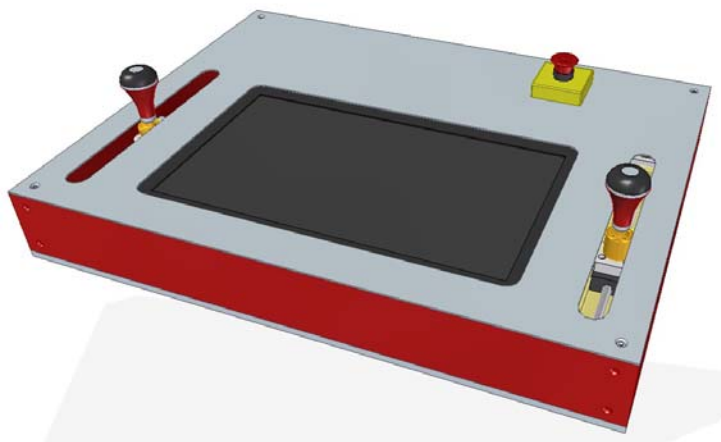


# DER KYBERNETISCHE MOTION TRAINER - EINE PRAKTISCHE LERNUMGEBUNG FÜR DIE REGELUNGSTECHNIK-AUSBILDUNG

PROF. DR.-ING. MICHAEL POHL, SIMON VON EICHSTEDT B.ENG., HOCHSCHULE BOCHUM

Der *Kybernetische Motion Trainer* ist ein Lehrmittel für die Ausbildung von Studenten der Ingenieurwissenschaften in Kursen wie Systemdynamik und Regelungstechnik.

Eines der wichtigsten Themen in Systemdynamik ist das Verständnis für das Übertragungsverhalten linearer Single-Input-Single-Output-Systeme. Wenn eine Systemvariable geregelt werden muss, z. B. eine Temperatur, dann muss man wissen, in welcher Weise die Temperatur auf die Ansteuerung der Heizleistung reagiert. Gewöhnlich wird dies in der Zeitdomäne mit Differentialgleichungen oder in der Frequenzdomäne mit Übertragungsfunktionen beschrieben. Jedoch ist es meist hilfreich für das Verständnis dieser abstrakten Materie, eine vereinfachte Beschreibung durch die Verwendung der Sprungantwort zu nutzen.



Doch oft haben die Studierenden Verständnisschwierigkeiten aufgrund der Abstraktion und eines Mangels an Vorstellungsvermögen im Alltag. Oft sind auch mangelnde Kenntnisse in fundamentalen physikalischen Prinzipien der Grund. Nach 20 Jahren Lehrtätigkeit in der Regelungstechnik

entstand so die Idee für ein Lehrmittel basierend auf Haptik und Visualisierung für lineare und nichtlineare Single-Input-Single-Output-Übertragungsverhalten.

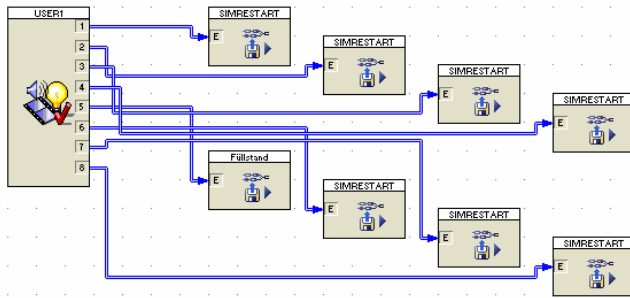
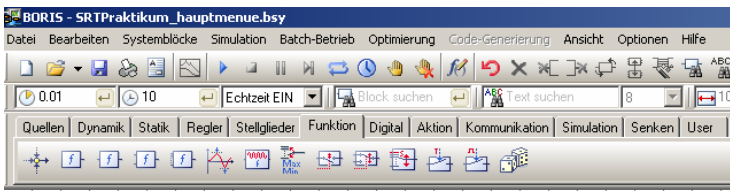
Und das ist die Idee:

Zwei lineare elektrische Bewegungsachsen sind in Kontakt mit der linken und der rechten Hand des Studenten. Parallel zur Bewegung der Hände visualisiert ein zentraler Touchscreen das Verhalten eines bekannten Alltags-Beispiels. Zum Beispiel kann man die Federung eines Autos fühlen, die sich wie eine PT<sub>2</sub>-Übertragungsfunktion von der Bordsteinkante an der linken Hand zur Chassis-Schwingung an der rechten Hand verhält.

Der linke dieser Haltegriffe ist in der Lage, Kräfte zu erkennen und die Achse in Form einer Servo-Achse zu bewegen. Es ist daher möglich, den Handgriff entlang der Linearachsen ohne eine Kraft zu bewegen. Im Prozessorsystem werden die Bewegungen mit wählbaren Grundübertragungsverhalten auf dem zweiten Handgriff projiziert.



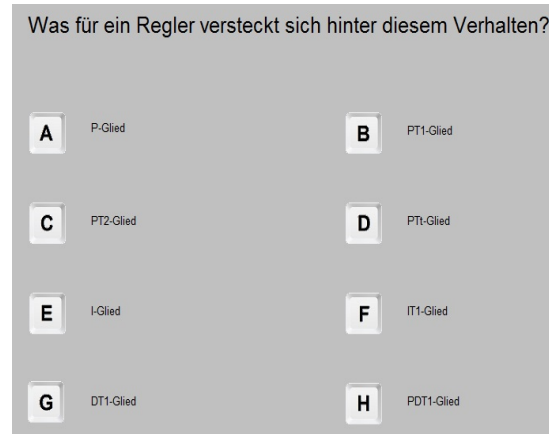
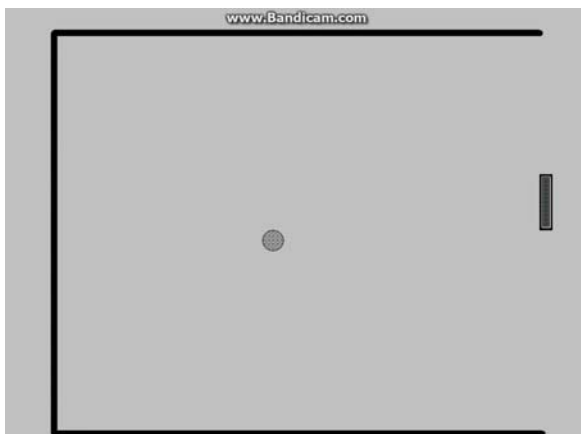
Die Programmierung der Signalstrukturen für die Echtzeitsteuerung der beiden Achsen und der Benutzerschnittstelle ist mit WinFACT 8 (Ingenieurbüro Dr. Kahlert) erfolgt. Der Flexible Animation Builder (FAB) von WinFACT 8 ermöglicht die komfortable Gestaltung von einfachen bis hin zu komplexen Prozess-Visualisierungen, Animationen und Benutzerschnittstellen für BORIS.



Die komplette Software ist mit WinFACT 8 / BORIS-Strukturen und FAB-Blöcken für die Menü-Techniken geschrieben. Echtzeitregelkreise und DAQ-Blöcke wurden für die Motorregelkreise verwendet. Das Startprogramm in BORIS besteht aus einem FAB-Block und mehreren entsprechenden Untermenü-Aufrufen. Wenn eine Benutzer-Taste gedrückt wird, stoppt der Untermenü-Aufrufblock den aktuellen Task und beginnt einen neuen Task mit dem entsprechenden Untermenü-Programm, z. B. "Submenu.bsy".

Das gesamte Projekt ist in verschiedene Teile segmentiert. Zum Beispiel wurde das Hauptmenü und die Anfangsposition in zwei unabhängige Unterprogramme unterteilt. Dies bewirkt, dass eine klare Struktur für das gesamte Projekt vorliegt.

Der Wechsel zwischen verschiedenen Aufgaben, während die Achsen lagegeregelt werden, macht es notwendig, Zustandsvariablen auszutauschen. Spielerisches Lernen ermöglicht das Spiel „Pong“ mit einer aus den Übertragungsverhaltensweisen zufällig ausgewählten Torwardynamik:

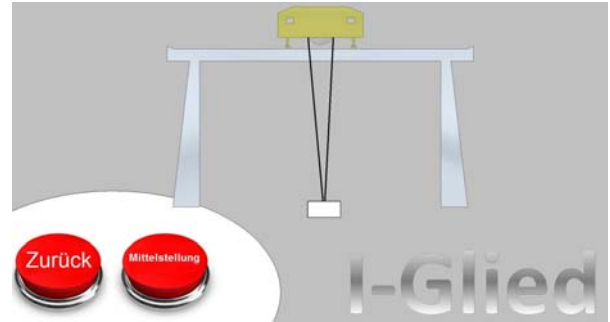


Ein kleiner Ball bewegt sich in einem U-förmigen Raum. An der offenen Seite des Raumes muss der Torwart den Ball abfangen. Dieser wird gesteuert mit der linken Hand an der kraftgeregelten Linearachse. Der Bediener muss nun erst die dynamische Verhaltensweise des Torwarts herausfinden, bevor er eine Chance hat, den Ball abzuwehren.

Wenn der zufällig gewählte Modus richtig erkannt wird und die richtige Taste gedrückt ist, bricht das Spiel ab und es erscheint eine kurze Erklärung, die die wichtigsten Eigenschaften angezeigt. Im Falle einer falschen Antwort wird ein Unterprogramm aufgerufen, welches die falsche Verhaltensweise ausführlich anhand eines Alltagsbeispiels erklärt. Es ist offensichtlich, dass die Lerninhalte auf spielerische Weise vermittelt werden können.

Alle linearen Differentialgleichungen 1. und 2. Ordnung (PT1-, PT2-, I- und IT1 sowie DT1 und PDT1) und Totzeitglied stehen zur Verfügung im Zusammenhang mit einzelnen Beispielen. Dies ist auch für Nichtlinearitäten wie Sättigung, Hysterese und Reibung geplant.

Die Regelkreise für die beiden Achsen müssen gleichzeitig mit den Animationen und der Menülogik ausgeführt werden. Dies erfordert ein leistungsfähiges PC-System mit einer schnellen Grafikkarte. Jedoch ist eine Abtastzeit von 5 msec im Entwicklungssystem möglich. Dies beruht auch auf der Tatsache, dass Grafizyklen im FAB-Fenster auf einen Bruchteil der Abtastfrequenz eingestellt werden.



Die Lageregelung der rechten Achse wird zur Vereinfachung hier für ein P-Verhalten beschrieben: Das gemessene Motorwinkelsignal links gibt den Sollwert für den PID-Regelkreis rechts. Der Stellwert wird auf den Analogausgang und auf die Motorsteuerung geführt. Das gemessene rechte Motor-Winkelsignal liefert den Prozesswert und wird rückgekoppelt. Die Positionsregelung über die linke Achse durch Messung der Kraft ist streng genommen eine interne Regelstruktur.

Das gemessene Kraftsignal wird durch eine Kennlinie manipuliert und ergibt direkt die Regelabweichung des PID-Reglers, wird zu dem Analogausgang und weiter zur linken Motorsteuerung geführt. Dies verhält sich wie ein Servo-Mechanismus, der die Handkraft minimiert.

