2 Das Anlaufprogramm ... 196
5.3 Das Hauptprogramm ... 198
5.4 Die Prozessabbilder ... 201
5.5 Zykluszeit, Reaktionszeit ... 203
5.6 Programmfunktionen ... 205
5.7 Uhrzeitalarme ... 211
5.8 Verzögerungsalarme ... 212
5.9 Weckalarme ... 214
5.10 Prozessalarme ... 216
5.11 Mehrprozessoralarm ... 216

5.12 Synchronfehler ... 217
5.13 Asynchronfehler ... 220
5.14 Lokale Fehlerbehandlung ... 223
5.15 Diagnosefunktionen im Anwenderprogramm ... 224
5.16 Anwenderbausteine in der Übersicht ... 229
5.17 Bausteineigenschaften ... 231
5.18 Know-how-Schutz, Kopierschutz ... 234
5.19 Bausteinschnittstelle ... 236
5.20 Bausteine aufrufen ... 239

6 Kommunikation ... 243
6.1 Netz projektieren ... 244
6.2 Das MPI-Subnetz ... 249
6.3 Die stationsexterne S7-Basiskommunikation ... 250
6.4 Globaldaten-Kommunikation ... 251
6.5 Das Industrial Ethernet-Subnetz ... 253
6.6 Open User Communication, IE-Kommunikation ... 254
6.7 Die S7-Kommunikation ... 257
6.8 Das PROFIBUS-Subnetz ... 259
6.9 Die stationsinterne S7-Basiskommunikation ... 261
6.10 Das AS-Interface-Subnetz ... 263
6.11 Die Punkt-zu-Punkt-Kopplung ... 264
6.12 Dezentrale Peripherie mit PROFINET IO ... 265
6.13 Echtzeit-Kommunikation bei PROFINET IO ... 274
6.14 Sonderfunktionen für PROFINET IO ... 279
6.15 Dezentrale Peripherie mit PROFIBUS DP ... 280
6.16 Sonderfunktionen für PROFIBUS DP ... 287
6.17 Taktsynchron-Programm ... 289
6.18 DPV1-Alarme ... 294

7 Bedienen und Beobachten ... 296
7.1 Key Panels ... 297
7.2 Basic Panels ... 298
7.3 Comfort Panels ... 300
7.4 Mobile Panels ... 303
7.5 SIMATIC Panel PC ... 305
7.6 SIMATIC HMI projektieren ... 307
7.7 Fernwartung mit TeleService ... 316

Stichwortverzeichnis ... 318
Abkürzungsverzeichnis ... 321

1 Einleitung

1.1 Komponenten des Automatisierungssystems SIMATIC

Das Automatisierungssystem SIMATIC besteht aus Komponenten, die durch das Konzept „Totally Integrated Automation“ (TIA) aufeinander abgestimmt sind. Totally Integrated Automation bedeutet Automatisierung mit durchgängiger Projektierung, Programmierung, Datenhaltung und Datenübertragung (Bild 1.1).

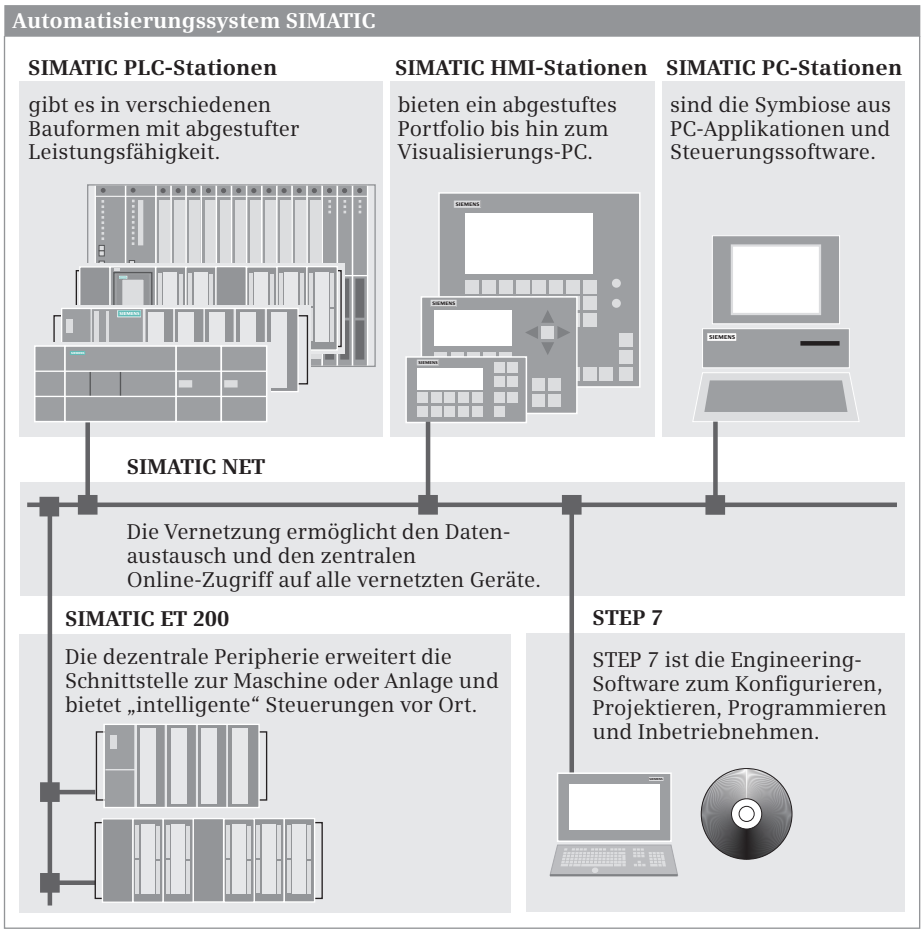


Bild 1.1 Bestandteile des Automatisierungssystems SIMATIC

Die **Controller SIMATIC S7** bilden als speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) die Basis des Automatisierungssystems. SIMATIC S7-1200 Basic Controller sind die ideale Wahl für einfache und autark zu lösende Aufgaben im unteren bis mittleren Leistungsbereich. Die Advanced Controller SIMATIC S7-1500 sichern höchste Leistungsfähigkeit und höchste Benutzerfreundlichkeit für mittlere und High-End-Anwendungen der Maschinen- und Anlagenautomatisierung. Die Eigenschaften der SIMATIC S7-300 Controller sind speziell für innovative Systemlösungen in der Fertigungsindustrie ausgerichtet – z. B. in der Automobil- oder Verpackungsindustrie. Innerhalb SIMATIC sind die S7-400-Controller für Systemlösungen in der Fertigungs- und Prozessautomatisierung konzipiert und eignen sich besonders für datenintensive Aufgaben, beispielsweise in der Prozessindustrie. Alle Controller sind mit Signal-, Technologie- und Kommunikationsbaugruppen modular erweiterbar.

SIMATIC ET 200 erweitert die Schnittstelle zwischen zentralem Controller und Maschine oder Anlage um Peripheriebaugruppen direkt vor Ort. Sind autark arbeitende, „intelligente“ Steuerungen auf der Feldebene notwendig, kommen die **Distributed Controller ET 200 CPU** zum Einsatz. SIMATIC ET 200 bietet ein multifunktionales, modulares und fein skalierbares System für die dezentrale Automatisierung: für Lösungen im Schaltschrank oder ohne Schaltschrank direkt an der Maschine sowie für den Einsatz im explosionsgefährdeten Bereich. Dabei sind alle Produkte über die Bussysteme PROFIBUS oder PROFINET in die Automatisierung integrierbar.

SIMATIC PC-based Automation ist die ideale Basis, um die Kombination aus Windows-Applikationen und SIMATIC-Steuerungssoftware effizient und wirtschaftlich zu realisieren. Die Industrie-PCs der Produktfamilie **SIMATIC IPC** bietet höchste Leistung mit modernster Intel-Prozessor-Technologie, vorinstalliertem und aktiviertem Windows Betriebssystem und integrierten Kommunikationsschnittstellen. Die **Software Controller** mit dem Leistungsumfang der Controller-Familie S7-1500 eignen sich besonders für eine flexible Steuerung für Sondermaschinen mit hohen Performance- und Funktionsanforderungen.

SIMATIC HMI bedeutet Bedienen und Beobachten (Human Machine Interface, Mensch-Maschine-Schnittstelle). Die in vielen verschiedenen Leistungsklassen verfügbaren SIMATIC Panels ermöglichen ein effizientes, maschinennahes Führen der Maschine oder Anlage. Als ideale Basis für HMI-Lösungen auf PC bieten Panel PC-Systeme ein umfassendes und fein abgestuftes Portfolio. Leistungsfähige HMI-Software zeigt mit Betriebs- und Störungsmeldungen den Anlagenzustand, verwaltet Rezepturen und Messwertarchive und unterstützt den Anlagenbetreiber bei Fehlersuche, Wartung und Instandhaltung.

SIMATIC NET verbindet alle SIMATIC-Stationen und sorgt für komplikationslose Industriekommunikation. Verschiedene Bussysteme mit abgestufter Leistungsfähigkeit gestatten die Kopplung auch zu Fremdgeräten, seien es Feldgeräte in der Anlage oder Prozessrechner in der Leitebene. Der Datenverkehr kann auch über die Grenzen verschiedener Subnetze hinweg durchgeführt werden, beispielsweise die Übertragung von Automatisierungsdaten wie Messwerte und Meldungen oder die Inbetriebsetzung und Störungssuche von einer zentralen Stelle im Netzverbund.

STEP 7 ist die Engineering-Software, mit der alle SIMATIC-Komponenten konfiguriert, projektiert, parametriert und programmiert. Die „klassische“ Version von STEP 7 mit dem SIMATIC-Manager bzw. die innovierte Version von STEP 7 im TIA Portal sind die zentralen Werkzeuge zum Verwalten der Automatisierungsdaten und der dazugehörenden Software-Editoren im Form eines hierarchisch gegliederten Projekts.

Die mit STEP 7 ausgeführten Tätigkeiten sind im Wesentlichen:

- die Konfiguration der Hardware
  (Baugruppen in Baugruppenträger anordnen und die Baugruppeneigenschaften parametrieren),
- die Projektierung der Kommunikationsverbindungen
  (Kommunikationspartner und Verbindungseigenschaften festlegen) und
- das Programmieren des Anwenderprogramms
  (Steuerungssoftware erstellen und das Programm testen).

Das Anwenderprogramm kann in den Programmiersprachen Kontaktplan (KOP), Funktionsplan (FUP), Anweisungsliste (AWL) und Structured Control Language (SCL) als „Verknüpfungssteuerung“ oder mit der Programmiersprache GRAPH als „Ablaufsteuerung“ erstellt werden.

1.2 Von der Automatisierungsaufgabe zum fertigen Programm

Das Lösen einer Automatisierungsaufgabe beginnt mit der Frage, welche Steuerung eingesetzt werden soll. Genügt für eine kleine Maschine eine S7-1200 oder braucht man eine S7-1500? Kann die Anlage besser mit einer S7-400 oder mit zwei gekoppelten S7-300 gesteuert werden? Zentrale Peripherie kompakt im Steuerschrank oder dezentrale Peripherie verteilt in der Anlage?

Die folgende Aufzählung gibt ganz allgemein die Schritte an, die von der Automatisierungsaufgabe zum fertigen Programm führen. Im Einzelfall muss auf die konkreten Anforderungen eingegangen werden.

Hardware bestimmen

Für die Auswahl des Controllertyps gibt es viele Kriterien. Bei „kleinen“ Steuerungen sind die häufigsten die Anzahl der Ein-/Ausgänge und die Größe des Anwenderprogramms. Bei umfangreicheren Anlagen stellt sich die Frage, ob die Reaktionszeit noch ausreicht; auch das zu verwaltende Datenvolumen (Rezepturen, Archive) kann einen Anwenderspeicher sprengen. Um allein aus den Anforderungen die benötigten Ressourcen ableiten zu können, bedarf es viel Erfahrung mit bereits realisierten Automatisierungslösungen; eine allgemeine „Formel“ gibt es hierfür nicht.

Soll eine Produktionsmaschine gesteuert werden, wird es voraussichtlich mit einer einzigen Station geschehen. Hier entscheiden Anzahl der Ein-/Ausgänge, Anwenderspeichergröße und eventuell die Schnelligkeit (Reaktionszeit) die Auswahl für S7-1200, S7-1500, S7-300 oder S7-400. Wie wird die Maschine geführt? Welche HMI-Bediengeräte werden eingesetzt?

Bei räumlich verteilten Anlagen stellt sich die Frage, was insgesamt kostengünstiger ist: der Einsatz von zentraler oder dezentraler Peripherie. In vielen Fällen können mit dezentraler Peripherie nicht nur der Verdrahtungsaufwand verkleinert, sondern auch die Reaktionszeit und die Engineeringkosten verringert werden. Dann nämlich, wenn Steuerungsaufgaben durch den Einsatz von „intelligenten" Peripheriegeräten mit eigenem Anwenderprogramm zur Vorverarbeitung der Signale „vor Ort" eingesetzt werden.

Eine Dezentralisierung der Automatisierungslösung hat Vorteile: Die Anwenderprogramme einzelner Anlagenteile sind kleiner mit geringerer Reaktionszeit und können oft unabhängig von der Gesamtanlage in Betrieb gesetzt werden. Der erforderliche Datenaustausch mit einer „Zentralsteuerung" ist innerhalb des SIMATIC-Systems mit standardisierten Bussystemen besonders einfach.

Welche Programmiersprache?

Die Wahl der Programmiersprache richtet sich nach der zu lösenden Aufgabe. Besteht sie überwiegend aus binärer Signalverarbeitung, sind die grafischen Programmiersprachen KOP (Kontaktplan) und FUP (Funktionsplan) sicher die beste Wahl. Für anspruchsvollere Aufgaben, die ein komplexes Variablenhandling und indirekte Adressierung erfordern, steht die assemblerähnliche Programmiersprache AWL (Anweisungsliste) zur Verfügung. SCL (Structured Control Language) ist die beste Wahl für jemanden, der eine höhere Programmiersprache kennt und vorwiegend die Verarbeitung großer Datenmengen programmiert.

Wenn eine Automatisierungsaufgabe aus sequenziellen Abläufen besteht, kommt der Einsatz von GRAPH in Betracht. Mit GRAPH werden Ablaufketten mit Schritten und Weiterschaltbedingungen erstellt, die nacheinander abgearbeitet werden. In einem Anwenderprogramm können alle Programmiersprachen – auch GRAPH – gemischt eingesetzt werden. Jeder Programmabschnitt, jeder „Baustein", kann je nach Anforderung mit der geeigneten Programmiersprache erstellt werden.

Projekt anlegen

Alle Daten für die Automatisierungslösung sind in einem „Projekt" zusammengefasst. Sie erstellen ein Projekt mit STEP 7. Ein Projekt ist ein (Software-)Behälter, in dem alle Daten hierarchisch gegliedert aufbewahrt werden. Die nächste Gliederungsstufe unter einem Projekt sind „Stationen" mit CPU-Baugruppen, die ein Anwenderprogramm enthalten. Alle diese Objekte sind Behälter für weitere Behälter oder Objekte, die als Stellvertreter der Automatisierungsdaten auf dem Bildschirm erscheinen. Sie fügen per Menübefehl neue Objekte ein, öffnen diese Objekte und starten damit automatisch das erforderliche Werkzeug, um diese Objekte zu bearbeiten.

Ein Beispiel: Das Anwenderprogramm besteht aus Bausteinen, das sind einzelne Programmabschnitte mit einer abgegrenzten Funktion. Alle programmierten Bausteine sind im Bausteinordner aufgelistet. Ein Doppelklick auf einen Baustein startet – je nach verwendeter Programmiersprache – den geeigneten Programmeditor, mit dem Sie – dialoggeführt und durch die Online-Hilfe unterstützt – das Programm im Baustein ändern oder ergänzen können.

Hardware konfigurieren

Ein Projekt muss mindestens eine Station (ein Gerät) enthalten, entweder eine PLC-Station (Programmable Logic Control, speicherprogrammierbare Steuerung), eine HMI-Station (Human Machine Interface, Bediengerät) oder eine PC-Station (Personal Computer). Zur Steuerung einer Maschine oder Anlage benötigen Sie eine PLC-Station. Nach dem Öffnen der Station wird am Bildschirm ein Baugruppenträger dargestellt, den Sie mit den gewünschten Baugruppen bestücken. Dazu „ziehen“ Sie mit gedrückter Maustaste die benötigten Baugruppen aus dem Hardware-Katalog auf den jeweiligen Steckplatz. Bei Bedarf ändern Sie die standardmäßig vorgegebenen Baugruppeneigenschaften nach Ihren Anforderungen.

Ein Projekt kann weitere Stationen enthalten, die Sie in der gleichen Art und Weise wie die erste Station projektieren. Die Datenübertragung zwischen den Stationen findet über ein „Subnetz“ statt. Mit der Netzprojektierung verbinden Sie die Busschnittstellen der „Kommunikationsbaugruppen“ mit dem Subnetz und stellen so den Netzverbund her.

Anwenderprogramm erstellen, testen und archivieren

Das Anwenderprogramm ist die Gesamtheit aller vom Anwender programmierten Anweisungen und Vereinbarungen für die Signalverarbeitung, durch die eine zu steuernde Maschine oder Anlage gemäß der Steuerungsaufgabe beeinflusst wird. Die Lösung umfangreicher und komplexer Aufgabenstellungen wird erleichtert durch Aufteilung in kleinere und überschaubare Einheiten, die sich im Programm in Form von „Bausteinen“ (Unterprogrammen) abbilden lassen. Die Aufteilung kann technologisch oder funktionell orientiert sein. Im ersten Fall entspricht einer programmtechnischen Einheit ein Teil der Maschine oder Anlage (Mixer, Förderband, Bohreinheit); im zweiten Fall orientiert sich das Programm an Steuerungsfunktionen, wie z. B. Meldesteuerung, Kommunikation, Betriebsarten. In der Praxis treten meistens Mischformen beider Gliederungskonzepte auf.

Im Anwenderprogramm werden Signalzustände und Variablenwerte verwendet, die Sie vorzugsweise mit einem Namen adressieren (symbolische Adressierung). Die Zuordnung eines Namens zu einem Speicherplatz wird in der Symboltabelle bzw. in der PLC-Variablentabelle vorgenommen. Danach können Sie die Namen im Programm verwenden. Nachdem Sie das Anwenderprogramm eingegeben haben, „übersetzen“ Sie es, so dass es der jeweilige Steuerungsprozessor bearbeiten kann. Das Anwenderprogramm wird „offline“ erstellt, ohne Verbindung zu einem Controller, und auf der Festplatte des Programmiergeräts gespeichert.

Kleinere Programme, auch einzelne Teile großer Programme, können Sie mit der Simulations-Software PLCSIM „offline“ testen und so eventuelle Fehler finden und

beheben, bevor das Anwenderprogramm an der Maschine oder Anlage zum Einsatz kommt.

Zur Inbetriebsetzung verbinden Sie das Programmiergerät mit der CPU-Baugruppe, übertragen das Programm in den CPU-Anwenderspeicher und testen es mit den Testfunktionen von STEP 7. Sie können die Variablenwerte beobachten und ändern und die Bearbeitung des Programms durch den Steuerungsprozessor verfolgen. Umfangreiche Diagnosefunktionen ermöglichen eine schnelle Identifizierung von Fehlerort und Fehlerursache.

Nach erfolgreicher Inbetriebsetzung können Sie das Projekt als druckbares Schaltbuch dokumentieren und in komprimierter Form archivieren.

1.3 Wie arbeitet eine speicherprogrammierbare Steuerung?

In der konventionellen Steuerungstechnik wird eine Steuerungsaufgabe gelöst, indem Schütze und Relais individuell – d. h. abhängig von der Aufgabenstellung – verdrahtet werden. Man spricht deshalb bei Schützen- und Relaissteuerungen sowie bei elektronischen Steuerungen, die aus einzelnen Baugruppen zusammengebaut werden, von *verbindungsprogrammierten* Steuerungen. Das „Programm“ liegt in der Verdrahtung. Bei *speicherprogrammierbaren* Steuerungen werden dagegen serienmäßige Standardgeräte verwendet, die die gewünschte Steuerungsfunktion mit einem Anwenderprogramm verwirklichen.

SIMATIC S7 ist ein Automatisierungssystem auf der Basis von speicherprogrammierbaren Steuerungen. Die Lösung der Steuerungsaufgabe ist im Anwenderspeicher auf der CPU-Baugruppe in Form von Programmanweisungen enthalten. Der Steuerungsprozessor liest nacheinander die einzelnen Anweisungen, interpretiert deren Inhalt und führt die programmierte Funktion aus.

Die CPU-Baugruppe enthält noch ein anderes Programm: das Betriebssystem. Es sorgt für die Ausführung der geräteinternen Betriebsfunktionen, wie beispielsweise die Kommunikation mit dem Programmiergerät oder die Sicherstellung von Daten bei einem Spannungsausfall. Das Betriebssystem veranlasst auch die Bearbeitung des Anwenderprogramms, entweder zyklisch immer wiederkehrend oder abhängig von einem Startereignis, beispielsweise einem Alarm (Bild 1.2).

Zyklische Programmbearbeitung

Die vorherrschende Bearbeitungsart des Anwenderprogramms ist bei speicherprogrammierbaren Steuerungen die zyklische Programmbearbeitung: nachdem das Anwenderprogramm einmal komplett bearbeitet wurde, wird es anschließend gleich wieder von Anfang an bearbeitet. Das Anwenderprogramm wird auch dann bearbeitet, wenn „von außen“ keine Aktionen gefordert sind, wenn also z. B. die gesteuerte Maschine steht. Dies hat Vorteile bei der Programmierung: Sie programmieren beispielsweise den Kontaktplan so wie Sie einen Stromlaufplan zeichnen oder programmieren den Funktionsplan genau so wie die Verschaltung elektronischer Bauteile. Grob betrachtet, hat eine speicherprogrammierbare Steu-

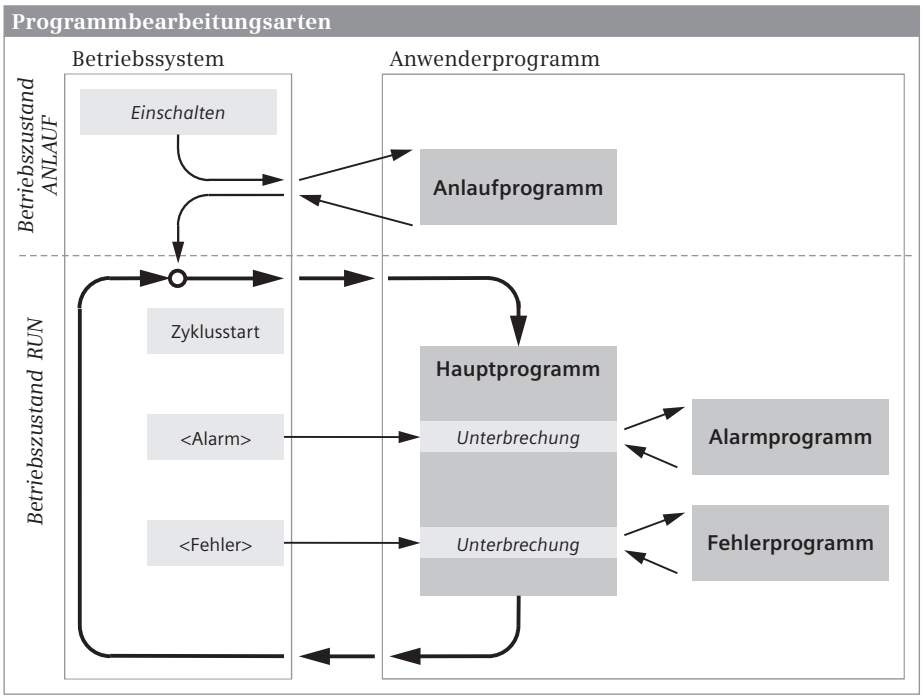


Bild 1.2 Bearbeitung des Anwenderprogramms in einem SIMATIC-Controller

erung eine Charakteristik wie z. B. eine Schützen- oder Relaissteuerung: Die vielen programmierten Verknüpfungen sind quasi gleichzeitig „parallel“ wirksam.

Nach dem Einschalten der Versorgungsspannung und der Prüfung der Betriebsfunktionen startet das Betriebssystem einmalig ein (optionales) Anlaufprogramm. Danach ist das Hauptprogramm an der Reihe. Ist es bis zum Ende bearbeitet worden, beginnt die Bearbeitung sofort wieder am Programmanfang. Das Hauptprogramm kann durch Alarm- und Fehlerereignisse unterbrochen werden. Dann startet das Betriebssystem ein Alarm- oder Fehlerprogramm. Ist das unterbrechungsgesteuerte Programm fertig bearbeitet, wird die Programmbearbeitung an der unterbrochenen Stelle im Hauptprogramm fortgesetzt. Eine Prioritätssteuerung steuert die Programmbearbeitung beim gleichzeitigen Auftreten mehrerer Unterbrechungsereignisse.

Das Anwenderprogramm besteht aus Bausteinen. Davon gibt es mehrere Typen. Die Organisationsbausteine bilden die Schnittstelle zum Betriebssystem. Nach dem Auftreten eines Startereignisses (Einschalten, Zyklusstart, Alarm, Fehler) ruft das Betriebssystem den dazugehörenden Organisationsbaustein auf. In ihm steht das zum Ereignis passende Anwenderprogramm. Ein Organisationsbaustein muss nur dann programmiert werden, wenn es die Automatisierungslösung erfordert. Das Programm in einem Organisationsbaustein kann bei Bedarf durch Funktionsbausteine (Bausteine mit statischen Lokaldaten) und Funktionen (Bausteine ohne statische Lokaldaten) strukturiert werden. Für die Ablage der Anwenderdaten gibt es die im Anwenderspeicher liegenden Datenbausteine.

1.4 Der Weg eines Binärsignals vom Sensor bis zum Programm

Um seine Aufgabe zu erfüllen, braucht der Steuerungsprozessor im Controller die Verbindung zur Maschine oder Anlage, die es zu steuern gilt. Diese Verbindung stellen Peripheriebaugruppen her, die mit den Sensoren und Aktoren verdrahtet sind.

Anschluss an das Automatisierungsgerät, Baugruppenadresse

Mit der Verdrahtung der Maschine oder Anlage legen Sie fest, welche Signale wo an das Automatisierungsgerät angeschlossen werden. Ein Eingangssignal, z. B. das Signal vom Taster +HP01-S10 mit der Bedeutung „Motor einschalten“, wird auf eine Eingabebaugruppe geführt, wo es an einer bestimmten Klemme angeschlossen wird (Bild 1.3).

Jede Baugruppe befindet sich im Baugruppenträger auf einem bestimmten Steckplatz, dessen Nummer die Steckplatzadresse ist. Zusätzlich hat jede Peripherie-Baugruppe eine so genannte E/A-Adresse. Das ist die Adresse, mit der ein Signal der Baugruppe vom Anwenderprogramm aus angesprochen wird. In der E/A-Adresse sind die binären Signale zu Bytes (zu Bündeln aus acht Bits) zusammengefasst. Die Bytes werden von Null beginnend – auch mit Lücken – durchnummeriert. Die Bitadresse wird für jedes Byte von 0 bis 7 gezählt.

Die Steckplatzadresse bestimmen Sie durch das Stecken der Baugruppe auf einen bestimmten Platz im Baugruppenträger. STEP 7 vergibt fortlaufend die E/A-Adresse, die Sie in der Konfigurationstabelle ändern können. Der erste Byte der Baugruppe erhält die Baugruppenanfangsadresse, das ist die niedrigste Adresse der Baugruppe. Im Anschlussplan ist die Baugruppenanfangsadresse mit „Byte a“ gekennzeichnet. Wenn eine Baugruppe weitere Bytes hat, werden die Byteadressen automatisch hochgezählt und erhalten dann die Bezeichnungen „Byte b“, „Byte c“ usw. Im Beispiel hat die Baugruppe die Baugruppenanfangsadresse vier – entweder standardmäßig von STEP 7 festgelegt oder von Ihnen eingestellt – und das nächste Byte damit automatisch die Nummer fünf. Das Signal „Motor einschalten“ ist an der Klemme zwei des zweiten Bytes (Byte b) angeschlossen. Mit der Festlegung der Baugruppenadresse auf die Nummer 4 erhält man die Adresse des Signals: „Eingang im Byte 5 auf Bit 2“ oder kurz: E 5.2.

Symbolische Operandenadresse

Die Adresse „E 5.2“ kennzeichnet den Speicherplatz und ist die absolute Adresse. Viel komfortabler ist es, wenn Sie im Programm dieses Signal mit einem Namen ansprechen können, der der Bedeutung des Signals entspricht, im Beispiel „Motor einschalten“. Das ist dann die symbolische Adresse. Die Zuordnung von absoluter zu symbolischer Adresse nehmen Sie in der Symboltabelle bzw. in der PLC-Variablentabelle vor. In dieser Tabelle werden die „globalen“ Symbole festgelegt, das sind die Symbole, die im gesamten Anwenderprogramm Gültigkeit haben. Symbole, die nur einem Baustein gültig sind (die „lokalen“ Symbole) legen Sie bei der Programmierung des Bausteins fest.

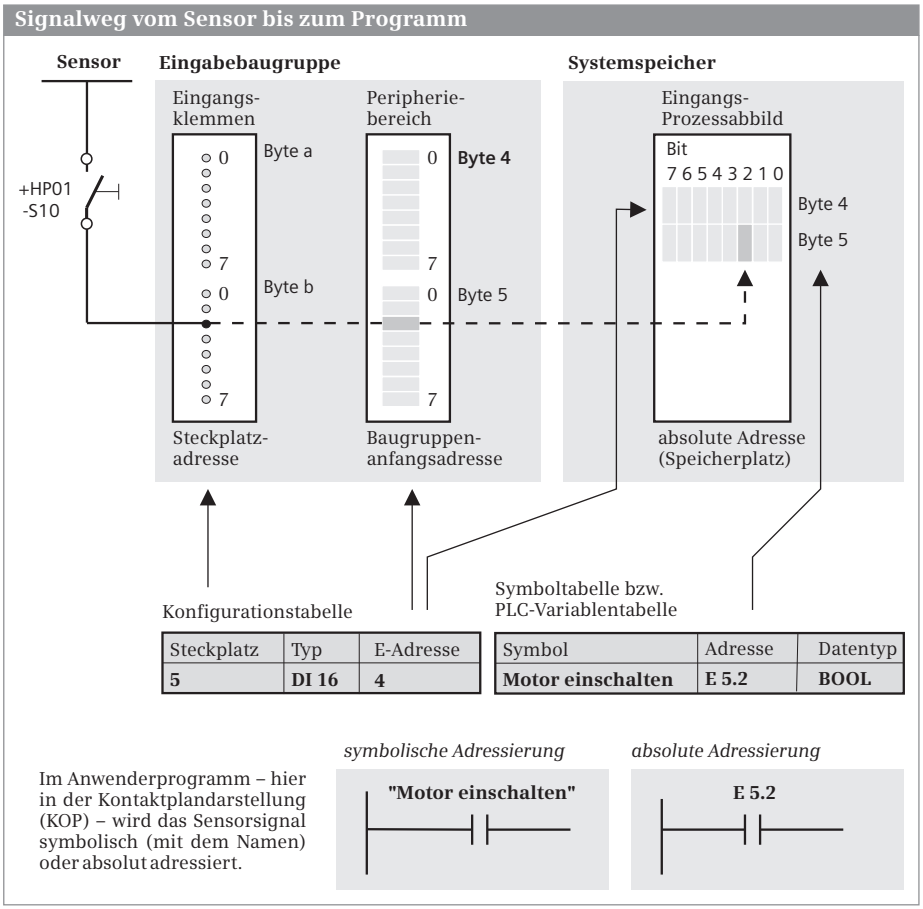


Bild 1.3 Weg eines Signals vom Sensor bis zur Verwendung im Programm

Prozessabbilder

Wenn Sie im Programm das Signal „Motor einschalten“ oder E 5.2 verwenden, sprechen Sie nicht den Signalspeicher auf der Baugruppe an sondern einen Speicherbereich innerhalb der CPU-Baugruppe. Diesen Speicherbereich nennt man „Prozessabbild“. Ihn gibt es auch für die Ausgänge, die im Prinzip genauso behandelt werden wie die Eingänge.

Das CPU-Betriebssystem überträgt automatisch bei jedem Programmzyklus die Signalzustände zwischen den Baugruppen und dem Prozessabbild. Es ist auch möglich, vom Anwenderprogramm aus die Signale direkt auf den Baugruppen anzusprechen. Die Verwendung eines Prozessabbilds hat jedoch Vorteile, u. a. der gegenüber dem Direktzugriff wesentlich schnellere Zugriff auf die Signalzustände und der gleichbleibende Signalzustand eines Eingangsignals während eines Programmzyklus (Datenkonsistenz). Der Nachteil ist die erhöhte und von der Programmbearbeitungszeit abhängige Reaktionszeit.

1.5 Datenhaltung im SIMATIC-Automatisierungssystem

Die Automatisierungsdaten liegen im Automatisierungssystem an verschiedenen Speicherplätzen. Da ist zuerst einmal das Programmiergerät. Auf dessen Festplatte werden in einem STEP-7-Projekt sämtliche Automatisierungsdaten gespeichert. Beim Konfigurieren, Projektieren und Programmieren bearbeiten Sie die Projektdaten mit STEP 7 im Hauptspeicher des Programmiergeräts (Bild 1.4).

Die Automatisierungsdaten auf der Festplatte nennt man auch die *Offline-Projektdaten*. Wenn STEP 7 die Automatisierungsdaten entsprechend aufbereitet („übersetzt“) hat, können sie in ein angeschlossenes Automatisierungsgerät geladen werden. Die in den Anwenderspeicher der CPU-Baugruppe geladenen Daten sind die *Online-Projektdaten*.

Der Anwenderspeicher auf der CPU-Baugruppe ist zweigeteilt: Im *Ladespeicher* steht das komplette Anwenderprogramm einschließlich der Konfigurationsdaten und im *Arbeitsspeicher* steht das ablauffähige Anwenderprogramm mit den aktuellen Steuerungsdaten. Bei einer CPU 1200 kann der Ladespeicher mit einer steckbaren Speicherkarte (Memory Card) erweitert werden. Bei einer CPU 300 oder einer CPU 1500 liegt der Ladespeicher auf der Speicherkarte, die somit immer zum Betrieb in der CPU-Baugruppe stecken muss. Die Speicherkarte ist bei diesen CPUs als SD-Karte ausgeführt, so dass die Automatisierungsdaten spannungsausfallsicher abgelegt sind. Bei einer CPU 400 erweitert die Speicherkarte den Ladespeicher; hier gibt es die Speicherkarte als RAM Card (damit das Anwenderprogramm beim Testen geändert werden kann) und als FEPROM Card (um das Anwenderprogramm spannungsausfallsicher zu speichern).

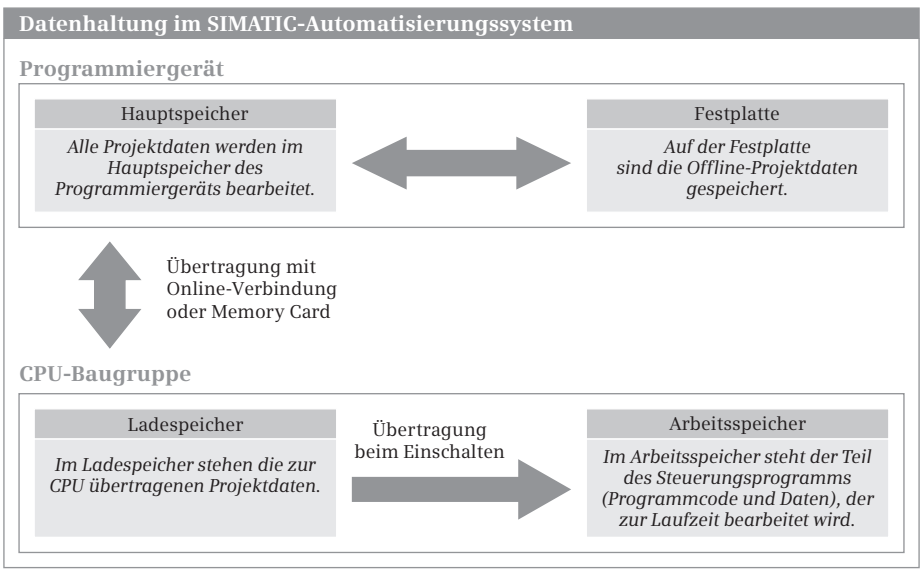


Bild 1.4 Datenhaltung im SIMATIC-Automatisierungssystem

2 SIMATIC Controller als Hardware-Basis

Die SIMATIC Controller steuern als zentraler Teil des Automatisierungssystems Produktionsmaschinen, fertigungstechnische Anlagen oder verfahrenstechnische Prozesse. Die folgende Beschreibung richtet sich im Schwerpunkt auf die speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS) oder mit der englischen Bezeichnung: Programmable Logic Control (PLC).

SIMATIC S7 sind speicherprogrammierbare Steuerungen, die es in vier Bauformen gibt:

- SIMATIC S7-1200 für den unteren und mittleren Leistungsbereich,
- SIMATIC S7-1500 für den mittleren und oberen Leistungsbereich,
- SIMATIC S7-300 für den mittleren Leistungsbereich und
- SIMATIC S7-400 für den oberen Leistungsbereich.

Eine S7-1200/1500-Station besteht aus einem einzeiligen Baugruppenträger mit der CPU-Baugruppe und den Peripheriebaugruppen, die die Verbindung zur gesteuerten Maschine oder Anlage herstellen. Bei einer S7-300/400-Station kann der Baugruppenträger mit der CPU-Baugruppe und den Peripheriebaugruppen (das Zentralgerät) um Baugruppenträger mit zusätzlichen Peripheriebaugruppen (Erweiterungsgeräte) ergänzt werden.

SIMATIC ET 200 sind Baugruppen vor Ort an der Maschine oder in der Anlage, die mit der zentralen Station über PROFINET IO und/oder PROFIBUS DP verbunden sind. Viele SIMATIC-CPUs weisen bereits eine integrierte PROFINET- oder PROFIBUS-Schnittstelle auf, die einen Anschluss von dezentraler Peripherie besonders einfach gestaltet. Da der Betrieb an PROFINET und PROFIBUS herstellerübergreifend genormt ist, können auch Geräte anderer Hersteller an einen SIMATIC-Controller angeschlossen werden. Für ET 200SP, ET 200S und ET 200pro gibt es auch Anschaltungsbaugruppen mit CPU-Funktionalität (Distributed Controller), die eine dezentrale Stand-alone-Lösung ermöglichen. Für ET 200SP ist außerdem ein Software-Controller erhältlich (Open Controller).

PC-based Automation ist der Oberbegriff für Automatisierungsgeräte auf der Basis eines Personal Computers (PC):

- Den Industrie PC gibt es in der Ausführung als Rack PC oder Box PC.
- Der SIMATIC Panel PC ist eine Kombination aus Bediengerät und Steuerung.
- Die Software-Controller S7-1500S sind PC-Applikationen, deren Steuerungsprogramm und das Engineering vollständig kompatibel zu einem S7-1500-Standard-Controller sind.

2.1 Komponenten einer SIMATIC-Station

Ein komplettes Automatisierungsgerät einschließlich aller Peripheriebaugruppen nennt man eine „Station“. Das zentrale Element ist die CPU-Baugruppe, die nach Bedarf durch Peripheriebaugruppen ergänzt wird.

Die folgende Aufstellung zeigt, aus welchen Komponenten eine SIMATIC-Station bestehen kann:

- Baugruppenträger (Racks);
  nehmen die Baugruppen auf und bilden die Basis für Zentral- und Erweiterungsgeräte. Das ist bei S7-300, S7-1200 und S7-1500 eine Profilschiene mit einer Länge, die von der Anzahl und Breite der verwendeten Baugruppen abhängt. Die elektrische Verbindung der Baugruppen untereinander übernehmen Busstecker auf der Rückseite der Baugruppen. Bei S7-400 ist es ein Aluminiumträger mit einer definierten Anzahl an Steckplätzen mit Rückwandbus und Bussteckern.
- Stromversorgung (PS, Power Supply);
  liefert die internen Versorgungsspannungen; mit einer Eingangsspannung von entweder 120/230 V Wechselspannung oder 24 V Gleichspannung.
- Zentralbaugruppe (CPU, Central Processor Unit);
  speichert und bearbeitet das Anwenderprogramm; kommuniziert mit dem Programmiergerät und eventuell weiteren Stationen; steuert die zentralen und dezentralen Peripheriebaugruppen; kann auch ein DP-Slave am PROFIBUS DP oder ein IO-Device am PROFINET IO sein.
- Anschaltungsbaugruppen (IM, Interface Modules);
  verbinden bei S7-300 und S7-400 die Baugruppenträger untereinander.
- Signalbaugruppen (SM, Signal Modules);
  passen die Signale der gesteuerten Anlage an den internen Signalpegel an oder steuern Schütze, Stellgeräte, Leuchten usw. Signalbaugruppen gibt es als Ein- und Ausgabebaugruppen für Digital- und Analogsignale, auch für den Anschluss von Sensoren und Aktoren aus den Zonen 1 und 2 explosionsgefährdeter Anlagen.
- Funktionsbaugruppen (FM, Function Modules);
  Technologiebaugruppen (TM, Technology Modules);
  bearbeiten komplexe oder zeitkritische Prozesse unabhängig von der Zentralbaugruppe, wie z. B. Zählen, Positionieren und Regeln.
- Kommunikationsbaugruppen (CM, Communication Modules);
  Kommunikationsprozessoren (CP, Communication Processors);
  verbinden die SIMATIC-Station mit Subnetzen, wie z. B. Industrial Ethernet, PROFIBUS FMS, AS-interface oder serieller Punkt-zu-Punkt-Kopplung.

Zu einer PLC-Station zählen auch die mit ihr verbundenen dezentralen Peripheriebaugruppen. Sie sind in den Adressraum der zentralen Peripherie eingebunden und werden auch weitgehend wie die Peripheriebaugruppen in den Zentral- und Erweiterungsbaugruppenträgern angesprochen.

2.2 Der Basic Controller SIMATIC S7-1200

Ein Automatisierungssystem S7-1200 besteht aus einer Zentralbaugruppe, die – je nach CPU-Version – mit Digital- und Analog-Ein-/Ausgabemodulen erweitert werden kann (Bild 2.1). Mit der PROFINET-Schnittstelle kann die Zentralbaugruppe an Industrial Ethernet angeschlossen werden. S7-1200 wird mit STEP 7 Basic/Professional im TIA Portal konfiguriert und programmiert.

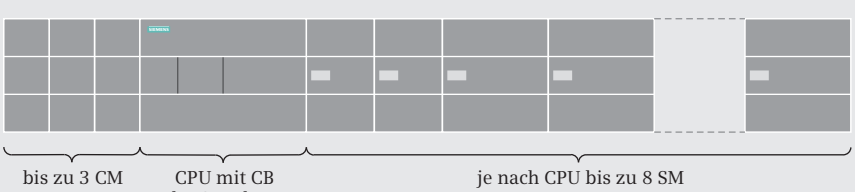
Kompaktbauform für S7-1200

Es werden fünf CPU-Baugruppen mit unterschiedlicher Leistungsfähigkeit in den Varianten DC/DC/DC, DC/DC/Relais oder AC/DC/Relais angeboten. Die erste Angabe steht für die Versorgungsspannung (DC 24 V, AC 85 ... 264 V), die zweite für die Signalspannung der Digitaleingaben (DC 24 V) und die dritte für die Art der Digitalausgaben (DC 24 V elektronisch oder Relaisausgaben DC 5 ... 30 V, AC 5 ... 250 V). Die Tabelle 2.1 zeigt die Erweiterbarkeit und den Speicherausbau. In der Zentralbaugruppe sind schnelle Zähler mit Zählfrequenzen bis zu 100/200 kHz (bei CPU 1217 bis zu 1 MHz) integriert, die in Verbindung mit dem Technologieobjekt „Achse“ einen Schrittmotor oder einen Servomotor mit Pulsschnittstelle steuern können.

Aufbau einer S7-1200-Station

Das Bild zeigt in der Mitte eine CPU 1214C in der Ausführung DC/DC/DC, d. h. 24 V Versorgungsspannung und 24 V Lastspannung für die Ein- und Ausgänge. Links neben der CPU-Baugruppe werden die Kommunikationsmodule angesteckt (im Bild ein CM 1341 für RS485-Anschluss), rechts von der CPU stecken die Signalbaugruppen (im Bild ein SM 1223 mit 8 × 24 V Digitaleingaben und 8 × 24 V/0,5 A Digitalausgaben). Auf der CPU kann ein Signal Board oder ein Communication Board oder ein Battery Board betrieben werden (im Bild ein SB 1232 mit einem Analogausgang).

Erweiterungsmöglichkeiten



CM Communication Module
SM Signal Module
CB Communication Board
SB Signal Board
BB Battery Board

Bild 2.1 Aufbau und Erweiterungsmöglichkeiten einer S7-1200-Station

Tabelle 2.1 Ausgewählte Daten einer CPU 1200 mit Firmware V4.1

	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C	CPU 1215C	CPU 1217C
Anwenderspeicher					
interner Ladespeicher *)	1 Mbyte	1 Mbyte	4 Mbyte	4 Mbyte	4 Mbyte
Arbeitsspeicher	30 kbyte	75 kbyte	100 kbyte	100 kbyte	150 kbyte
Remanenzspeicher	10 kbyte	10 kbyte	10 kbyte	10 kbyte	10 kbyte
Onboard-Peripherie					
Digitaleingänge Digitalausgänge	6 DI, DC 24V 4 DO, DC 24V oder Relais	8 DI, DC 24V 6 DO, DC 24V oder Relais	14 DI, DC 24V 10 DO, DC 24V oder Relais	14 DI, DC 24V 10 DO, DC 24V oder Relais	14 DI, DC 24V 10 DO, DC 24V oder Relais
Analogeingänge Analogausgänge	2AI (10 Bit) –	2AI (10 Bit) –	2 AI (10 Bit) –	2 AI (10 Bit) 2 AO (10 Bit)	2 AI (10 Bit) 2 AO (10 Bit)
Erweiterung mit					
einem Board (SB, CB, BB)	1	1	1	1	1
Signalbaugruppen (SM)	–	2	8	8	8
Kommunikations-baugruppen (CM)	3	3	3	3	3
Operanden					
Eingänge (Byte) Ausgänge (Byte) Merker (Byte)	1024 1024 4096	1024 1024 4096	1024 1024 8192	1024 1024 8192	1024 1024 8192
max. Bausteinanzahl max. Bausteingröße	1024 30 kbyte	1024 50 kbyte	1024 64 kbyte	1024 64 kbyte	1024 64 kbyte
PROFINET-Anschluss	1	1	1	2 mit Switch	2 mit Switch
Ausführungszeiten					
für eine Binäroperation	0,085 µs	0,085 µs	0,085 µs	0,085 µs	0,085 µs
für eine Wortoperation	1,7 µs	1,7 µs	1,7 µs	1,7 µs	1,7 µs
für Festpunktarithmetik	1,7 µs	1,7 µs	1,7 µs	1,7 µs	1,7 µs
für Gleitpunktarithmetik	2,3 µs	2,3 µs	2,3 µs	2,3 µs	2,3 µs

*) Erweiterbar bis auf SD-Kartengröße (maximal 2 Gbyte)

Mit einem 2 m langen Erweiterungskabel kann der Aufbau zweizeilig ausgeführt werden. Die Anzahl der einsetzbaren Baugruppen ändert sich dadurch nicht.

FailSafe CPU S7-1200F

Die Zentralbaugruppen CPU 1214F und CPU 1215F gestatten den Aufbau eines fehlersicheren Automatisierungssystems für Anlagen mit erhöhten Sicherheitsanforderungen. In einer fehlersicheren 1200-Station können sowohl Standard- als auch fehlersichere Peripheriebaugruppen betrieben werden.

Betriebszustände der CPU

Eine CPU 1200 kennt die Betriebszustände STOP, ANLAUF und RUN. Im STOP wird das Anwenderprogramm nicht bearbeitet, die CPU ist jedoch kommunikationsfähig und kann beispielsweise mit dem Anwenderprogramm geladen werden. Wird

die Versorgungsspannung eingeschaltet, befindet sich die CPU zunächst im Betriebszustand STOP, wechselt dann in den Betriebszustand ANLAUF, in dem sie die Baugruppen parametriert und ein Anwender-Anlaufprogramm durchläuft, und erreicht nach fehlerfreiem Anlauf den Betriebszustand RUN. Jetzt wird das Anwender-Hauptprogramm bearbeitet. Bei einem „schwerwiegenden“ Fehler fällt die CPU aus den Betriebszuständen ANLAUF oder RUN wieder in den Betriebszustand STOP zurück. Die Betriebszustände werden mit dem Programmiergerät im Online-Betrieb gesteuert. Ein Betriebsartenschalter ist nicht vorhanden.

Der Anwenderspeicher besteht aus Ladespeicher und Arbeitsspeicher

Das Anwenderprogramm liegt auf der CPU-Baugruppe in zwei Bereichen: im Ladespeicher und im Arbeitsspeicher. Der Ladespeicher enthält das gesamte Anwenderprogramm einschließlich Konfigurationsdaten; er ist in der CPU-Baugruppe integriert oder als zusteckbare Memory Card ausgeführt. Der Arbeitsspeicher ist ein in der CPU-Baugruppe integrierter schneller RAM-Speicher, der den ablaufrelevanten Programmcode und die Anwenderdaten enthält.

Das Programmiergerät überträgt das komplette Anwenderprogramm einschließlich der Konfigurationsdaten in den Ladespeicher. Das Betriebssystem interpretiert beim Einschalten die Konfigurationsdaten und parametriert die Baugruppen. Der ablaufrelevante Programmcode und die Anwenderdaten werden in den Arbeitsspeicher kopiert.

Eine Memory Card erweitert den Ladespeicher

Die Memory Card bei S7-1200 ist eine von Siemens vorformatierte SD-Speicherkarte. Die Memory Card kann man als Programmkarte oder als Übertragungskarte einstellen. Als Programmkarte ersetzt die Memory Card den integrierten Ladespeicher und muss dann im Betrieb der CPU gesteckt sein. Als Übertragungskarte gestattet die Memory Card das Übertragen des Anwenderprogramms ohne Programmiergerät. Auch ein Firmware-Update der CPU-Baugruppe ist mit einer Übertragungskarte möglich.

Die SIMATIC Memory Cards gibt es in den Größen 4 Mbyte, 12 Mbyte, 24 Mbyte und 2 Gbyte.

Bild 2.2 SIMATIC Memory Card

Remanenz ohne Pufferbatterie

Remanenz bedeutet, dass der Inhalt eines Speicherbereichs nach dem Ausschalten und wieder Einschalten der Versorgungsspannung erhalten bleibt. Bei einer CPU 1200 ermöglicht dieses Verhalten ein Remanenzspeicher für Merker und Datenvariablen und ein nullspannungsfester Ladespeicher für das Anwenderprogramm, so dass auf eine Pufferbatterie verzichtet wird. Per Anwenderprogramm können zur Laufzeit Datenbereiche – beispielsweise Rezepte – aus dem Ladespeicher gele-

sen oder Datenbereiche – beispielsweise Archive – in den Ladespeicher geschrieben werden.

Ein Einbauschacht erweitert die Onboard-Peripherie

Ein Einbauschacht an der Frontseite der CPU-Baugruppe ermöglicht es, die Onboard-Peripherie zu erweitern, ohne die Abmessungen der CPU-Baugruppe zu verändern. Zur Verfügung stehen Signal Boards, ein Communication Board und ein Battery Board.

Signal Boards gibt es mit 24-V- und 5-V-Digitalein-/ausgaben mit einer Schaltfrequenz von bis zu 200 kHz. Mit diesen Signal Boards können auch die in der CPU-Baugruppe integrierten schnellen Zähler (High Speed Counter, HSC) und Impulsgeneratoren mit bis zu 200 kHz betrieben werden. An ein Signal Board mit Analogeingabe können Spannungsgeber (±10 V), Stromgeber (0...20 mA), Thermoelemente (Typ J oder K) oder Widerstandsthermometer (PT 100 oder PT 1000) angeschlossen werden. Das Signal Board mit Analogausgabe gibt es für ±10 V Ausgangsspannung oder für 0...20 mA Ausgangsstrom.

Bild 2.3 Signal Board SB 1223

Das Communication Board CB 1241 übernimmt den seriellen Datenaustausch über eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung nach RS 485.

Das Battery Board BB 1297 kann die gepufferte Laufzeit der Echtzeituhr von typisch 10 Tagen auf bis zu ein Jahr verlängern.

High Speed Counter

Ein High Speed Counter (HSC) ist ein schneller Hardwarezähler in der CPU-Baugruppe. Eine CPU 1211 enthält drei Zähler, eine CPU 1212 vier und eine CPU 1214, 1215 oder 1217 sechs Zähler. Ein schneller Zähler ist als Vorwärts-/Rückwärtszähler mit einem Zählbereich von $\pm 2^{31}$ ausgelegt. Zum Erfassen der Impulsfolge gibt es spezielle Zähleingänge an der CPU-Baugruppe, die eine maximale Zählfrequenz von bis zu 100 kHz erlauben. Verwendet man ein Signal Board mit schnellen Eingängen, erhöht sich die maximale Zählfrequenz auf 200 kHz. Mit den Differentialeingängen der CPU 1217 kann die Zählfrequenz auf bis zu 1 MHz gesteigert werden.

Impulsgeneratoren

Ein Impulsgenerator erzeugt Impulse an einem speziellen Ausgabekanal. Gehört der Ausgabekanal zur Onboard-Peripherie der CPU-Baugruppe, beträgt die maximale Impulsfrequenz 100 kHz, bei einer CPU 1217 maximal 1 MHz. Liegt der Ausgabekanal auf dem Signal Board, kann eine maximale Frequenz auf 200 kHz erreicht werden. Eine CPU 1200 besitzt vier Impulsgeneratoren. Die Impulsgeneratoren können in zwei Betriebsarten arbeiten: PTO (pulse train output, Impulsfolge) und PMW (pulse width modulation, Pulsweitenmodulation).

Technologieobjekte für Motion Control

Das Technologieobjekt *TO_PositioningAxis* (Positionierachse) steuert einen Schrittmotor oder einen Servomotor mit Pulsschnittstelle. Es bildet die Schnittstelle zwischen den Motion-Control-Anweisungen im Anwenderprogramm und dem Antrieb. Bewegungsprofile des Antriebs können mit dem Technologieobjekt *TO_CommandTable* (Auftragstabelle) erstellt werden.

In einer CPU 1211, 1212 und 1214 können maximal zwei Technologieobjekte für Motion Control eingerichtet werden, in einer CPU 1215 und 1217 sind es vier. Jedes Technologieobjekt *TO_PositioningAxis* benötigt einen Impulsgenerator in der Betriebsart PTO.

Technologieobjekte für PID Control

Für einen PID-Regler gibt es drei Technologieobjekte: *PID_Compact* als universellen Regler für technische Prozesse mit kontinuierlichen Ein-/Ausgangssignalen, *PID_3Step* als Schrittregler mit 3-Punkt-Verhalten für motorbetätigte Geräte wie beispielsweise Ventile, die Digitalsignale zum Öffnen und Schließen verwenden, und *PID_Temp* als universellen Temperaturregler.

Ein PID-Regler benötigt einen Analogeingabekanal für den Istwert und einen Analogausgabekanal für die (analoge) Stellgröße. Soll die Stellgröße als pulsweitenmoduliertes Signal oder als Schließen/Öffnen-Signal ausgegeben werden, sind dafür Digitalausgabekanäle erforderlich. Die Technologieobjekte für PID Control berechnen die PID-Anteile selbstständig während der Selbsteinstellung beim Erstanlauf. Eine weitere Optimierung ist mit der Feineinstellung während des Betriebs möglich.

Peripherie-Erweiterung mit Digital- und Analogbaugruppen

Die Onboard-Peripherie einer CPU 1212 kann man mit zwei, die einer CPU 1214, 1215 oder 1217 mit acht Signalbaugruppen (Signal Modules, SM) erweitern. Zur Verfügung stehen Digitalbaugruppen mit 8 oder 16 Binärkanälen für 24 V Eingangs- bzw. Ausgangsspannung oder mit Relaisausgaben. An eine Analogeingabebaugruppe mit 8 oder 16 Analogkanälen können Spannungsgeber, Stromgeber, Thermoelemente oder Widerstandsthermometer angeschlossen werden. Die Analogausgabebaugruppe gibt es mit 2 oder 4 Analogkanälen für ±10 V Ausgangsspannung oder 0...20 mA Ausgangsstrom. Auf welche Eigenschaften es bei der Auswahl von Peripheriebaugruppen ankommt, lesen Sie in den Kapiteln 2.11 „Prozesskopplung mit Digitalbaugruppen“ auf Seite 56 und 2.12 „Prozesskopplung mit Analogbaugruppen“ auf Seite 58.

Kommunikation bei S7-1200

Die PROFINET-Schnittstelle verbindet eine CPU 1200 mit anderen Geräten über Industrial Ethernet. Das kann ein Programmiergerät, ein Bediengerät oder ein anderes Automatisierungsgerät sein. Der Datenaustausch zwischen den Automatisierungsgeräten erfolgt mit der Open User Communication. Die Schnittstelle

erkennt die Übertragungsrate 10 bzw. 100 MBit/s automatisch (Autosensing) und akzeptiert sowohl ein Standard-Ethernet-Kabel als auch ein „Cross-over“-Kabel.

Wenn die PROFINET-Schnittstelle nur einen einzigen Anschluss (Port) hat, erfordert der Anschluss von mehreren Geräten einen Schnittstellenvervielfacher, z. B. das Compact Switch Module CSM 1277, an das bis zu drei weitere Stationen angeschlossen werden können. Bei einer CPU 1215 oder einer CPU 1217 hat die Schnittstelle zwei Anschlüsse, die mit einem Switch verbunden sind, und ermöglicht so den Aufbau einer Linienstruktur ohne zusätzliche Geräte.

Eine CPU 1200 kann in einem PROFINET-IO-System der IO-Controller oder ein IO-Device sein. Weitere Informationen zu PROFINET IO lesen Sie im Kapitel 6.12 „Dezentrale Peripherie mit PROFINET IO“ auf Seite 265.

Die Kommunikationsbaugruppe CM 1241 (Communication Module, CM) ermöglicht eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung auf der Basis von RS232 oder RS485. Mit einem Communication Board CB 1241 – auf der Frontseite der CPU-Baugruppe gesteckt – kann man eine Punkt-zu-Punkt-Verbindung auf der Basis RS485 einrichten, ohne die Abmessungen der CPU-Baugruppe zu verändern. An Standardprotokollen sind verfügbar: ASCII-Protokoll, MODBUS-Protokoll mit RTU-Format und USS-Antriebsprotokoll.

Die Kommunikationsbaugruppen CM 1242-5 (DP-Slave) und CM 1243-5 (DP-Master) ermöglichen einen Anschluss einer CPU 1200 an ein PROFIBUS-DP-Mastersystem. Weitere Informationen zu PROFIBUS DP stehen im Kapitel 6.15 „Dezentrale Peripherie mit PROFIBUS DP“ auf Seite 280.

Die Kommunikationsbaugruppe CM 1243-2 kann als AS-Interface-Master bis zu 62 AS-Interface-Slaves steuern (siehe Kapitel 6.10 „Das AS-Interface-Subnetz“ auf Seite 263).

Die Kommunikationsbaugruppen CP 1242-7 (GSM-Netz mit GPRS) und CP 1243-1 (Internet) ermöglichen den Anschluss einer S7-1200-Station an die industrielle Fernkommunikation über die öffentliche Infrastruktur.

Projektierung und Programmierung mit STEP 7 im TIA Portal

Eine CPU 1200 wird mit der Engineering-Software STEP 7 Basic/Professional im TIA Portal projektiert und programmiert. Ab STEP 7 V13 wird die CPU-Firmware V4.0 unterstützt. Es ist die Programmierung in Kontaktplan (KOP), Funktionsplan (FUP) und Structured Control Language (SCL) möglich.

STEP 7 im TIA Portal enthält alle Funktionen für die Hardware-Konfiguration, die Vernetzung mit PROFIBUS und PROFINET und die Programmierung sowie das Testen des Anwenderprogramms. Die Engineering-Software ist im Kapitel 3.3 „Projekte mit STEP 7 im TIA Portal bearbeiten“ auf Seite 84 beschrieben.

Für das Testen des Anwenderprogramms ohne Automatisierungsgerät gibt es die Optionssoftware PLCSIM (siehe Kapitel 3.19 „Mit S7-PLCSIM Anwenderprogramme offline testen“ auf Seite 139).

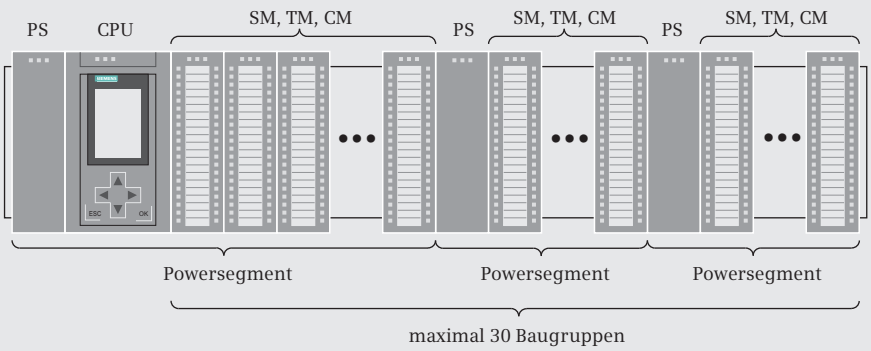
2.3 Der Advanced Controller SIMATIC S7-1500

SIMATIC S7-1500 ist ein modulares, skalierbares und universell in der Fertigungsindustrie einsetzbares Automatisierungssystem. Eine S7-1500-Station besteht aus einem Baugruppenträger mit einer CPU-Baugruppe und – je nach Bedarf – mehreren Signal-, Technologie- und Kommunikationsbaugruppen (Bild 2.4). Über die Bussysteme PROFINET IO und PROFIBUS DP können zusätzlich dezentrale Peripheriestationen angeschlossen werden. CPU 1515, CPU 1516 und CPU 1517 haben einen, CPU 1518 hat zwei zusätzliche Anschlüsse an Industrial Ethernet mit separater IP-Adresse zur Netzwerktrennung. S7-1500 wird mit STEP 7 Professional im TIA-Portal konfiguriert und programmiert.

Aufbau einer S7-1500-Station

Das Bild zeigt eine CPU 1516-3 PN/DP mit dem Display und dem Bedienfeld an der Frontseite. Links von der CPU-Baugruppe steckt eine Stromversorgungsbaugruppe PS 505. Auf der rechten Seite befinden sich eine Signalbaugruppe SM 521 (DI 32 × 24V DC HF), eine Technologiebaugruppe TM Count (2 × 24V) und eine Kommunikationsbaugruppe CM PtP (RS 232 BA). Die Baugruppen sind auf der Rückseite über Busstecker miteinander verbunden.

Erweiterungsmöglichkeiten



Der Baugruppenträger hat 32 Steckplätze, wobei eine optionale Stromversorgung Steckplatz 0 und die CPU-Baugruppe Steckplatz 1 belegen. Rechts von der CPU-Baugruppe finden noch maximal 30 Baugruppen (einschließlich Stromversorgungsbaugruppen) Platz.

In einem Powersegment liefert eine PS-Baugruppe die interne Systemspannung für die rechts steckenden Baugruppen. Es sind maximal drei Powersegmente zugelassen.

PS	Power Supply
CPU	Central Processor Unit
SM	Signal Module
TM	Technology Module
CM	Communication Module

Bild 2.4 Aufbau und Erweiterungsmöglichkeiten einer S7-1500-Station

S7-1500-Station

Eine S7-1500-Station umfasst maximal 32 Steckplätze. Jede Baugruppe belegt unabhängig von ihrer Breite einen Steckplatz. Der Steckplatz 1 ist mit der CPU-Baugruppe belegt. Sie kann an 24 V Gleichspannung angeschlossen werden und dann die Systemspannung für die Baugruppen liefern, die rechts neben ihr stecken. Kann die CPU-Baugruppe den erforderlichen Strom nicht liefern, wird auf dem Steckplatz 0 eine Systemstromversorgung gesteckt, die dann die CPU-Baugruppe und die rechts neben ihr steckenden Baugruppen mit Spannung versorgt.

Die Kombination aus einer PS- oder CPU-Baugruppe und den zu versorgenden Baugruppen nennt man ein „Powersegment“. In einer S7-1500-Station können bis zu drei Powersegmente eingerichtet werden. Wie viele Baugruppen ein Powersegment umfasst, richtet sich nach der elektrischen Leistung, die zur Verfügung gestellt und verbraucht wird. Für die Versorgung der Sensoren und Aktoren wird zusätzlich eine Laststromversorgung benötigt.

Der Baugruppenträger ist eine Profilschiene, die nur so lang sein braucht, um die vorhandenen Baugruppen aufzunehmen. Die Spannungsversorgung für die Baugruppenelektronik und der Datenaustausch zwischen den Baugruppen finden über den Rückwandbus statt. Der Rückwandbus besteht aus U-Verbindern zwischen den Baugruppen, die lückenlos gesteckt sein müssen. Für jede Baugruppe benötigt man einen U-Verbinder.

CPU-Baugruppe

Die Frontseite der CPU-Baugruppe besteht aus einem aufklappbaren und abnehmbaren Bedienpanel mit einem Farbdisplay und Bedientasten. Das Farbdisplay zeigt – strukturiert in mehreren Menüs – den Status und die Eigenschaften der CPU-Baugruppe, Diagnosemeldungen, Datum und Uhrzeit und Informationen zu den angeschlossenen Baugruppen.

Die Bedientasten sind als Folientastatur ausgeführt. Mit ihnen können die Menüs im Display angewählt sowie Datum, Uhrzeit, Zugriffsschutz, Sprache und IP-Adresse eingestellt werden. Außerdem kann man die CPU-Baugruppe urlöschen und auf die Werkseinstellungen zurücksetzen.

Unter dem Bedienpanel liegen der Betriebsartenschalter und die Busanschlüsse, deren Art und Anzahl von der CPU-Version abhängt. Jede CPU 1500 hat mindestens eine PROFINET-Schnittstelle mit zwei durch einen Switch verbundenen Ports.

Vielseitiger Einsatz

Sechs **Standard-Controller CPU 15xx** mit abgestufter Leistungsfähigkeit stehen für die unterschiedlichsten Anwendungen zur Verfügung. Die Tabelle 2.2 zeigt ausgewählte Daten der verschiedenen Varianten.

Alle Standard-Zentralbaugruppen stehen auch in einer fehlersicheren Ausführung zur Verfügung. Die **Failsafe CPUs 15xxF** gestatten den Aufbau eines fehlersicheren Automatisierungssystems für Anlagen mit erhöhten Sicherheitsanforde-

Tabelle 2.2 Ausgewählte Daten einer CPU 1500 mit Firmware V1.8

CPU	1511-1 PN	1513-1 PN	1515-2 PN	1516-3 PN/DP	1517-3 PN/DP	1518-4 PN/DP
Anwenderspeicher						
Arbeitsspeicher						
für Programm	150 kbyte	300 kbyte	500 kbyte	1 Mbyte	2 Mbyte	4 Mbyte
für Daten	1 Mbyte	1,5 Mbyte	3 Mbyte	5 Mbyte	8 Mbyte	20 Mbyte
Remanenzspeicher	88 kbyte	88 kbyte	472 kbyte	472 kbyte	700 kbyte	700 kbyte
Ladespeicher *)						
Operanden						
Eingänge	32 kbyte	32 kbyte	32 kbyte	32 kbyte	32 kbyte	32 kbyte
Ausgänge	32 kbyte	32 kbyte	32 kbyte	32 kbyte	32 kbyte	32 kbyte
Merker	16 kbyte	16 kbyte	16 kbyte	16 kbyte	16 kbyte	16 kbyte
SIMATIC-Zeiten	2048	2048	2048	2048	2048	2048
SIMATIC-Zähler	2048	2048	2048	2048	2048	2048
max. Bausteingröße						
Codebaustein	150 kbyte	300 kbyte	500 kbyte	512 kbyte	512 kbyte	512 kbyte
Datenbaustein ***)	1 Mbyte	1,5 Mbyte	3 Mbyte	5 Mbyte	8 Mbyte	16 Mbyte
max. Anzahl **)	2000	2000	6000	6000	10 000	10 000
Schnittstellen						
PROFINET (2 Ports)	1	1	1	1	1	1
Industrial Ethernet	–	–	1	1	1	2
PROFIBUS DP-Master	–	–	–	1	1	1
Anzahl CM (PROFI-NET + PROFIBUS)	4	6	8	8	8	8
Verbindungen						
maximal	96	128	192	256	320	384
reserviert für PG, HMI und Webserver	10	10	10	10	10	10
über integrierte Schnittstellen	64	88	108	128	160	192
Ausführungszeiten						
Binäroperation	60 ns	40 ns	30 ns	10 ns	2 ns	1 ns
Wortoperation	72 ns	48 ns	36 ns	12 ns	3 ns	2 ns
Festpunktarithmetik	96 ns	64 ns	48 ns	16 ns	3 ns	2 ns
Gleitpunktarithmetik	384 ns	256 ns	192 ns	64 ns	12 ns	6 ns

*) auf der Memory Card bis zur SD-Kartengröße (maximal 32 Gbyte)
**) globale Objekte (Code- und Datenbausteine, Anwenderdatentypen, globale Konstanten, usw.)
***) bei Standardzugriff: 64 kbyte

rungen. In einer fehlersicheren 1500-Station können sowohl Standard- als auch fehlersichere Peripheriebaugruppen betrieben werden.

Die **Kompakt-CPUs 15xxC** enthalten Onboard-Peripherie, um die Technologiefunktionen (Zählen, Regeln, Positionserfassung für Motion Control) ohne zusätzliche Baugruppen nutzen zu können und gestatten so einen kompakten Aufbau von Kleinsteuerungen (siehe Kapitel 2.4 „Die Technologiefunktionen einer CPU 1500C“ auf Seite 34).

Mit den **Distributed Controllern CPU 15xxSP** – sowie **CPU 15xxSP F** in der fehlersicheren Variante – kann eine dezentrale ET200SP-Station am PROFINET IO ein I-Device oder am PROFIBUS DP ein I-Slave sein.