

# 50. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium

September, 19-23, 2005

**Maschinenbau  
von Makro bis Nano /  
Mechanical Engineering  
from Macro to Nano**

**Proceedings**

Fakultät für Maschinenbau /  
Faculty of Mechanical Engineering

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

## Impressum

- Herausgeber: Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau  
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff
- Redaktion: Referat Marketing und Studentische Angelegenheiten  
Andrea Schneider
- Fakultät für Maschinenbau  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Kurtz,  
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. med. (habil.) Hartmut Witte,  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Linß,  
Dr.-Ing. Beate Schlütter, Dipl.-Biol. Danja Voges,  
Dipl.-Ing. Jörg Mämpel, Dipl.-Ing. Susanne Töpfer,  
Dipl.-Ing. Silke Stauche
- Redaktionsschluss: 31. August 2005  
(CD-Rom-Ausgabe)
- Technische Realisierung: Institut für Medientechnik an der TU Ilmenau  
(CD-Rom-Ausgabe) Dipl.-Ing. Christian Weigel  
Dipl.-Ing. Helge Drumm  
Dipl.-Ing. Marco Albrecht
- Technische Realisierung: Universitätsbibliothek Ilmenau  
(Online-Ausgabe) [ilmedia](#)  
Postfach 10 05 65  
98684 Ilmenau
- Verlag:  Verlag ISLE, Betriebsstätte des ISLE e.V.  
Werner-von-Siemens-Str. 16  
98693 Ilmenau

© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2005

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

ISBN (Druckausgabe): 3-932633-98-9 (978-3-932633-98-0)  
ISBN (CD-Rom-Ausgabe): 3-932633-99-7 (978-3-932633-99-7)

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

**Dr.-Ing. Josef Papenfort**

## **Zentrale oder verteilte Steuerungstechnik – eine Philosophiefrage**

### **ABSTRACT**

Die Wahl der richtigen Steuerungsarchitektur – zentral oder verteilt – ist letztlich eine mehr oder weniger „philosophische“ Frage. Pro und Kontra werden am Beispiel einer Assembly-Line dargestellt. Prinzipiell ist es möglich, eine solche Maschine sowohl mit zentraler als auch mit dezentraler Steuerungstechnik zu automatisieren. Was sind die Gründe für die Wahl der einen oder anderen Steuerungsarchitektur? Eine detaillierte Analyse soll die Bewertung beider Wege erleichtern. - Beleuchtet werden soll, neben der Hardware, der Software und dem Feldbus, auch der Motion-Control-Anteil.

### **Qual der Wahl**

Eine Assembly-Line – eine Maschine zur Montage z. B. von Handys – ist charakterisiert durch ihren modularen Aufbau: Sie besteht aus Modulen für die verschiedenen Arbeitsschritte, zum Beispiel Pick-and-Place-Einheiten, Roboter, Lötstationen und natürlich eine Logistikeinheit, die die einzelnen Teile zwischen den Modulen befördert und auch die Zuführung von Montageteilen steuert. Zusätzlich sind zentrale Dienste, wie Rezeptverwaltung, Qualitätsstatistiken und Teileverfolgung notwendig. Bei der Auslegung der Steuerungstechnik stellte sich die Frage, ob die Automatisierungsaufgabe mit einem dezentralen oder einem zentralen Ansatz gelöst werden sollte. Zur objektiven Beurteilung wurden die Kriterien Hardware, Software, Feldbus und Motion Control herangezogen.

### **Dezentrale oder verteilte Steuerungsarchitektur**

**Hardware:** Die Hardware, also die Anzahl und Qualität der eingesetzten CPUs, ist bei verteilten Steuerungsarchitekturen durch die Anzahl der Module bestimmt. Jedes Modul besitzt eine Steuerung. Neben den verteilten Steuerungen gibt es in der Regel noch eine zentrale Master-PLC, die Managementaufgaben, wie Logistik, Teileverfolgung und zentrale Statistik, übernimmt. Die Modul-

PLCs übernehmen die Aufgabe, ihre speziellen Module zu automatisieren. Meistens verfügen sie über keine Visualisierung und Bedienung. - Visualisierung und Bedienung der gesamten Anlage werden von der Master-PLC übernommen. Da der Umfang der Steuerungsaufgabe in den Modulen, im Vergleich zur Gesamt-Automatisierungsaufgabe, gering ist, kann hier eine relativ leistungsschwache und damit preisgünstige PLC eingesetzt werden. Die Modul-PLCs müssen auf jeden Fall mit der Master-PLC über einen schnellen Bus kommunizieren. In der Regel wird hier ein Ethernet-TCP/IP-basiertes Netzwerk eingesetzt. Entweder erfolgt der Datenaustausch über zyklisch auszutauschende Netzwerkvariablen oder über azyklische Kommunikationsbausteine. Beim Start und Stopp der Anlage müssen die Modul-PLCs mit der Master-PLC synchronisiert werden. Ein Start der Maschine ist erst möglich, wenn alle unterlagerten PLCs ihren Hochlauf abgeschlossen haben. Der Shutdown einer verteilten Steuerungsarchitektur mit verteilten remanenten Daten ist ebenfalls komplizierter.

**Software:** Die auf den Modul-PLCs laufenden SPS-Programme sind meist nicht sehr aufwändig, da die zu programmierende Aufgabe einfach ist. In der Regel reicht eine einzige Zeitebene, sprich eine einzige Task. Ein erhöhter Aufwand ist auf der Seite der Master-PLC notwendig. Hier muss ein erheblicher Aufwand für die Kommunikationsprojektierung und –programmierung getrieben werden. Die Verwaltung und Verteilung der SPS-Programme auf die einzelnen Steuerungen ist nicht zu unterschätzen.

**Feldbus:** So einfach wie die SPS-Programme auf den Modul-PLCs sind natürlich auch die I/Os und Feldbustopologien. Da nur ein kleiner Bereich automatisiert werden muss, sind auch nur relativ wenige I/O-Signale zu erfassen. Meist reicht schon lokales I/O, wenn nötig, muss zusätzlich noch ein konventioneller Feldbus, mit wenig Knoten und geringer räumlicher Ausdehnung, eingesetzt werden. Die Konfiguration der I/Os und die Diagnose des Feldbusses müssen natürlich für jede Modul-PLC einzeln und individuell durchgeführt werden.

**Motion Control:** Die Steuerung mehrerer Achsen durch Modul-PLCs ist, aufgrund ihrer geringen Leistungsfähigkeit, fast immer ausgeschlossen. Müssen also mehrere Achsen bewegt und vielleicht auch synchronisiert werden, so kommt man um den Einsatz von intelligenten und damit auch teuren Achsen kaum herum. Die Positionsregelung erfolgt dezentral auf den Antrieben, ebenso die Synchronisierung.

## **Zentrale Steuerungsarchitektur**

**Hardware:** Anders als bei der verteilten, wird bei der zentralen Architektur ein leistungsfähiger Rechner, oft ein PC, alle Aufgaben wie I/O, PLC und Motion Control übernehmen. Die Rechenleistung muss daher deutlich höher sein. Aber es gibt nur eine CPU - das heißt, auch nur ein Ersatzteil.

**Software:** Die Software ist natürlich umfangreicher. Eine Strukturierung und Modularisierung der Software ist aus Gründen der Wiederverwendbarkeit und Wartung nötig. Hier hilft die IEC 61131 mit objektorientierten Ansätzen. Da es nur ein SPS-Programm gibt, sind Ablage und Archivierung sehr einfach, wie auch das zentrale Hoch- und Runterfahren der SPS problemlos ist.

**Feldbus:** Der zentrale Feldbusmaster ist bei der Konfiguration, Diagnose und Wartung von entscheidendem Vorteil; bei der Ausdehnung und der notwendigen Anzahl von Slaves aber auch kritisch, wenn man konventionelle Feldbusse einsetzen will.

**Motion Control:** Da auch Motion Control im zentralen PC gerechnet werden muss, steigen die Anforderungen an den Feldbus noch einmal. Wenn man auf einem Feldbus für I/O und Motion Control besteht, dann kommen - neben der gestiegenen Anzahl von Knoten - noch die zeitlichen Anforderungen hinzu. Bei einer Lageregelung auf dem PC kann man sich oft nicht mehr als eine minimale Zykluszeit von 3 - 4 ms leisten. Da kommen konventionelle Feldbusse schnell an ihre Grenzen. Motion Control auf einer zentralen CPU bringt aber auch viele Vorteile mit sich. Da die Lageregelung, die Kopplung und die Synchronisierung der Achsen allein durch Softwareanteile im PC gerechnet werden, können die Antriebe selbst ‚dumm‘ sein. Allein die Stromregelung muss noch implementiert werden. Durchsynchronisierte Antriebe reagieren sehr schnell; die lästige Kopplung der Antriebe über spezielle Busse untereinander entfällt. Die Leistungsfähigkeit der PC-CPU und der nahezu unbegrenzt vorhandene Speicher ermöglichen selbst komplizierteste Tabellenkopplungen. Bis zu 100 lageregelte Achsen auf einem Standard-PIII-PC lassen sich locker rechnen. Mit steigender Leistungsfähigkeit der neuen CPUs können hier noch weitere Steigerungen erwartet werden. - Momentan ist der Flaschenhals eindeutig der Feldbus.

Gerade vor diesem Hintergrund hat Beckhoff den neuen Ethernet-basierten Feldbus EtherCAT entwickelt. Hier spielen plötzlich die Anzahl der Teilnehmer oder die Ausdehnung keine Rolle mehr. Zykluszeiten von 100  $\mu$ s für über 100 Achsen sind möglich. Da auch der Preis für EtherCAT-

Komponenten nicht höher liegt als bei Standardfeldbussen, ist man mit EtherCAT in der Lage, auch komplizierte Topologien mit hohen Anforderungen an die Zykluszeit zu realisieren.

### **Fazit**

Die verteilte, dezentrale Steuerungstechnik bietet eine insgesamt sehr strukturierte Architektur. Der Austausch und der Test von einzelnen Modulen ist unkompliziert. Wegen der einfachen Topologie können Standardfeldbusse ohne Probleme eingesetzt werden. Zur Kommunikation der Module untereinander, zum Leitreechner und zum Synchronisieren der PLCs beim Hochlauf und Stopp, muss ein nicht unerheblicher Aufwand getrieben werden.

Für zentrale Steuerungstechnik sprechen zentrale Diagnose, Inbetriebnahme und Wartung. Einfacher Hochlauf und Stopp der Anlage, sowie die einfache Verwaltung des einen SPS-Programms. Wenn der Feldbus performant genug ist, kann ein moderner PC sehr viele Achsen regeln und synchronisieren.

Eine Reihe sehr unterschiedlicher Kriterien ist bei der Auswahl der Architektur zu beachten: Neben einer klaren Systemarchitektur sind Flexibilität und Wiederverwendbarkeit wichtige Entscheidungskriterien. Kosten fallen für die Hardware, aber auch für Verkabelung, Inbetriebnahme und Konfiguration an. Auch Schulungskosten sind ein nicht zu vernachlässigender Posten.

Verteilt oder zentral? - Weiterhin eine Frage der Philosophie, aber mit der Hardware ‚PC‘ und dem Feldbus EtherCAT, mit IEC 61131 und mächtigen Motion-Control-Funktionen lassen sich auch komplizierte Anlagen mit einem zentralen Ansatz realisieren - und zwar mit den Vorteilen einer zentralen Programmerstellung und -verwaltung, zentraler Feldbusdiagnose und zentralem Motion Control.

#### **Literatur- bzw. Quellenhinweise:**

[1]  
[2]

#### **Autorenangaben:**

Dr.-Ing. Josef Papenfort  
Elektro Beckhoff GmbH, Eiserstrasse 5  
33415 Verl  
Tel.: +49 5246 963-277  
Fax: +49 5246 963-299  
E-mail: [j.papenfort@beckhoff.com](mailto:j.papenfort@beckhoff.com)