

# Geregelt, komplex, vernetzt und integriert

## Moderne Regelungstheorie für die automatisierungstechnische Praxis

**H**ohe und ständig weiter wachsende Anforderungen an die Produktqualität, die Produktivität und auch an die Umweltkonformität haben in den vergangenen Jahren zu immer stärker automatisierten Produkten und Produktionsstätten geführt. Daher erhöhen sich auch ständig die Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der zugrunde liegenden Regelungssysteme. Heutige Regelungsprobleme verlangen zu ihrer Lösung typischerweise einen hohen Grad an Systemintegration und Vernetzung bei gleichzeitig hohen Anforderungen an die Regelgüte und Verlässlichkeit der komplexen Systeme. Klassische Regelungsverfahren sind in diesen Fällen oft nicht mehr ausreichend. Daher sind moderne Methoden zur Analyse und Synthese solcher Systeme gefragt.

Das Institut für Systemtheorie und Regelungstechnik (IST) befasst sich in erster Linie mit der Entwicklung von modernen, praktisch relevanten Methoden der System- und Regelungstheorie. Dabei steht aber nicht allein die ausschließlich theoretische Herleitung entsprechender Verfahren im Vordergrund, sondern auch die praktische Umsetzung und

experimentelle Evaluation, die häufig in enger Zusammenarbeit mit Partnern aus der Industrie erfolgt.

### Das Institut

Das IST wurde im Oktober 1999 gegründet, um den systemwissenschaftlichen Schwerpunkt des Stuttgarter Maschinenbaus weiter zu stärken und auszubauen. Als erster Institutsleiter wurde Prof. Dr.-Ing. Frank Allgöwer berufen, der das IST seitdem leitet. Zu Beginn trug das IST den Namen „Institut für Systemtheorie Technischer Prozesse“, bis im Jahr 2005 die Umbenennung erfolgte.

Derzeit beschäftigt das IST 23 Mitarbeiter. In naher Zukunft steht ein weiterer Ausbau des Institutes bevor: Im Rahmen des SimTech Exzellenzclusters nimmt ab dem Wintersemester 2008/09 Frau Prof. Dr. rer. nat. Nicole Radde ihre Tätigkeit als Juniorprofessorin am IST auf. Frau Prof. Radde arbeitet auf dem Gebiet der Entwicklung von systemtheoretischen Verfahren für die Systembiologie und ist die erste Professorin in der Geschichte der Fakultät. Eine weitere Professur mit dem Schwerpunkt „Computations in

Control“ wird am IST voraussichtlich zum Sommersemester 2009 besetzt werden.

Das Institut hat sich in den neun Jahren seines Bestehens einen sehr guten internationalen Ruf erarbeitet, der sich auch in einer Reihe von Preisen und Auszeichnungen manifestiert. So wurde zum Beispiel im Jahr 2004 Prof. Allgöwer für richtungsweisende Arbeiten auf dem Gebiet der nichtlinearen System- und Regelungstheorie mit dem Gottfried-Wilhelm-Leibniz-Preis der Deutschen Forschungsgemeinschaft ausgezeichnet. Diverse internationale „Best Paper Awards“ und die Verleihung des Landeslehrpreises im Jahr 2007 sind hier ebenfalls zu nennen.

### Forschung am IST

Die Forschungsschwerpunkte des IST liegen auf den Gebieten System- und Regelungstechnik, wobei sowohl die Analyse komplexer Prozesse, der Entwurf von Reglern, als auch die Herleitung geeigneter Modelle als Grundlage für den Reglerentwurf betrachtet werden.

Projekte im Bereich der Systemanalyse umfassen zum Beispiel die Ent-



Institut für Systemtheorie und  
Regelungstechnik (IST)  
Pfaffenwaldring 9  
70569 Stuttgart  
0711/685-67734  
sekist@ist.uni-stuttgart.de  
www.ist.uni-stuttgart.de



Prof. Dr.-Ing. Frank Allgöwer  
und die IST-Mitarbeiter vor  
ihrem Institut



wicklung neuer Analysemethoden für differential-algebraische Systeme und die Herleitung von geeigneten Maßen zur Quantifizierung von Nichtlinearitäten und der maximal erreichbaren Regelgüte. Ein besonderer Schwerpunkt liegt derzeit auf der Entwicklung von Analysemethoden für digital vernetzte komplexe Systeme. Im Bereich der Regelungstheorie werden u. a. neue robuste Verfahren zur prädiktiven Regelung nichtlinearer Systeme und zur robusten Regelung von linearen und parametervariablen Systemen unter Berücksichtigung von Mehrzielkriterien entwickelt.

Einen weiteren Schwerpunkt bildet die Entwicklung von Reglerentwurfsmethoden für nichtlineare Systeme, die durch polynomiale Gleichungen beschrieben werden können. Für diese Systemklasse können Analyse und Entwurf numerisch effizient auf der Basis von Quadratsummenzerlegungen und der semi-definiten Programmierung erfolgen. Last but not least werden auch Methoden zum Beobachterentwurf, speziell der Zustandsrekonstruktion in endlicher Zeit, und zur Fehlerdiagnose entwickelt. In allen Forschungsgebieten spielt die Forderung nach praktischer Anwendbarkeit und Berechenbarkeit der Regler eine zentrale Rolle.

Zur Unterstützung der Aktivitäten in der System- und Regelungstheorie sind zwei wichtige, unmittelbar benachbarte Forschungsdisziplinen hinzugekommen, nämlich Aspekte der Optimierung, speziell der Echtzeitoptimierung, und der Herleitung reduzierter Modelle für den Reglerentwurf. Dabei werden im zuletzt genannten Bereich zwei Ansätze, nämlich die Struktur- und Parameteridentifikation und die Modellreduktion, verfolgt.

Auf der Anwendungsseite liegt das Schwergewicht auf dem Gebiet der systemtheoretischen Untersuchung und Regelung mechatronischer und verfahrenstechnischer Prozesse, wobei aber auch eine Reihe von Anwendungen, zum Beispiel in der biomedizinischen Technik, der Luft- und Raumfahrttechnik oder der

elektrischen Antriebstechnik, bearbeitet wurden.

In den letzten Jahren ist die neue Disziplin Systembiologie als ein weiterer Forschungsschwerpunkt des Instituts hinzugekommen. Als interdisziplinäres Fachgebiet verbindet die Systembiologie Forschungsansätze und Fragestellungen aus den System- und den Biowissenschaften. Die Arbeit am IST konzentriert sich hierbei auf die Entwicklung und Analyse mathematischer Modelle zur Simulation und Analyse von zellulären Prozessen. Ihre Anwendung dient dem besseren Verständnis, der Vorhersagbarkeit und der Regelung biologischer Phänomene in lebenden Organismen. Diese Aufgabenstellungen werden in enger Kooperation mit den Partnern der biologischen Institute im Zentrum für Systembiologie der Universität Stuttgart bearbeitet.

### Lehre am IST

Das IST ist der Lehreinheit „Technische Kybernetik“ zugeordnet und verantwortet die Ausbildung in den Lehrgebieten Regelungstechnik und Systemtheorie für alle Studiengänge der Fakultäten des Stuttgarter Maschinenbaus. Das Institut stellt sich der Herausforderung, die Studierenden nicht nur in Bezug auf die mathematischen Grundlagen und Methoden auszubilden, sondern auch anwendungsrelevante Themen adäquat zu vermitteln. Dabei werden sowohl moderne Medien als auch zeitgemäße Lehrformen der projektbezogenen Gruppenarbeit eingesetzt. Beispielsweise können im „ROBORACE“-Roboterbauprojekt regelungstechnische Fragen auf spielerische und kreative Weise von den Studierenden bearbeitet werden. Auch E-Learning-Angebote und regelungstechnische Computer-Lernspiele ermöglichen den Studierenden Lernerfahrungen auf vielfältige Weise.

Für sein Engagement in der Lehre wurde dem Institut im Jahr 2007 der Landeslehrpreis des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg verliehen.

*Frank Allgöwer u. Sabine Monzel*

## Institut für Systemtheorie und Regelungstechnik (IST):

Gründung des IST: 1999

### Professoren:

- Prof. Dr.-Ing. Frank Allgöwer
- Prof. Dr. rer. nat. Nicole Radde (ab WS 2008/09)
- Professur für Computations in Control (N.N., ab SS 2009)

### Hauptarbeitsgebiete

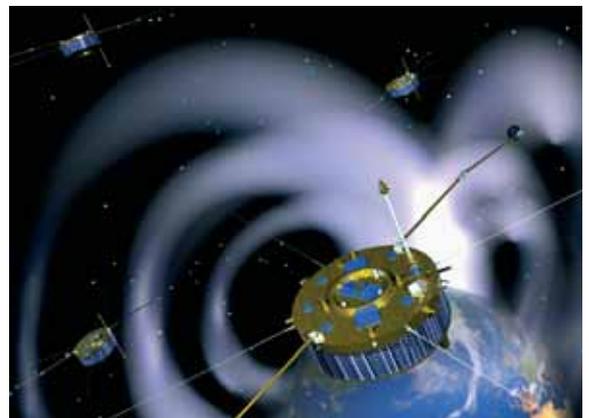
- Systemtheorie
- Regelungstechnik
- Systembiologie

Mitarbeiter: 23

Drittmittelanteil: ca. 80 % des Gesamtbudgets

### Vorlesungen

- Regelungstechnik I & II mit Praktika
- Nonlinear Control
- Robust Control
- Optimal Control
- Dynamics of Nontechnical Systems
- Introduction to Systems Biology
- Systems Theory in Systems Biology
- Proseminar Technische Kybernetik
- Hauptseminar Technische Kybernetik
- Projektierungspraktikum Technische Kybernetik
- Roboterbauprojekt „Roborace“



Regelungstechnik in der Raumfahrt und im Computer-Lernspiel

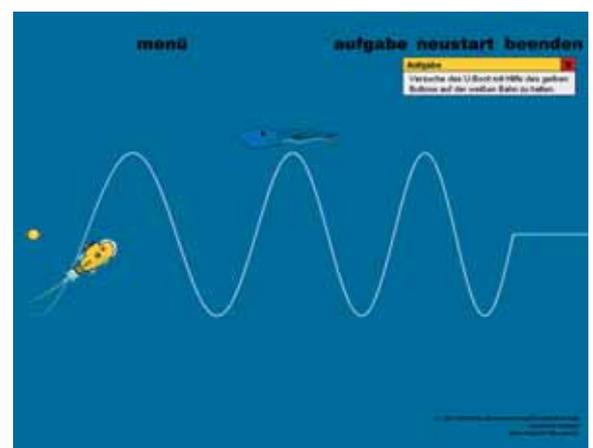


Bild: DASA