

# Echtzeitsysteme und Eingebettete Systeme

Unser Forschungsinteresse ist der systematische Entwurf und die Analyse von Computern, welche nicht in erster Linie als Computer wahrgenommen werden. Dies ist eine Definition für *eingebettete Systeme* - welche uns auf vielfältigste Art und Weise begegnen, von miniaturisierten Hörgeräten über MR-Tomographen, Handys, Airbag-Controller, ABS-Bremsen bis zu Fly-by-Wire Flugzeugen. Solche Systeme müssen typischerweise nicht nur die richtigen Ausgaben an die Umwelt liefern, sondern dies auch rechtzeitig tun - es handelt sich hierbei also um *Echtzeitsysteme* .

Auch wenn die Anzahl eingebetteter Echtzeitsysteme inzwischen deutlich die der „klassischen“ Computer übersteigt, ist dies aus Sicht der Informatik ein noch relativ junges Themengebiet. In der Vergangenheit wurden solche Systeme weitgehend von Anwendungsexperten ohne ausgeprägte Informatikgrundlagen entwickelt, welches sich aber aufgrund der ansteigenden Komplexität der zu entwickelnden Systeme als immer weniger praktikabel erweist. An der Christian-Albrechts-Universität wurde der Lehrstuhl für Echtzeitsysteme und Eingebettete Systeme 2001 erstmalig besetzt.

## Ergebnisse

Laufende Forschungsarbeiten konzentrieren sich auf die modellbasierte Entwicklung eingebetteter Echtzeitsysteme. Ein Schwerpunkt dabei ist die Codesynthese, in welcher aus einem funktionalem Modell des System-under-Development (SUD) sowie möglicherweise auch seiner Umgebung automatisch Code für das SUD erzeugt werden soll. Eine für die modellbasierte Entwicklung von Echtzeitsystemen besonders geeignete Basis sind synchrone Sprachen, wie zum Beispiel Esterel, welche eine gesonderte Betrachtung des reaktiven Verhaltens und des zeitlichen Verhaltens erlauben. Eine Problematik, welche am Lehrstuhl untersucht wird, ist die Synthese von Code für synchrone Programme, in welchen zyklische Abhängigkeiten bestehen. Hierfür wurde ein Ansatz entwickelt, um solche zyklischen Programme in semantisch äquivalente, azyklische Programme zu übersetzen. Ein weiterer Schwerpunkt ist der Entwurf zeitgesteuerter, verteilter Architekturen, basierend auf dem synchronen Paradigma; dies wird am Lehrstuhl auch in Zusammenarbeit mit EADS Airbus und im Rahmen des in 2004 begonnen Projektes DECOS (Dependable Embedded Components and Systems) des sechsten EU-Rahmenprogramms untersucht.

Ein weiterer Forschungsschwerpunkt, welcher auf die Unterstützung des modellbasierten Entwurfs an sich abzielt, ist die Entwicklung intelligenter Modelleditoren, welche vorgegebene Entwurfsrichtlinien automatisch überprüfen und beim graphischen Layout unterstützen. Im Gegensatz zu den typischerweise textuellen Programmiersprachen sind Modellierungssprachen häufig graphisch; graphische Systemmodelle sind erfahrungsgemäß schnell zu erfassen, aber mit den gängigen Editoren mühsam zu erstellen. Insbesondere wenn Modelle komplexer werden oder bestehende Modelle modifiziert werden sollen, ist der Entwickler zunehmend mit reiner Eingabe- und Layout-Tätigkeit beschäftigt, soll der Vorteil der Lesbarkeit nicht gänzlich verloren gehen. Die Definition von gut lesbaren „graphischen Normalformen“ für Systemmodelle und deren automatisierte Umsetzung für gegebene Modelle verspricht hier für die Entwicklung realer, komplexer Systeme einen erheblichen Gewinn an Entwicklungszeit und Qualität. Am Lehrstuhl werden hierfür entsprechende Verfahren entwickelt, und mit Hilfe des Simulationswerkzeuges KIEL (Kiel Integrated Environment for Layout) validiert, welches durch Layoutautomatisierung und weitere Anpassungsmöglichkeiten den modellbasierten Entwurf komplexer Systeme unterstützt.

## Personal

Leiter: Prof. Dr. R. von Hanxleden; Sekretariat: R. G. Rosenfeld (50%)

Technisches Personal: Dipl.-Phys. I. Cembrowski (50%)

Wissenschaftliche Mitarbeiter:

Dipl.-Inf. J. Lukoschus

01.01.-31.12.2004

CAU

Modellierung Reaktiver Systeme



Abb. 1: S. Höhrmann demonstriert Prof. Röck eine auf Lego-Mindstorms basierende Roboterpositionierung (Techniktage, Sophienhof)

|   |                   |     |
|---|-------------------|-----|
| Dipl.-Inf. S. Prochnow<br>Graphische Systemmodellierung               | 01.01.-31.12.2004 | CAU |
| Dipl.-Phys. A. Stengel<br>Organisation und Architekturen von Rechnern | 01.01.-31.12.2004 | CAU |

## Vorlesungen, Seminare und Praktika

### Winter 2003/2004

Echtzeitsysteme I, 4 (+ 2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,  
R. von Hanxleden (+ R. von Hanxleden)

Modellbahnpraktikum, 4 Std. Praktikum/Woche,  
J. Lukoschus (+ S. Prochnow)

Modellbasierter Systementwurf, 2 Std. Seminar/Woche,  
R. von Hanxleden (+ J. Lukoschus)

Oberseminar, 2 Std. Seminar/Woche,  
R. von Hanxleden

Vorkurs Informatik, 2 Std. Vorkurs/Woche,  
R. von Hanxleden (+ A. Stengel)

### Sommer 2004

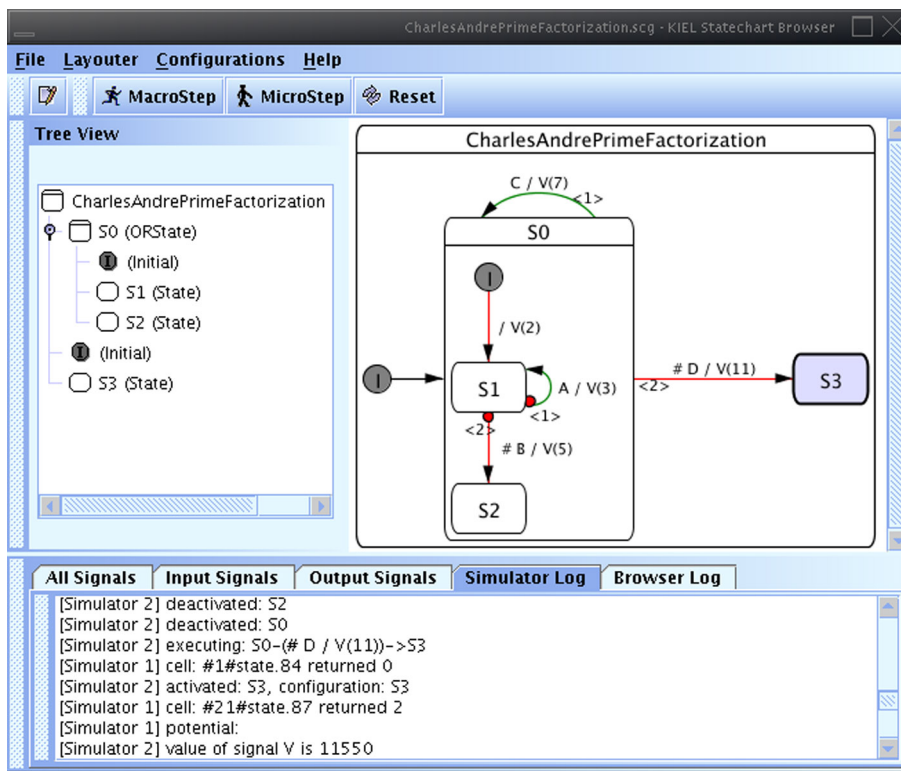


Abb. 2: Mit KIEL generiertes Statechart-Diagramm in der Simulation.

Organisation und Architektur von Rechnern, 3 (+ 2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,  
R. von Hanxleden (+ J. Lukoschus, A. Stengel)

Echtzeitsysteme II / Modellierung Reaktiver Systeme, 4 (+ 2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,  
R. von Hanxleden (+ J. Lukoschus, J. Lukoschus)

Codeanalyse und Optimierung für Echtzeitsysteme, 2 Std. Seminar/Woche,  
R. von Hanxleden (+ J. Lukoschus, A. Stengel)

Oberseminar, 2 Std. Seminar/Woche,  
R. von Hanxleden

*Winter 2004/2005*

Entwurf eingebetteter Echtzeitsysteme, 4 (+ 2) Std. Vorlesung (+ Übungen)/Woche,  
R. von Hanxleden (+ St. Prochnow)

Codesynthese aus Esterel, 4 Std. Praktikum/Woche,  
J. Lukoschus (+ S. Prochnow)

Seminar - Synchrone Sprachen, 2 Std. Seminar/Woche,  
R. von Hanxleden (+ J. Lukoschus)

Oberseminar Echtzeitsysteme und Eingebettete Systeme, 2 Std. Oberseminar/Woche,  
R. von Hanxleden (+ A. Stengel)

Vorkurs Informatik, 33 Std. Vorkurs/Woche,  
St. Prochnow



Abb. 3: Exkursion zur EADS Bremen

**▶ Drittmittel**

EU, *Integrated Project Dependable Embedded Components and Systems (DECOS)*, 01.07.2004-30.06.2007 (127500 EUR)

**▶ Weitere Zusammenarbeiten, Technologie Transfers und Konsultationen**

Zusammenarbeit mit EADS Airbus, Hamburg, zum modellbasierten Entwurf verteilter, zeitgesteuerter Echtzeitsysteme.

Zusammenarbeit mit der Charité Berlin, Campus Virchow Klinikum, Institut für Radiologie (Prof. Felix/Dr. Venz), zum Thema modellbasierte Magnetresonanz-Tomographie.

Konsultationen mit der Philips Medical Systems GmbH, Hamburg.

**▶ Diplom- und Master-Arbeiten**

Thomas Pyrlík, *Entwurf und Realisation eines OPC-Clients zur Steuerung redundanter PROFIBUS OPC-Server mit Fehlerüberwachung der PROFIBUS Peripherie*, 28.12.2004

**▶ Veröffentlichungen**

erschienen im Jahre 2004

J. Lukoschus, R. von Hanxleden, S. A. Edwards, *Efficient Compilation of Cyclic Synchronous Programs*, Technischer Bericht des Instituts für Informatik und Praktische Mathematik, **0402**, (2004)

S. Prochnow, R. von Hanxleden, *Visualisierung komplexer reaktiver Systeme - Annotierte Bibliographie*, Technischer Bericht des Instituts für Informatik und Praktische Mathematik, **0406**, (2004)

## Präsentationen

X. Li, R. von Hanxleden, *The Kiel Esterel Processor - A Semi-Custom, Configurable Reactive Processor*, Synchron 2004, Schloß Dagstuhl, 28.11.-03.12.2004

J. Lukoschus, R. von Hanxleden, *Removing Cycles in Esterel Programs*, Synchron 2004, Schloß Dagstuhl, 28.11.-03.12.2004

## Andere Aktivitäten und Ereignisse

Exkursion zur ELAC Nautic in Kiel (11.2.2004).

Beteiligung mit drei Exponaten (Modellbahn, Roboterpositionierung, modellbasierter Entwurf) am Girls'Day 2004 (22.4.2004).

Exkursion zu EADS Bremen (5.7.2004).

*R. von Hanxleden:*

Organisator bei *Synchronous Programming - SYNCHRON'04* (28.11. - 3.12.2004, Schloß Dagstuhl).

Organisation (zusammen mit I. Panzer) des Girls'Day 2004 (22.4.2004).

Organisation (zusammen mit G. Rosenfeld) des Tages der Informatik (wissenschaftliches Jahreskolloquium, 26.11.2004).

Vortrag *Echtzeitsysteme - vom Lego-Roboter zum Airbag* bei der *Night of the Profs* der CAU (14.5.2004).

Tätigkeit als Vertrauensdozent für das DaimlerChrysler Stipendiatenprogramm (2004: Neuaufnahme eines Stipendiaten der CAU).

Geschäftsführendes Vorstandsmitglied des Instituts für Informatik und Praktische Mathematik (ab 1.9.2004).

Institutsvertretung des Geschäftsbereichs Öffentlichkeitsarbeit.