

## Application Note DK9321-0110-0017

### Externe Uhren

#### Keywords

DCF77  
GPS  
IEEE 1588  
Synchronität  
Synchronisierung  
abgestimmte Sensorerfassung  
gleichzeitige Ereignisse  
externe Uhr  
Gleichzeitigkeit  
EL6688  
EL6692

# Ebenen der Synchronisierung

**Dieses Application Example erklärt die Stufen von Synchronisierung und deren Umsetzung in TwinCAT.**

## Grundlagen: Ebenen der Synchronität

Je nach Anlage, Anwendung und Areal ist die Synchronisation der einzelnen Komponenten in unterschiedlichem Maße erforderlich. Das kann vom einfachen Abgleich der Komponenten innerhalb eines I/O-Stranges bis hin zur absoluten Gleichzeitigkeit von Prozessen reichen. Diese Prozesse können nicht nur lokal innerhalb einer Anlage oder Produktionsstätte ablaufen, sondern auch über ein weites Areal verteilt sein. Beispielsweise werden Energiedaten von Transformator-Stationen im gesamten Netz geloggt, um die Ursache von Netzstörungen aufzudecken und deren Verbreitung und Auswirkung zeitlich nachzuvollziehen. Es wird nicht nur auf interne Ereignisse synchronisiert, sondern unter Umständen auf externe Ereignisse. Grundsätzlich kann die Synchronisierung in vier Ebenen erfolgen:

- A– weltweit (global)
- B– anlagenübergreifend über ein weitreichendes Areal (regional)
- C– applikationsübergreifend in der Gesamtanlage (applikatorisch)
- D– lokal im I/O-Strang (lokal)

Diese vier Ebenen umspannen auch die Genauigkeitsklassen, die sich mit den derzeitigen technischen Gegebenheiten in den einzelnen Ebenen realisieren lassen. Grundsätzlich ist eine Synchronität auf die kleinstmögliche Zeitbasis auch nicht für jede Applikation sinnvoll. In der lokalen Ebene liegt die Synchronitäts-Anforderung seit mehreren Jahren unter 1 ms. – Eine globale Synchronität im Millisekunden-Bereich findet beim Börsenhandel oder der Flugüberwachung Anwendung. Zur Verdeutlichung der Kriterien zur Bestimmung von Synchronitätsanforderungen sind hier exemplarische Anwendungen zu den einzelnen Synchronitäts-Ebenen aufgeführt:

## Application Note DK9321-0110-0017

### Externe Uhren

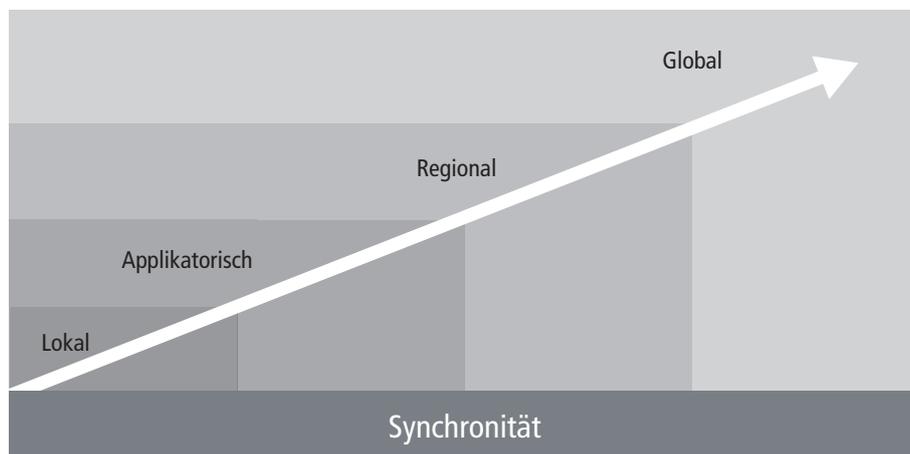


Abb. 1 Ebenen der Synchronität

#### A Globale Synchronität

Bei der globalen Synchronitätsebene ist eine gemeinsame identische Systemzeit ausreichend. Wird zum Beispiel der Wareneingang unterschiedlicher Containerterminals automatisiert überwacht, ist eine Genauigkeit der Daten auf eine Sekunde ausreichend. So kann protokolliert werden, wie sich der Container innerhalb der Terminals bewegt (bzw. wie er umgelagert wird), ohne dass immense Datenmengen anfallen.

#### B Regionale Synchronität

Für eine Energiemessung innerhalb eines weitläufigen Netzes ist eine regionale Synchronität erforderlich. Werden die Energiedaten eines 50-Hz-Netzes gemessen, ist eine Genauigkeit von 1 ms ausreichend, um Schwingungen über das gesamte Netz hinweg zu verfolgen und auswerten zu können.

#### C Applikatorische Synchronität

Im Anwendungsbereich der Motion Control ist die Synchronität von Achsen ein Muss. Dies gilt nicht nur für Verkettungen von mehreren Achsen, sondern auch besonders für die Achsen in den verschiedenen Anlagenteilen. Werden gekoppelte Maschinen gesteuert, müssen die Antriebe im Bereich einer  $\mu$ -Sekunde aufeinander synchronisiert werden, um hochgradig dynamische Bewegungen positionsgenau ausführen zu können.

#### D Lokale Synchronität

Die lokale Synchronität erfordert die höchste Genauigkeitsklasse, wenn innerhalb eines Netzwerkes alle Teilnehmer absolut synchron laufen müssen. Zum Beispiel im Anwendungsbereich der PC-gesteuerten Lasertechnologie ist eine Genauigkeit von unter 100 ns erforderlich, um die Prozessstabilität zu garantieren und ein konstantes, optimales Ergebnis zu erzielen. Auch bei der Erfassung von analogen Messwerten können zeitliche Abweichungen von 100 ns den Regelkreis empfindlich stören. Es ist

## Application Note DK9321-0110-0017

### Externe Uhren

in diesem Fall nicht wichtig, das die Anwendung hochsynchron ist. Im Fokus steht, diese zeitlich unbekanntenen Abweichungen zu erkennen und für die Application berechenbar zu machen.

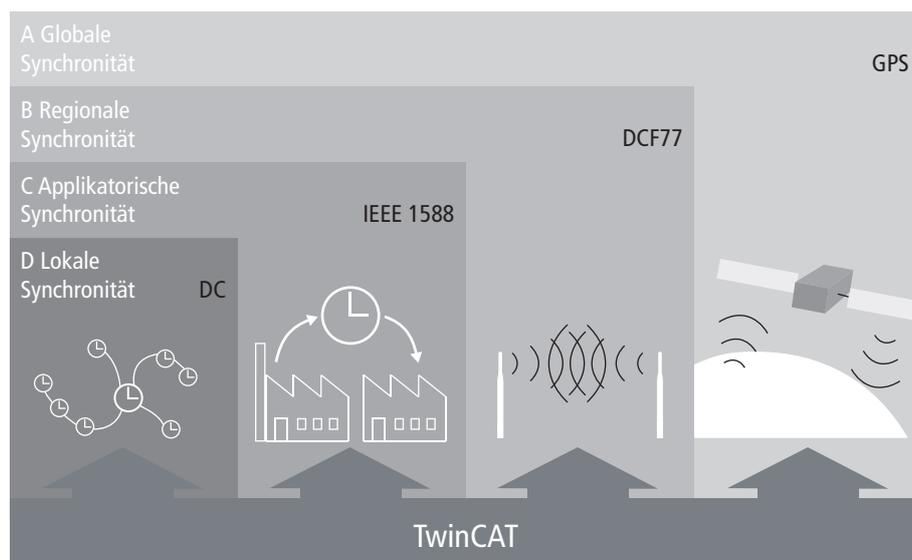


Abb. 2 TwinCAT für alle Synchronisierungsebenen

Für jede dieser Synchronisations-Ebenen ist TwinCAT geeignet. Da sich alle Ebenen nicht mit dem immer gleichen technologischen Ansatz lösen lassen, stellt Beckhoff für jede dieser vier Ebenen unterschiedliche Technologie bereit:

#### A Global

Auf globaler Ebene lassen sich Teilnehmer zueinander oder auf externe Ereignisse synchronisieren, indem ein weltweit verfügbares Signal als externe Uhr genutzt wird, auf das alle Teilnehmer getaktet werden. Als Uhr kann z. B. ein GPS-Empfänger fungieren.

#### B Regional

Synchronisation auf regionaler Ebene kann durch standardisierte Funksignale erfolgen, deren Empfang in dem zu synchronisierenden Areal gesichert ist. Die offizielle Uhrzeit der Bundesrepublik Deutschland wird über den Langwellensender DCF77 verbreitet und kann innerhalb des Sendegebietes (ca. 2000 km um Frankfurt/Main) mit entsprechenden Empfängern als externe Uhr genutzt werden.

#### C Applikatorisch

Um innerhalb einer Applikation, also über mehrere Netzwerke hinweg, eine identische Zeitbasis zu generieren, kann das Precision Time Protocol genutzt werden. PTP ist ein Protokoll, das die Synchronität der Uhrzeiteinstellungen mehrerer Geräte in einem Netzwerk bewirkt und in IEEE 1588 als Protokollstandard zur Synchronisation von verteilten Uhren in Netzwerken

## Application Note DK9321-0110-0017

### Externe Uhren

definiert ist. Im Gegensatz zum NTP (Network Time Protocol) liegt der Schwerpunkt beim PTP auf höherer Genauigkeit. Mit TwinCAT und dem **IEEE-1588-External-Synchronisation-Interface EL6688** kann die applikatorische Synchronisation umgesetzt werden. Die EL6688 kann sowohl als IEEE-1588-Master als auch als IEEE-1588-Slave arbeiten und unterstützt die Versionen PTPv1 (IEEE 1588-2002) und PTPv2 (IEEE 1588-2008) auf Ethernet-Basis.

Um innerhalb einer Applikation über mehrere EtherCAT-Stränge mit unterschiedlichen Mastern hinweg eine Synchronisation zu erzielen, kann die **EtherCAT-Bridge-Klemme EL6692** zur Synchronisierung der Zeitbasis verwendet werden. Die EL6692 besteht aus zwei EtherCAT-Slaves in einem Gehäuse: der EL6692 auf der Primärseite (Klemmenbus) und der EL6692-0002 auf der Sekundärseite mit Netzwerkkabelanschluss. Beide Slaves sind durch eigene Spannungsversorgungen unabhängig funktionsfähig – die Primärseite wird mit 5 V DC aus dem E-Bus versorgt, die Sekundärseite mit 24 V DC aus dem externen Anschluss.

#### D Lokal

Auf der lokalen Ebene wird unter Einsatz von EtherCAT der Distributed-Clock-Modus genutzt, um die unterschiedlichen Abschnitte und Teilnehmer eines EtherCAT-Netzwerks auf unter 100 ns genau zu synchronisieren. Die Mikrodelay in der Protokolllaufzeit werden berechnet und die Systemzeit der einzelnen Teilnehmer entsprechend korrigiert. Durch diesen Ansatz liegt im gesamten Netzwerk die identische Systemzeit vor. Einige EtherCAT-Komponenten von Beckhoff unterstützen den Distributed-Clock-Modus.

#### Praxisbeispiel: Retrofit – Externe Synchronisierung statt Komplettumbau

Beim Retrofit ist fast durchgängig mit Umstrukturierungen innerhalb der Steuerung der Bestandsanlage zu rechnen. Der komplette Umstieg auf eine leistungsstärkere Steuerung mit den entsprechenden Vorteilen wird nicht nur durch den Kosteneinsatz, sondern auch durch die technische Machbarkeit entschieden, wenn weitere Komponenten/Anlagenteile ergänzt werden müssen. Ist die Bestandsanlage nicht veränderbar, wird am folgenden Beispiel erläutert, wie die externe Synchronisation von EtherCAT-Segmenten unter TwinCAT genutzt werden kann, um Bestandsanlage und hinzugefügte Komponenten aufeinander abzustimmen.

## Application Note DK9321-0110-0017

### Externe Uhren

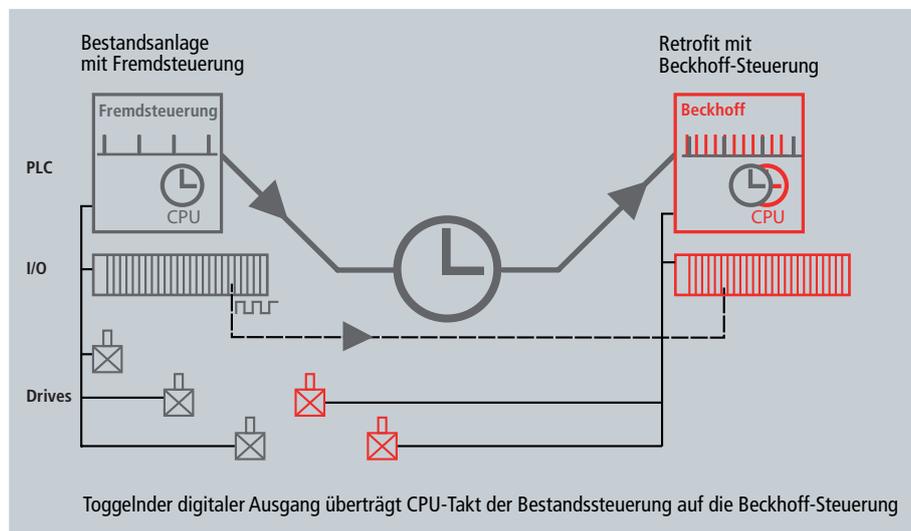


Abb. 3 Retrofit mit CPU-Abgleich

Die links abgebildete Bestandsanlage (grau – Fremdsteuerung) wird einem Retrofit unterzogen, die ursprüngliche Steuerung soll inklusive Programm erhalten/unverändert bleiben. Die neu hinzugefügten Komponenten (rot – Beckhoff) sind Antriebe und die dazugehörige Steuerung. Um das somit auf zwei Steuerungen verteilte Motion Control zu synchronisieren, wird in der Bestandsteuerung ein digitaler Ausgang mit dem CPU-Takt der Bestandssteuerung belegt. Das Signal wird über einen digitalen Eingang an der ergänzten Steuerung aufgenommen und zur Synchronisierung der eigenen Clock genutzt, um den CPU-Takt der ergänzten Steuerung auf den der Bestandssteuerung abzugleichen.

- SPS und Motion Control auf dem PC [www.beckhoff.de/TwinCAT](http://www.beckhoff.de/TwinCAT)
- Werkübergreifende Synchronisierung von EtherCAT-Netzwerken [www.beckhoff.de/EL6688](http://www.beckhoff.de/EL6688)
- EtherCAT-Bridge-Klemme [www.beckhoff.de/EL6692](http://www.beckhoff.de/EL6692)

Dieses Dokument enthält exemplarische Anwendungen unserer Produkte für bestimmte Einsatzbereiche. Die hier dargestellten Anwendungshinweise beruhen auf den typischen Eigenschaften unserer Produkte und haben ausschließlich Beispielcharakter. Die mit diesem Dokument vermittelten Hinweise beziehen sich ausdrücklich nicht auf spezifische Anwendungsfälle, daher liegt es in der Verantwortung des Kunden zu prüfen und zu entscheiden, ob das Produkt für den Einsatz in einem bestimmten Anwendungsbereich geeignet ist. Wir übernehmen keine Gewährleistung, dass der in diesem Dokument enthaltene Quellcode vollständig und richtig ist. Wir behalten uns jederzeit eine Änderung der Inhalte dieses Dokuments vor und übernehmen keine Haftung für Irrtümer und fehlenden Angaben. Eine detaillierte Beschreibung unserer Produkte enthalten unsere Datenblätter und Dokumentationen, die darin enthaltenen produktspezifischen Warnhinweise sind unbedingt zu beachten. Die aktuelle Version der Datenblätter und Dokumentationen finden Sie auf unserer Homepage ([www.beckhoff.de](http://www.beckhoff.de)).

© Beckhoff Automation GmbH, Januar 2010

Die Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts sind verboten, soweit nicht ausdrücklich gestattet. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Geschmacksmustereintragung vorbehalten.