

# Anwendung des allgemeinen Kontrollsystems CS auf eine flexible Schrittmotorsteuerung an der GSI

Dietrich Beck, Holger Brand, Angela Bräuning-Demian und Harald Hahn  
GSI-Darmstadt, DVEE und AP, Planckstr. 1, D-64291 Darmstadt

## Kurzfassung

Die GSI [1] ist eine Großforschungseinrichtung für Schwerionenforschung. Hier werden mit einem Schwerionenbeschleuniger sowohl Grundlagen der Physik als auch angewandte Fragen benachbarter Gebiete untersucht. Die Kontrollsystemgruppe der Abteilung Datenverarbeitung und Experimentelelektronik (DVEE) unterstützt die Experimentgruppen bei der Planung und Implementierung von Kontrollsystemen.

In den vergangenen drei Jahren wurde an der GSI das allgemeine Kontrollsystem CS (Control System) [2,3] entwickelt, das durch einige wenige experimentspezifische Erweiterungen an nahezu beliebige Experimente angepasst werden kann. Als Beispiel für die Anwendung von CS wird hier eine Schrittmotorsteuerung vorgestellt. Diese ermöglicht ihren Benutzern durch fahrbare Blenden, Leuchtschirme und Detektoren die Durchführung von Experimenten mit dem produzierten Schwerionenstrahl. Da die Experimentieranordnung ständig verändert wird, müssen die Anordnung der zu steuernden Achsen und das dazugehörige Kontrollsystem flexibel sein. Aufgrund der auftretenden Strahlenbelastung kann das Experiment nicht vor Ort, sondern nur durch meterdicke Betonabschirmungen hinweg bedient werden.

## Abstract

GSI is a heavy ion research center. The laboratory performs basic and applied research in physics and related natural science disciplines using a heavy ion accelerator facility. The control system group of the Computing and Experiment Electronics department (DVEE) supports the experimentalists in developing and implementing control systems.

During the past three years, the versatile Control System framework CS [2,3] has been developed at GSI. It can be applied to many different experiments by implementing a few experiment specific add-ons. As an example of an application based on CS, a step motor control system is presented in this paper. This control system provides movable slits, fluorescent screens and detectors that are required for performing experiments with the heavy ion beams produced at GSI. Since the experimental set-up is frequently changed, the step motor control system must be extremely flexible. Due to a high radiation level at the site of the experiment, the set-up must be controlled remotely.

## Einleitung

In den vergangenen drei Jahren wurde an der GSI das allgemeine Kontrollsystem CS [2,3] entwickelt, das durch einige wenige experimentspezifische Erweiterungen an nahezu beliebige Experimente angepasst werden kann. CS basiert auf dem Einsatz objektorientierter Techniken in LabVIEW. Typischerweise wird jeder *Typ* eines Laborgerätes durch eine eigene *Klasse* repräsentiert. Zur Laufzeit wird für *jedes* Gerät eines Typs dynamisch ein *Objekt* instantiiert. Solche Objekte sind aktiv und haben mindestens zwei unabhängige Threads. Ein Thread dient zum Empfangen und Verarbeiten von Events, denn die Objekte können eventgetrieben miteinander kommunizieren. In einem zweiten Thread können periodische Aktionen wie z.B. das Auslesen von Ist-Werten oder Regelschleifen realisiert werden. Optional kann in einem dritten Thread eine Zustandsmaschine implementiert werden. Neben zahlreichen Klassen für Laborgeräte verfügt CS über Klassen für graphische Benutzeroberflächen, Ablaufsteuerungen, Pufferung und Speicherung von Daten, Objektmanagement und Überwachung, etc.. Es können viele Objekte auf ein Netzwerk von mehreren PCs verteilt werden. Dabei können die Objekte auch über Rechnergrenzen hinweg

miteinander kommunizieren. SCADA-Funktionalität wie Alarm-Management und Ereignis-Protokollierung wird durch das Datalogging und Supervisory Control (DSC) Modul bereitgestellt. Zurzeit kann CS für Kontrollsysteme mit bis zu 10.000 Prozessvariablen eingesetzt werden. Eine Skalierbarkeit auf 100.000 und mehr Prozessvariablen scheint mit den Eigenschaften der jetzigen LabVIEW Version 7.0 schwierig [4].

An der GSI-Darmstadt basieren die Kontrollsysteme von SHIPTRAP [5], PHELIX [6] und ein Transport und Diagnosesystem für atomphysikalische Experimente [7] auf CS. Am CERN (Genf/Schweiz) kommt CS bei ISOLTRAP [8] zum Einsatz. Auch das Kontrollsystem von LEBIT [9] an MSU (East Lansing/USA) wird auf CS aufbauen. In diesem Artikel wird der Einsatz von CS an einem Experiment vorgestellt, bei dem Lebensdauern von metastabilen Zuständen in hochgeladenen Schwerionen bestimmt werden [7]. Für dieses Experiment wird eine Schrittmotorsteuerung benötigt. Diese ermöglicht den Benutzern durch fahrbare Blenden, Leuchtschirme und Detektoren Experimente mit dem von den GSI-Beschleunigern produzierten Schwerionenstrahl.

### **Rahmenbedingungen and Anforderungen**

Abbildung 1 zeigt die Experimentanordnung. Aufgrund von Strahlenschutzbestimmungen befindet sich diese in einem so genannten *Cave*, einem nach allen Seiten hin durch dicke Betonelemente umschlossenen Raum. Während der Durchführung eines Experiments darf das Cave nicht betreten werden. Die Benutzer arbeiten von einem entfernt liegenden Kontrollraum aus. Im Cave selbst sollten keine PCs eingesetzt werden, da ein Betreten des Cave bei einem möglichen "Absturz" des PC mit einem Zeitausfall von etwa einer halben Stunde verbunden wäre.



*Abbildung 1: Experimenteller Aufbau im Cave. Die Länge des Aufbaus beträgt ca. 15m, die Höhe ungefähr 2m (rechts). Die Schrittmotorsteuerung befindet sich in einem 19" Rack (hinten links).*

Die Benutzer des Kontrollsystems sind für dessen Wartung und Weiterentwicklung selbst verantwortlich. Das Kontrollsystem sollte daher auf einem allgemeinen Kontrollsystem beruhen, das *eine* einfache Entwicklungsumgebung bietet und von jemand anderem gepflegt wird. So müssen sich die Benutzer nur um die experimentsspezifischen Komponenten kümmern.

Mit einer früheren Schrittmotorsteuerung wurden schlechte Erfahrungen gemacht, da die Komponenten von verschiedenen Herstellern gekauft wurden. Bei auftretenden Problemen war das Finden und Beheben der Fehler sehr zeitaufwendig und schwierig. Alle Komponenten wie Kontrolleinheit, Verstärker, Motor, Bremsen, Inkrementalgeber, Kabel und Stecker sollen daher von einem Hersteller bezogen werden.

Die Experimentanordnung wird im Jahr drei bis viermal verändert. Das betrifft nicht nur die Zahl, sondern auch die Anordnung der Achsen. Das Kontrollsystem muss diesen Änderungen ohne Programmieraufwand folgen können.

### **Lösungsweg und eingesetzte Produkte**

Das Kontrollsystem für die hier vorgestellte Schrittmotorsteuerung basiert auf dem allgemeinen Kontrollsystem CS [2,3], das von der Abteilung DVEE an der GSI gepflegt wird. Der Wartungsaufwand für die Benutzer der Schrittmotorsteuerung ist daher gering.

Als Hersteller für die Schrittmotorsteuerung wurde die Firma IEF-Werner ausgewählt. Zweiphasenmotoren mit 4,5 A pro Phase, 1,2 Nm Drehmoment, Inkrementalgeber und Bremse treiben Durchführungen ins Vakuum an. Die Bremsen liefern das nötige Haltemoment bei Stromausfall. Mit den Inkrementalgebern kann die Bewegung der Achsen auf Schrittverluste hin überprüft werden. Die Motoren sind über bis zu 25 m lange Kabel mit einer Leistungsstufe "LV-Unit" verbunden, die in einem 19" Überrahmen Endstufen für vier Motoren vereint. Als Kontrolleinheit dient das Modul "PA-Control", das sich ebenfalls in einem 19" Überrahmen befindet und an dem bis zu vier LV-Units angeschlossen werden können. Die Kontrolleinheit beinhaltet auch eine eigene Ablaufsteuerung, mit der die Achsen autark betrieben werden könnten. Diese Möglichkeit wird bei dem hier beschriebenen System nicht genutzt.

Die Steuereinheit von IEF-Werner verfügt über eine Profibuschnittstelle. Somit kann die Verbindung zwischen dem Cave und der Außenwelt über Profibus realisiert werden. Als Profibusmaster im Kontrollraum dient eine PCI Karte zusammen mit der TwinCAT I/O Software von Beckhoff. Entscheidend für die Auswahl von Beckhoff waren eine einfach zu bedienende und dennoch mächtige Software, die Möglichkeit zur Benutzung anderer Feldbussysteme mit der gleichen Software und letztendlich gute Erfahrungen mit dem Support. Die Schnittstelle nach außen wird mit dem TwinCAT OPC Server zur Verfügung gestellt. Als Gegenstück an der auf LabVIEW basierenden Kontrollsystemsoftware dient das DSC Modul von National Instruments, das als OPC Client verwendet wird.

### **Klassenhierarchie der Schrittmotorsteuerung**

Abbildung 2 zeigt den Aufbau des Kontrollsystems. Das "GUI Objekt" ist eine Instanz der Klasse "IEF-GUI". Im Gesamtsystem gibt es lediglich diese eine graphische Benutzeroberfläche. "Axis Object 1" bis "Axis Object N" sind beliebig viele Instanzen der Klasse "IEF-Axis". Jedes Objekt ist eindeutig genau einer Achse der Schrittmotorsteuerung zugeordnet. Ein solches Objekt kommuniziert nicht direkt mit der Hardware, sondern indirekt über ein Controller-Objekt "PA-Control Object". Ein solches Objekt ist eine Instanz einer Schrittmotor-Controller Klasse "IEF-Control" und eindeutig genau einem Schrittmotor-Controller zugeordnet, an dem mehrere Achsen angeschlossen sein können. In der Abbildung ist nur ein "PA-Control Object" gezeigt. Dieses Objekt kommuniziert mit dem Schrittmotor-Controller über entsprechende Tags des DSC Moduls von National Instruments. Es kann durchaus mehrere Schrittmotor-Controller und damit auch mehrere Controller-Objekte geben.

Die Gerätetypen der Schrittmotor-Controller können verschieden sein, da die Eigenschaften des Typs in der entsprechenden Klasse gekapselt sind.

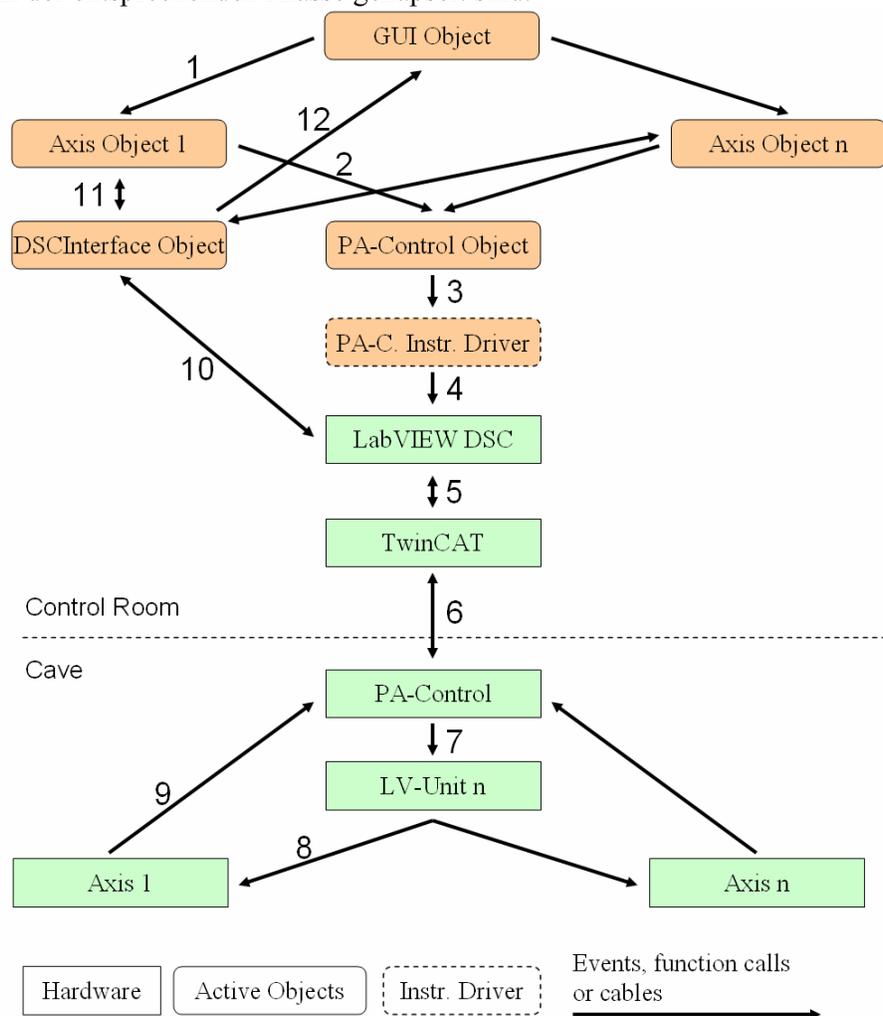


Abbildung 2: Übersicht über die Komponenten des Kontrollsystems. Hardware ist in Kästchen mit scharfen Ecken dargestellt. Rechtecke mit runden Ecken bezeichnen aktive Objekte. Der Gerätetreiber ist durch ein Rechteck mit gestricheltem Rand markiert. Ereignisse, Funktionsaufrufe und Kabel sind durch nummerierte Pfeile angedeutet (siehe Text). Die waagerechte unterbrochene Linie in der Mitte veranschaulicht die räumliche Trennung zwischen dem Cave und dem Kontrollraum.

Der Benutzer braucht nicht zu wissen, von welchem Typ der Motor oder der Controller sind. Dank einheitlicher Schnittstellen und Objektorientierung werden vom GUI nur Objekte wie z.B. "Axis Object 1" angesprochen. Die Namen der vom GUI verwendeten Achsen-Objekte sind in einer Datenbank hinterlegt und werden dem GUI bei der Instantiierung übergeben. Ebenso ist die Zuordnung von einem Achsen-Objekt zu seinem Controller-Objekt in der Datenbank hinterlegt und wird dem Achsen-Objekt bei dessen Instantiierung übergeben. Letztlich sind in der Datenbank für jedes Controller-Objekt Eigenschaften wie z.B. die Namen der DSC Tags des Schrittmotor-Controllers abgelegt.

### Funktionsweise der Schrittmotorsteuerung

Der Benutzer löst über das "GUI Object" eine Aktion wie z.B. das Fahren der ersten Achse aus. Das "GUI Object" schickt dann über eine Message Queue ein gepuffertes Event an das "Axis Object 1", siehe den mit "1" markierten Pfeil in Abbildung 2. Nach einer Überprüfung

der Parameter sendet "Axis Object 1" ein Event an "PA-Control Object" (2). Dieses ruft das entsprechende VI des Instrumententreibers auf (3). Der Instrumententreiber setzt die entsprechenden Tags des DSC Moduls (4). Das DSC Modul ist ein OPC Client und die geänderten Tagwerte werden über OPC an den OPC Server des TwinCAT-Systems übertragen (5). Das TwinCAT-System dient zusammen mit der PCI Profibuskarte als Profibusmaster und übernimmt die geänderten Tagwerte in den zyklischen Datentransfer des Profibusses (6). Die Schrittmotor Kontrolleinheit setzt die neuen Tagwerte um und erzeugt die entsprechenden elektrischen Signale, die an die Endstufe "LV-Unit" geleitet werden (7). Diese erzeugt die für die Schrittmotoren benötigten Pulse (8). Die an den Schrittmotoren erzeugten elektrischen Signale der Endschanter und des Inkrementalgebers werden an die Kontrolleinheit geleitet (9). Diese setzt die Signale in neue Tagwerte für Status und Ist-Position um. Die Tagwerte werden über den Profibus, die TwinCAT Software und OPC wieder als neue Tagwerte ins DSC Modul geschrieben (6,5). Das "DSCInterface Object" lauscht auf geänderte Tagwerte (10). Ändert sich z.B. die Ist-Position ersten Achse, so wird das "DSCInterface Object" den neuen Ist-Wert über eine Event an "Axis Object 1" senden (11). Dieses rechnet den nur maschinenlesbaren Ist-Wert in einen verständlichen Positionswert z.B. nach Millimeter um. Der so erhaltene Wert muss sowohl im "GUI Object" als auch in der Echtzeitdatenbank des DSC Moduls konsistent aktualisiert werden. Daher schreibt "Axis Object 1" den umgerechneten Ist-Wert über das "DSCInterface Object" zunächst in ein eigenes Tag des DSC Moduls (11,10). Erst wenn dieser Wert aktualisiert ist, sendet das "DSCInterface Object" diesen über ein Event an das "GUI Object", wo die aktualisierte Position der Achse angezeigt wird (12).

### **Zusammenfassung**

Für die Schrittmotorsteuerung wurden im Rahmen des allgemeinen LabVIEW basierten Kontrollsystems CS drei neue Klassen erstellt. Diese benutzen die bereits vorhandene Ressourcen wie z.B. das "DSCInterface Objekt" oder die Schnittstelle zu einer Konfigurationsdatenbank. Die komplette Hardware der Schrittmotorsteuerung wurde von der Firma IEF-Werner gekauft. Für den Profibusmaster werden Produkte von Beckhoff eingesetzt. Als Schnittstelle zwischen dem CS Kontrollsystem und dem OPC Server von Beckhoff dient das DSC Modul von National Instruments.

Die hier vorgestellt Schrittmotorsteuerung ist seit Frühjahr 2003 im Einsatz und erfüllt die an sie gestellten Anforderungen. Die hohen Erwartungen an die eingesetzte Hard- und Softwarekomponenten haben sich erfüllt. Bisher wird nur ein Schrittmotor-Controller mit bis zu 16 Achsen eingesetzt. Dank Objektorientierung ist die Art und Anzahl der verwendeten Achsen nicht in die Applikation einprogrammiert, sondern kann vom Benutzer zur Laufzeit frei konfiguriert werden.

### **Literatur**

- 
- [1] GSI-Darmstadt, Planckstr. 1, D-64291 Darmstadt, <http://www.gsi.de/>.
  - [2] D. Beck und H. Brand, Kongress "Virtuelle Instrumente in der Praxis 2003", Begleitband zur VIP2003, Herausgeber R. Jamal und H. Jaschinski, Hüthig Verlag (2003) 30-34.
  - [3] <http://labview.gsi.de/CS/cs.htm>.
  - [4] D. Beck et al., Begleitband "The IX International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems", ICALEPCS 2003, Gyeongju, Korea.
  - [5] J. Dilling et al., Hyperfine Interactions 127 (2000) 491-496.
  - [6] E.W. Gaul et al., GSI Scientific Report 2002 (2003) 101-103.
  - [7] S. Toleikis et al., GSI Scientific Report 2002 (2003) 86-87.
  - [8] G. Bollen et al., Nucl. Instr. Meth. A368 (1996) 675-697.
  - [9] S. Schwarz et al., Nucl. Instr. Meth. B204 (2003) 507-511.