

# Regelungssystementwicklung mit einer virtuellen Testumgebung auf Basis der Simulationsumgebung ColSim

*Dr.-Ing. Christof Wittwer  
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE  
Universität Karlsruhe FBTA  
Oltmannsstr. 5, 79100 Freiburg  
christof.wittwer@ise.fhg.de*

## Zusammenfassung

Die Systemregelung von Solar-, Heizungs- und Lüftungsanlagen gewinnt durch die Reduktion des Heizwärmebedarfs moderner Niedrigenergie- und Passivhäuser zunehmend an Bedeutung. Die Systeme werden einerseits durch die Kombination verschiedener Wärmeerzeuger deutlich komplexer, andererseits ist eine optimierte Gesamtregelung Bedingung für einen minimalen Energieeinsatz. Im Bereich der Planung von Solaranlagen ist die Simulation ein bewährtes Hilfsmittel zur Dimensionierung geworden. Da liegt es nahe, auch zum Regelungsentwurf geeignete Simulationswerkzeuge heranzuziehen, die einen optimierten Jahresbetrieb einer Anlage herbeiführen. Der Entwicklungsaufwand für einen derartigen Regelungsentwurf wird reduziert, wenn ein direkter Export der Regelungsalgorithmen aus der Simulation auf die Zielhardware erfolgen kann. Die virtuelle Testumgebung für Regelungssysteme, die in diesem Beitrag vorgestellt wird, umfasst neben der Möglichkeit der Integration von Simulationsregelungsalgorithmen eine Emulationssoftware zur Abbildung der Peripherieeinheiten eines frei programmierbaren RESOL Reglers. Mit der virtuellen Testumgebung steht somit ein Entwicklungswerkzeug zur Verfügung, das den vollständigen Entwurf eines Regelungssystems ausserhalb der Zielhardware gestattet.

Die Simulationsumgebung ColSim wurde als modulares Simulationswerkzeug in Anlehnung an das weit verbreitete Solarsimulationsprogramm TRNSYS entwickelt, wobei eine hohe Zeitauflösung die numerische Berechnung von dynamischen Regelungsprozessen gestattet. Durch die Modularität kann eine Einbindung von Regelungsalgorithmen im ANSI-C Code erfolgen, der heute meist zur Programmierung von MikroController Regelungen Verwendung findet. Damit erschliesst sich die Möglichkeit, den Regelungsentwurf anhand eines simulierten Gesamtsystems vorzunehmen, um eine Bewertung und den Test der Betriebsführung auch über ein ganzes Betriebsjahr durchführen zu können.

In einem Kooperationsprojekt des Fraunhofer Instituts für solare Energiesysteme und der Fa. RESOL GmbH, die elektronische Regelungen für Solarsysteme herstellt, wurde auf Basis des PC-basierten frei programmierbaren RESOL-Reglers RS8000 eine "virtuelle Testumgebung" für komplexe Systemregelungen geschaffen, die einen simulationsbasierten Entwurf zulässt. Dabei werden einzelne Regelungsmodule aus der Simulationsumgebung

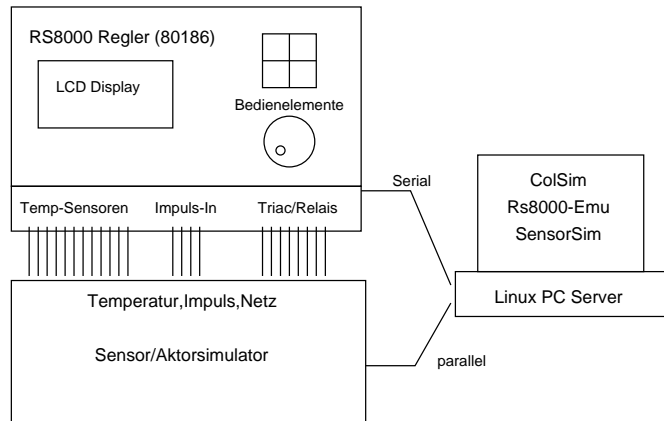


Abbildung 1: Reglungsentwurf mittels virtueller Testumgebung: ColSim wird zur Anlagensimulation benutzt, um die Regelungsmodule zu entwickeln. Ein RS8000-Emulator ermöglicht die Programmierung des Displays und der Bedienelemente. Ein Sensor- und Aktorsimulator dient zum Test der Regelungssoftware auf dem Zielsystem.

ColSim in die Regelungssoftware eingebunden und mittels RS8000-Emulationssoftware eine Programmierung der Display- und Bedienelemente vorgenommen.

## Emulation des RS8000

Der RS8000 gehört zur Rubrik der PC-basierten Regelungen und wurde speziell für den Einsatz im solaren Heizungsbereich von Fa. RESOL GmbH entwickelt. Ähnlich geartete Regelungen arbeiten meist auf Basis des Betriebssystems MS-DOS, das zum Zugriff auf die Rechnerperipherie verwendet wird. Da sich die Reglersperipherie auf Sensoren, Aktoren, Display, Bedienelemente und einige Statusanzeigen beschränkt, wurde ein BIOS (Basic Input and Output System) entwickelt, das die Treiberfunktionen für diese Komponenten enthält. Das Anwenderprogramm stellt in diesem Falle ein Regelungsprozess dar, der als C-Programm eingebunden wird und Systemfunktionen mittels Softwareinterrupts aktivieren kann. Während die BIOS Funktionen wegen der Laufzeitoptimierung in Assemblercode implementiert wurden, können Benutzerprogramme in C eingebunden werden. Die Entwicklungsumgebung stellt hierbei ein Borland-C Compiler dar, für den zahlreiche Applikationen verfügbar sind.

Da für die Programmierung der Regelung mittelfristig eine offene Entwicklungsumgebung bereit gestellt werden soll, wird die Nutzung von Public Domain Compilern angestrebt. Mit dem freien PC-Betriebssystem Linux steht nun ein UNIX-Derivat mit vollständigen Entwicklungswerkzeugen zur Verfügung, das auch im kommerziellen Bereich momentan enorm an Bedeutung gewinnt. Da liegt es nahe, eine Entwicklungsumgebung zum Entwurf von Regelungssystemen auf dieser Plattform zu realisieren.

Die RS8000 Emulation ermöglicht die Entwicklung und den Test einer RS8000-Applikation mittels Linux PC, ohne die andernfalls erforderlichen zahlreichen Download-Aktionen auf die Zielhardware. Die RS8000-BIOS Funktionen wurden zu diesem Zweck auf Linux X-

Windows portiert, um beispielsweise eine Ausgabe einer graphischen Linie, die auf dem LCD-Display des RS8000 dargestellt werden soll, in einem Fenster des Entwicklungs-PCs dargestellt wird. Die Bedienelemente werden entsprechend mit Hilfe der Tastatur des PCs abgebildet und erlauben somit die Interaktion mit der Regelungsapplikation.



Abbildung 2: Screenshot der Emulationssoftware für den PC-basierten Regler RS8000

Aus Abb. 2 wird ersichtlich, dass hier am Beispiel einer Applikation einer Wärmemengen-erfassung die Zählerstände der Energiemengen selektiert und mittels “OK”-Knopf zurück-gesetzt werden können. Dies geschieht auf Emulationsebene im X11-Fenster und beein-flusst die tatsächlichen Werte des Reglers nicht.

Auch der Zugriff auf die Sensoren und Aktoren der Regelung wird beim Konzept des RS8000 mittels BIOS realisiert: So wird ein Zugriff auf einen Temperatursensor zuvor im BIOS parametrisiert, um den Sensortyp (KTY, PT1000) zu spezifizieren. Die Emula-tionssoftware verfügt stattdessen über eine Schnittstelle zum Simulationsprogramm Col-Sim. Dazu werden simulierte Temperaturen in einem prozessübergreifenden Speicher (Shared Memory) abgelegt, um eine Kopplung zwischen Emulation und Simulation her-beizuführen.

Abbildung 3 stellt die Verknüpfung des Emulations- und des Simulationsprozesses dar. Die Regelungsapplikation kann durch die Emulationssoftware mit einer simulierten vir-tuellen Systemumgebung getestet werden, um somit beispielsweise Displayausgaben zu analysieren. An den Test der Regelungsapplikation schließt sich ein Downloadvorgang auf die Zielhardware an, bei dem der Regelung der getestete Algorithmus aufgeprägt wird.

## Download

Der RS8000 Regler verfügt über eine Busschnittstelle, die eine Kommunikation mit erwei-terten IO-Modulen gestattet und darüber hinaus über eine serielle Schnittstelle zur Kommunikation mit dem PC. Das BIOS umfasst die Zugriffsroutinen einer seriellen Kom-munikation mit dem PC, wobei ein Zugriff auf den gesamten Speicher des RS8000 erfolgen kann. Auch die Programmierung des internen Flash Speichers (Applikation und BIOS)

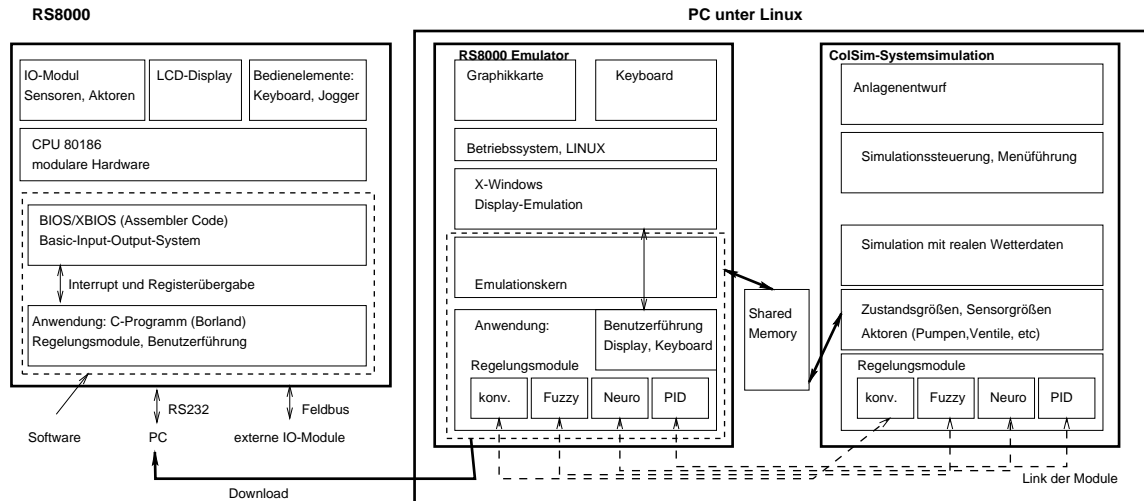


Abbildung 3: Blockdiagramm des RS8000 Reglers und der Verknüpfung von Emulations- und Simulationsprozess

erfolgt über einen RS8000-spezifischen Befehlssatz, der bisweilen von einer Downloadsoftware für MS-Windows Systeme genutzt wird. Im Rahmen der Entwicklung des Emulators wurde die Portierung der Downloadsoftware in ANSI-C Code auf Linux notwendig, um ein schnelles Update des Reglers erfolgen kann. Im Serverbetrieb eines vernetzten Linuxrechners entsteht somit die Möglichkeit aus einer Bibliothek von Regelungsapplikationen eine Programmierung kaskadierter RS8000 Regelungen via Internet vorzunehmen. Dies ist im Hinblick auf die Bereitstellung kundenspezifischer Systeme von grosser Bedeutung.

## Sensorsimulation

Befindet sich die Regelungsapplikation bereits auf der Regelungshardware, so kann ein Test des Regelungssystems in einer virtuellen Anlagenumgebung in Echtzeit erfolgen. Dies erfordert eine Hardware zur Sensorsimulation, die beispielsweise durch einen digital ansteuerbaren Widerstand realisiert werden kann. Im Rahmen des FuE Projektes FhG-ISE/RESOL wurde eine entsprechende Hardware entwickelt, die am Parallelport des PCs betrieben werden kann und eine Vorgabe von bis zu 8 Temperaturen (PT1000 und KTY) ermöglicht. Sie erlaubt ferner die Generierung von Impulsen, um Volumensmessgeräte abbilden zu können. Die Erfassung von Netzsignalen wird mit Hilfe einer Optokopplerschaltung realisiert, um Stellwertesignale der Regelung abzutasten. Mittels eines Softwaretreibers für die Sensor-/ Aktorhardware kann somit eine beliebige Regelung mit einer CoSim-Systemsimulation verknüpft werden. Dies erweitert die Einsatzfähigkeit der virtuellen Testumgebung auf alle gängigen Regelungssysteme.

## **Zusammenfassung und Ausblick**

Die zunehmende Komplexität der thermischen Systeme im Heizungs- und Lüftungsbereich erfordert neuartige Entwurfsmethoden für Systemregelungen. Die virtuelle Testumgebung von Regelungssystemen realisiert ein derartiges Entwurfswerkzeug durch die Anbindung an die Simulationsumgebung ColSim. Viele Fragen, die sich im Bezug auf Effizienz von Regelungsstrategien stellen, lassen sich mit Hilfe von Jahressimulationen beantworten. Dabei entsteht der Vorteil, dass Anlagenplanung und Regelungsentwicklung kombiniert werden kann, weil in Simulation und realer Regelung identische Algorithmen (ANSI-C) Verwendung finden.

Die Zukunft bringt sicherlich die vernetzten Regelungsmodule mit sich, die via Internet auch zur Außenwelt Kontakt haben werden. Dadurch wird die Einbindung externer Informationen (z.B. Wetterprognosen etc.) sowie der Zugriff auf Sensoren von anderen Teilsystemen möglich. Dies erhöht den Entwicklungsaufwand von Regelungssystemen und erfordert leistungsfähige Entwicklungswerkzeuge wie beispielsweise das hier vorgestellte System.

In den weiteren Arbeiten sollen deshalb modellbasierte, vernetzungsfähige Regelungssysteme erforscht werden, die mittels kostengünstiger und leistungsfähiger Hardware realisiert werden können.

## **Literatur**

- [Witt99] Wittwer C.: Tagungsband 9. Symp. Thermische Solarenergie OTTI; Virtuelle Testumgebung für Regelungssysteme auf Basis der Simulationsumgebung ColSim, S.385 ff.