

Taktsynchronität –
Schnelle Vorgänge sicher beherrschen



simatic SYSTEM



SIEMENS

Einführung

Funktionsweise **gestern** – ohne Taktsynchronität

Die Dezentralisierung gewinnt seit Jahren zunehmend an Bedeutung beim Aufbau moderner Automatisierungsanlagen. Vor allem Kostengründe - weniger Verkabelung, einfachere Installation - tragen zu diesem Trend bei.

Heute fordern Anwender auch dezentrale Lösungen zur Steuerung schnell laufender Maschinen. Produktions- und Bearbeitungsprozesse werden immer schneller. Gleichzeitig nehmen auch die Anforderungen an die Produktionsgenauigkeit zu.

In diesem Zuge sind kurze reproduzierbare und definierte Prozessreaktionszeiten gefordert, und zwar auch bei dezentraler Peripherie. Das bedeutet, dass Peripheriesignale in einem äquidistanten Zeitraster eingelesen, ausgegeben und mit dem Anwenderprogramm synchronisiert werden müssen.

Dazu muss die Zeit von der Erfassung eines Signals durch die dezentrale Peripherie bis zur entsprechenden Reaktion am Aktor möglichst kurz und genau reproduzierbar sein.

Applikationen, die derartigen Anforderungen unterliegen, sind z.B.

- Motion Control
- Gleichlauf
- Regelungen
- Softwarebasierte Nockensteuerwerke
- Messen an mehreren Messstellen
- Drehzahl- und Durchflussmessung

Diese Anforderung wird gelöst, indem eine direkte Kopplung zwischen dem äquidistanten DP-Zyklus, den Peripheriebaugruppen und dem Anwenderprogramm hergestellt wird.

Die **synchrone Kopplung einer SIMATIC Automatisierungslösung an den äquidistanten PROFIBUS** wird als „**Taktsynchronität**“ bezeichnet und bietet folgende Vorteile:

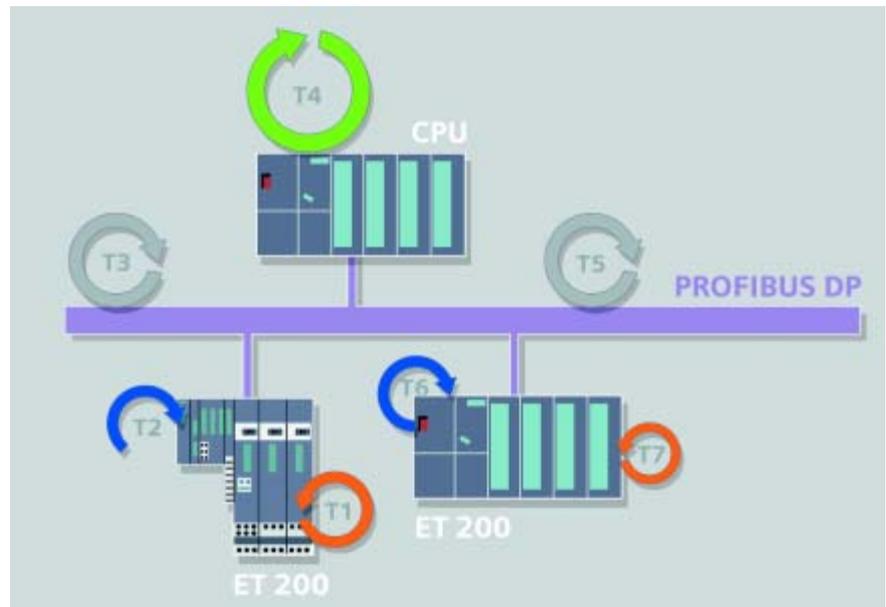
- Schnelle, zeitbasierte Vorgänge, bei denen Reproduzierbarkeit (Deterministik) die entscheidende Rolle spielt, können auch mit dezentraler Peripherie automatisiert werden!
- Taktsynchronität eröffnet vielfältige Einsatzmöglichkeiten, die nicht nur auf die Antriebsanwendungen beschränkt sind. Taktsynchronität ist gut geeignet für Applikationen, deren Sensoren und Aktoren dezentral an der Maschine verteilt sind.

Ohne Taktsynchronität:

Unsynchronisierte Bearbeitungszyklen
Bei bisherigen dezentralen Automatisierungsstrukturen laufen viele Bearbeitungszyklen unsynchronisiert ab (siehe Bild unten):

- Eingangssignal einlesen (T1)
- Zyklus für Rückwandbus der ET 200 (T2, T6)
- DP-Zykluszeit (T3 und T5)
- Programmbearbeitung der CPU (T4)
- Ausgangssignal ausgeben (T7)

Unter der Reaktionszeit versteht man die Zeit, die zwischen dem Auftreten eines Ereignisses und der Ausgabe einer Reaktion einer Ausgabebaugruppe verstreicht. Diese Reaktionszeit kann zwischen der Summe aller Einzelzyklen und dem Doppelten liegen.



Dezentrale Automatisierungsstruktur mit vielen zueinander unsynchronisierten Bearbeitungszyklen T1 bis T7

Funktionsweise **heute** – mit Taktsynchronität

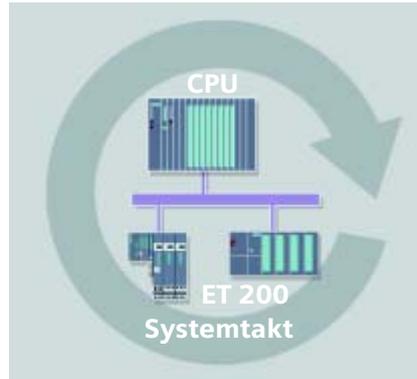
Mit Taktsynchronität:

Synchronisierte Bearbeitungszyklen

Der äquidistante PROFIBUS ist seit einigen Jahren eingeführt. Er stellt eine Datenübertragung in immer gleichlangen (äquidistanten) Zeitabständen sicher.

Durch die Systemeigenschaft Taktsynchronität wird eine SIMATIC® Automatisierungslösung an den äquidistanten PROFIBUS gekoppelt. Taktsynchronität beinhaltet folgende Eigenschaften (siehe rechtes Bild):

- Das Anwenderprogramm ist mit der Peripheriebearbeitung **synchronisiert**. Synchronität heißt, dass alle Vorgänge zeitlich aufeinander abgestimmt sind, alle Eingangsdaten werden zu einem definierten Zeitpunkt erfasst. Ebenso werden die Ausgangsdaten zu einem definierten Zeitpunkt wirksam. Die Ein- und Ausgangsdaten sind bis zur Klemme auf den Systemtakt synchronisiert. Die Daten eines Taktes werden immer im nächsten Takt verarbeitet.
- Die Ein- und Ausgangsdaten werden **äquidistant** bearbeitet. Äquidistanz bedeutet, dass Eingangsdaten immer in gleichen Zeitabständen eingelesen und Ausgangsdaten immer in gleichen Zeitabständen ausgegeben werden.
- Alle Ein- und Ausgangsdaten werden **konsistent** übertragen. Konsistenz bedeutet, dass alle Daten des Prozessabbildes logisch und zeitlich zusammengehören.

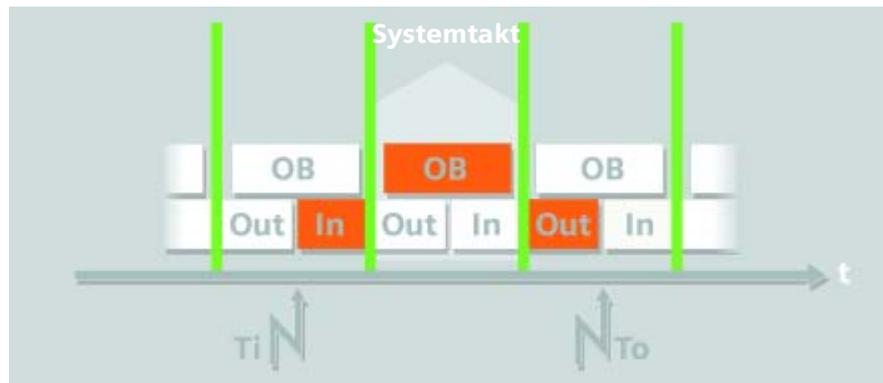


Der Systemtakt gilt für die gesamte Automatisierungsstruktur

Technischer Hintergrund

Mit Taktsynchronität werden diese Abläufe in ein festes Zeitraster gebettet, den sogenannten **Systemtakt**. Der PROFIBUS ist der Taktschläger und generiert das Taktsignal. An diesem Taktsignal orientieren sich alle Baugruppen, von der CPU über die ET 200®-Kopfbaugruppen bis zum Signal- oder Funktionsmodul.

Der Zeitpunkt, zu dem die Eingänge erfasst werden, wird vom Anwender projektiert. Dieser Zeitpunkt T_i ist für alle taktsynchronen Baugruppen gleich. Der Zeitpunkt, zu dem die Ausgänge geschaltet werden, wird T_o genannt. T_o wird ebenfalls vom Anwender projektiert.



Dezentrale Automatisierungsstruktur mit taktsynchronem, deterministischem Zeitverhalten

Merkmale	Anwendung
Die Istwerterfassung und die Sollwertausgabe erfolgen synchron , d.h. gleichzeitig für alle Eingänge bzw. alle Ausgänge, um konsistente Datenabbilder zu erzeugen	<ul style="list-style-type: none"> Gleichlaufanwendungen werden exakter, da die jeweiligen Positionen gleichzeitig gemessen werden Zeitlich eng gekoppelte Signale können auch mit dezentraler Peripherie räumlich verteilt werden, z.B. Startsignale an mehreren Aggregaten, bei denen die zeitliche Reihenfolge relevant ist Durch zeitgleiches Erfassen und synchrone Übertragung ist das Peripheriebild in sich konsistent. Dies ermöglicht z.B. Verhältnisbildung von mehreren Analogwerten (z.B. mehrere Druckwerte in einer Presse) oder mehrere Linearmaßstäbe im Anwendungsbeispiel „Nockenwelle“ (siehe Seite 5)
Die Istwerterfassung und die Sollwertausgabe erfolgen äquidistant , d.h. immer in gleichen Zeitabständen	<ul style="list-style-type: none"> Berechnungen aus der Differenz von Istwerten, z.B. bei der Drehzahlmessung oder Durchflussmessung Dosiervorgänge Regelschleifen können auch über dezentrale Peripherie geschlossen werden

Zu dem projektierten Zeitpunkt T_i werden alle Eingangssignale gleichzeitig „eingefroren“. Die Daten werden an den Slave (z.B. Interfacemodul IM 153) übertragen und dem PROFIBUS zur Verfügung gestellt (In).

Mit dem Taktsignal werden die Daten zur CPU übertragen. Wenn die Daten der CPU vorliegen, übernimmt ein spezieller Organisationsbaustein (OB6x) die Verarbeitung der Daten (OB).

Das nächste Taktsignal startet den nächsten Systemtakt und die errechneten Ausgangsdaten werden über den PROFIBUS an die Slaves übertragen. Die Daten werden anschließend in den Stationen an die Ausgangsmodule weitergeleitet und zum Zeitpunkt T_o gleichzeitig wirksam (Out).

Projektierung

Unterstützung in STEP 7

Die Projektierung der Funktion Taktsynchronität wird sehr gut durch STEP® 7 unterstützt.

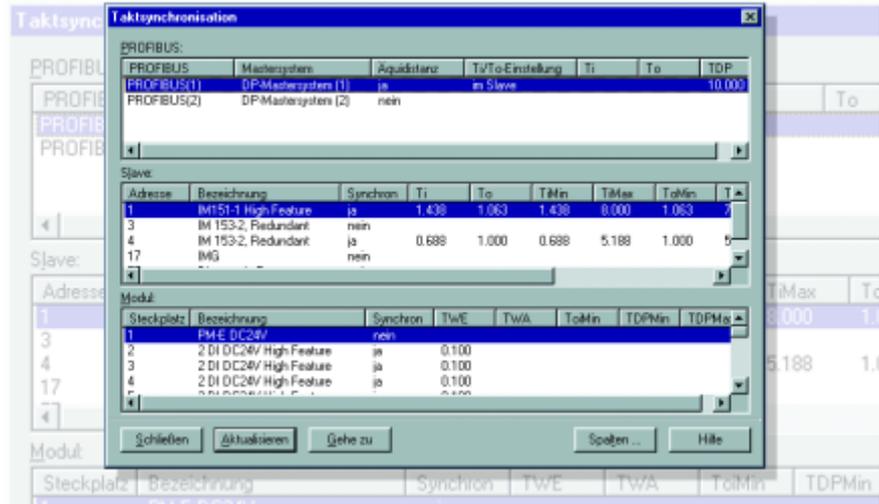
Neben der grundsätzlichen Aktivierung der Funktion Taktsynchronität werden in STEP 7 die Parameter Systemtakt (TDP), Einlesezeitpunkt (T_i) und Ausgabezeitpunkt (T_o) projektiert. Diese Parameter können entweder für alle Busteilnehmer zentral eingestellt oder slaveweise projektiert werden. Dazu schlägt STEP 7 geeignete Werte vor, die anschließend vom Anwender bei Bedarf optimiert werden können. Die Parameter sind vom Ausbau von den angeschlossenen Baugruppen und deren Eigenschaften (Filterzeiten, Wandlungszeiten, Zykluszeiten) abhängig.

Neben der Aktivierung der Parameter in den jeweiligen Masken der einzelnen Baugruppen steht dem Anwender auch eine Projektierungsübersicht zur Verfügung (siehe Bild rechts).

Diese Übersicht ist hierarchisch aufgebaut und zeigt die jeweiligen Beiträge der einzelnen Baugruppen und Slaves zu den Zeitparametern. So können rasch die zeitbestimmenden Komponenten identifiziert werden, um gegebenenfalls den Systemtakt zu optimieren (z.B. durch Reduktion der Filterzeiten). Von dieser Übersicht gelangt man per Mausklick an die entsprechende Stelle der Hardware-Konfiguration.

Der minimale Systemtakt wird von STEP 7 unter Berücksichtigung der relevanten Parameter und des Ausbaus der einzelnen Stationen und Stränge sowie der am Bus angeschlossenen OPs und PGs bestimmt.

Für jeden taktsynchronen PROFIBUS-Strang steht ein neuer Organisationsbaustein (OB61-64) zur Verfügung. Er wird in jedem Zyklus synchron gestartet und arbeitet mit einem taktsynchronem Teilprozessabbild.



Projektierungsübersicht der Taktsynchronität in STEP 7

Erklärung zum obigen Bild

Fenster "Taktysynchronisation"	Das Fenster "Taktysynchronisation" ist hierarchisch unterteilt, und zwar mit den Unterfenstern Master - Slave - Module. Dieses Fenster gibt eine Übersicht über die Zeitverhältnisse im Systemtakt und bietet die Möglichkeit, bei Optimierungsbedarf direkt zu den entsprechenden Komponenten zu springen.
T_i	Zeitpunkt der Erfassung von Eingangsdaten.
T_o	Zeitpunkt der Ausgabe von Ausgangsdaten.
TDP	Systemtakt.
TWA	TWA und TWE sind die Wandlungszeiten der Ein- und Ausgänge.
TWE	

Projektierungsregeln

- Zur Projektierung der Systemfunktion Taktsynchronität ist STEP 7 ab Version 5.2 erforderlich.
- Taktsynchron arbeitende Baugruppen und nicht-taktsynchron arbeitende Baugruppen können miteinander kombiniert werden.
- Jeder PROFIBUS-Strang bildet eine in sich abgeschlossene Einheit bezüglich Taktsynchronität.
- Eine Taktsynchronisation über mehrere DP-Mastersysteme ist nicht projektiertbar.
- Auch F-Komponenten können in Verbindung mit Taktsynchronität eingesetzt werden.
- H-Systeme unterstützen Taktsynchronität nicht.
- Die volle Synchronität bis zur Klemme ist nur verfügbar, wenn alle in der Kette beteiligten Komponenten diese Eigenschaft explizit unterstützen (siehe Tabelle auf der letzten Seite).
- Taktsynchronität steht nur für elektrische Netze zur Verfügung.
- Der maximale Ausbau eines Teilprozessabbildes, das konsistent übertragen wird, ist je nach CPU begrenzt.
- Je nach Hardware-Ausbau und Programmlaufzeit werden Zykluszeiten ≥ 5 ms erreicht.

Anwendungsbeispiele

Drehzahlmessung, Nockenwelle

Beispiel 1: Drehzahlmessung

Ein Frequenzgenerator erzeugt ein Signal mit 80 kHz und simuliert so einen Inkrementalgeber mit konstanter Drehzahl. Damit wird erreicht, dass für alle Messreihen die gleichen konstanten Ausgangsbedingungen gegeben sind. Bei allen Messreihen wird alle 32 ms ein Zählerstand ausgelesen.

Die Aufgabe besteht darin, die Drehzahl mittels einer Zählerbaugruppe zu ermitteln. Erfasst wird der Zählerstand über eine Zählerbaugruppe. Aus der Differenz zweier Zählerstände wird die Drehzahl errechnet.

Das Beispiel gibt eine Aussage über die zeitliche Reproduzierbarkeit bei der Erfassung von Messwerten. Es zeigt die Messabweichungen unter sonst gleichen Ausgangsbedingungen bei unterschiedlichen Konfigurationen (zentraler/dezentraler Aufbau) auf.

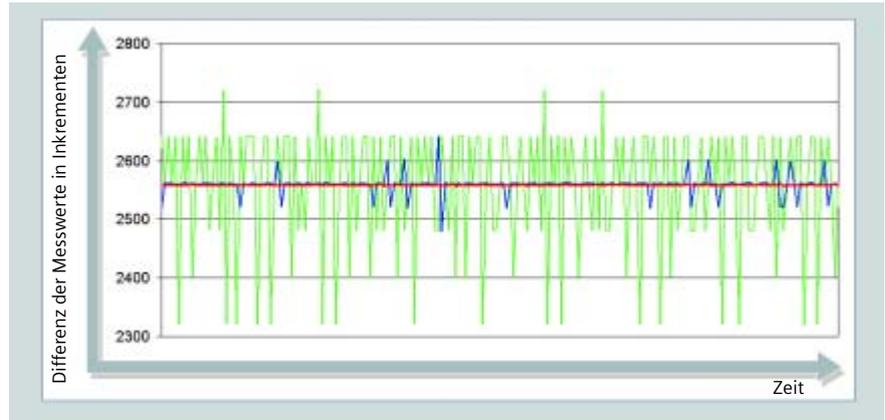
Im Bild (rechts oben) sind die jeweils gemessenen Differenzen (200 Messwerte) über der Zeit aufgetragen. Theoretisch ist in diesem Messaufbau die Differenz zweier aufeinanderfolgender Messwerte konstant. An der Abweichung der Kurven von der optimalen Geraden kann die zeitliche Reproduzierbarkeit der Messung abgelesen werden.

Die Messwernerfassung erfolgt zum Vergleich in verschiedenen Konfigurationen:

- ET 2005 mit 1 COUNT 24 V, dezentral. Der Zählerstand wird über Peripherieabbild im 32ms-Weckalarm-OB ausgelesen
- FM 350-1, zentraler Aufbau. Der Zählerstand wird über Peripherie-Direktzugriff im 32 ms-Weckalarm-OB ausgelesen
- ET 2005 mit 1 COUNT 24 V, dezentral takt synchron. Der Zählerstand wird alle 32 ms ausgelesen (Systemtakt = 32 ms)

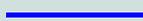
Ergebnis:

Mit Taktsynchronität ergibt sich eine maximale Abweichung von 0,1% der gemessenen Differenzen der Zählerstände zum theoretischen Idealwert.



Messwernerfassung zur Bestimmung der Drehzahl bei unterschiedlichen Konfigurationen

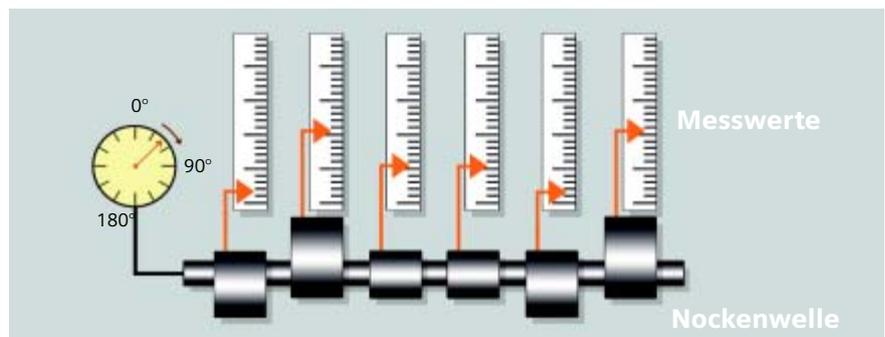
Erklärung zum obigen Bild

	Ohne Taktsynchronität, dezentral (Abweichungen bis 10 %)
	Zentral, mit Weckalarm (Abweichungen bis 3 %)
	Dezentral, mit Taktsynchronität (Abweichungen bis 0,1 %)

Beispiel 2: Vermessen einer Nockenwelle

Die Aufgabe besteht darin, zu jeder Winkelposition einer Nockenwelle die Auslenkung der verschiedenen Nocken mit einem Linearmaßstab zu vermessen. Wichtig dabei ist, dass zu jeder Winkel-

position im gleichen Zeitpunkt auch die Auslenkung gemessen wird. Diese Gleichzeitigkeit der Messung aller Messstellen (Winkel und Auslenkung) wird mit Taktsynchronität gewährleistet.



Bei einer einzigen Drehung der Nockenwelle werden synchron alle Positionen der Nockenwelle und die zugehörigen Messwerte (rot) gemessen

Arbeitsablauf ohne Taktsynchronität:

- Nockenwelle ein Stück drehen
- Anhalten
- Position einlesen
- Alle Nocken messen
- Weiterdrehen, Anhalten, Messen, ...

Arbeitsablauf mit Taktsynchronität:

- Einmal die Nockenwelle drehen
- Während einer kontinuierlichen Drehung synchron Positionen und Messwerte lesen
- Nächste Nockenwelle bearbeiten

Ergebnis:

Durch gleichzeitige, synchrone Messwernerfassung können Messaufgaben erheblich verbessert gelöst werden.

Fazit:

Taktsynchronität verbindet die äquidistante Abtastung der Messwerte mit einer synchronen Bearbeitung.

Technische Daten

Folgende Komponenten unterstützen die Funktion Taktsynchronität:

Funktion	Produkt	Bestellnummer-Rumpf
Software		
Projektierung	STEP 7 ab Version 5.2	6ES7 810-4CC06-....
PROFIBUS-Master		
Standard-CPU's	Alle S7-400 CPU's ab Firmwarestand V3.1	6ES7 41-....
Fehlersichere CPU's	Alle S7-400F CPU's ab Firmwarestand V3.1	6ES7 41-....
PC-based Automation	WinAC RTX ab V3.1	6ES7 671-0RC...
Applikationsbaugruppe	FM 458-1 DP	6DD1 607-0AA1 (in Vorbereitung)
ET 200M		
Interfacemodul	IM 153-2 High Feature	6ES7 153-2BA00-....
Digitale Eingänge	16 DI, 24 V DC; Diagnose-/Prozessalarm	6ES7 321-7BH01-.... (in Vorbereitung)
Digitale Eingänge	16 DI, 24 V DC	6ES7 321-1BH10-....
Digitale Ausgänge	16 DO, 24 V DC, 0,5 A	6ES7 322-1BH10-....
Analoge Eingänge	8 AI, 14 Bit Strom/Spannung	6ES7 331-7HF00-....
Analoge Ausgänge	4 AO, 14 Bit Strom/Spannung	6ES7 332-7ND01-....
Zähler	FM 350-1 (1-kanaliger Zähler)	6ES7 350-1AH03-.... (in Vorbereitung)
SSI-Wegerfassung	SM 338 POS (3 SSI-Gebereingänge)	6ES7 338-4BC01-.... (in Vorbereitung)
ET 200S		
Interfacemodul	IM 151-1 High Feature	6ES7 151-1BA00-....
Digitale Eingänge	4 DI DC 24 V High Feature	6ES7 131-4BD00-....
Digitale Eingänge	2 DI DC 24 V High Feature	6ES7 131-4BB00-....
Digitale Ausgänge	2 DO DC 24 V/2 A High Feature	6ES7 132-4BB30-....
Digitale Ausgänge	2 DO DC 24 V/0,5 A High Feature	6ES7 132-4BB00-....
Analoge Eingänge	2 AI U High Speed	6ES7 134-4FB51-....
Analoge Eingänge	2 AI I 2 DMU High Speed	6ES7 134-4GB51-....
Analoge Eingänge	2 AI I 4 DMU High Speed	6ES7 134-4GB61-....
Analoge Ausgänge	2 AO I High Feature	6ES7 135-4MB01-....
Analoge Ausgänge	2 AO U High Feature	6ES7 135-4LB01-....
Zähler	1 COUNT 24 V/100 kHz	6ES7 138-4DA03-....
Zähler	1 COUNT 5 V/500 kHz	6ES7 138-4DE01-....
SSI-Wegerfassung	1 SSI	6ES7 138-4DB01-....
Netzkomponenten		
Repeater	Diagnose-Repeater	6ES7 972-0AB01-....

Weitere Informationen zu den SIMATIC Controllern finden Sie im Internet:
www.siemens.com/simatic-controller



Für ein **persönliches Gespräch** finden Sie Ihren SIMATIC-Partner in Ihrer Nähe unter:
www.siemens.com/automation/partner



Mit der A&D Mall können Sie gleich direkt **elektronisch per Internet bestellen**:
www.siemens.com/automation/mall

