

# Grundausbildung in der Automatisierungstechnik

## Basic Courses in Automatic Control

Lothar Litz und Jan Lunze

---

Dieser Beitrag greift die Frage nach dem Inhalt von Einführungsvorlesungen in das Gebiet der Automatisierungstechnik auf und plädiert für eine Verbreiterung des behandelten Stoffes. An zwei in den letzten Jahren neu eingeführten Lehrveranstaltungen wird gezeigt, wie man diese Forderung mit modernen Lehrkonzepten erfüllen kann.

This paper contributes to the discussion about the scope and contents of basic courses on automatic control and claims that such courses should be broadened. Two courses that have been successfully introduced are described, which show how this claim can be satisfied.

**Schlagwörter:** Ausbildung, Regelungstechnik, Automatisierungstechnik, kontinuierliche Systeme, ereignisdiskrete Systeme

**Keywords:** Education, control engineering, automation, continuous systems, discrete-event systems

---

## 1 Einführung

Die Automatisierungstechnik ist ein breites Gebiet, sowohl bezüglich der zu lösenden Aufgabenklassen als auch im Hinblick auf ihr Anwendungsgebiet. Das Methodenspektrum reicht von der Modellierung kontinuierlicher und ereignisdiskreter dynamischer Systeme über „klassische“ Regelungsverfahren bis zu neuartigen Verfahren zur Prozessüberwachung, -diagnose und -führung und zur Verifikation diskreter Steuerungen. Hinzu kommen Erweiterungen der letzten Jahre durch Methoden des Softcomputing, die u. a. zur Fuzzy-Regelung, zur Anwendung neuronaler Netze für die Modellbildung und zur Nutzung genetischer Algorithmen für die Optimierung geführt haben. Darüber hinaus sind in den letzten Jahren vielfältige Werkzeuge für die Realisierung automatisierungstechnischer Komponenten geschaffen worden, die auf speziellen Fachsprachen beruhen und die Projektierung, Inbetriebnahme und den Betrieb von Automatisierungseinrichtungen unterstützen. In Bezug auf die Anwendung hat die Automatisierungstechnik ihre Position in den traditionellen Gebieten wie in der Verfahrenstechnik, Energietechnik, Fahrzeugtechnik und Fertigungstechnik ausgebaut und neue Anwendungsgebiete erschlossen wie z. B. die Behandlung von Steuerungsproblemen in Kommunikationsnetzen oder in der Medizintechnik.

Einführungsvorlesungen der Regelungstechnik sind ein fester Bestandteil der meisten Ingenieurstudienrichtungen und gehören darüber hinaus auch zum Pflichtprogramm verwandter Fachrichtungen wie Ingenieurinformatik, Angewandte Informatik, Wirtschaftsingenieurwesen, Technomathematik und Allgemeine Ingenieurwissenschaften. In diesen Veranstaltungen wird die systemtheoretische Sicht vermittelt, mit der dynamische Prozesse unterschiedlicher Herkunft beschrieben und analysiert werden können. Die in den vielfältigen Disziplinen auftretenden dynamischen Phänomene können mit „derselben“ Regelungstechnik behandelt werden, die weitgehend unabhängig von den vielfältigen Erscheinungsformen technischer Prozesse ist. Die Regelungstechnik als Methodenwissenschaft bringt hier wichtige neue Elemente in die Ingenieurausbildung. Zentrales Ziel ist die Vermittlung von Methoden zur Behandlung dynamischer Systeme, wobei die Regelungstechnik nicht bei der Modellbildung und Analyse dynamischer Systeme stehen bleibt, sondern mit Regeleinrichtungen neue Elemente eines technischen Systems entwirft.

Dieser Beitrag greift die in den letzten Jahren geführte, teilweise kontroverse Diskussion auf und behandelt die Frage, wie eine moderne Grundlagenvorlesung unseres Fachgebietes aufgebaut sein muss, um einerseits eine gute Grundlage

für das Vertiefungsstudium auf dem Gebiet der Automatisierungstechnik zu schaffen und andererseits für die Vielzahl der Studierenden, die andere Vertiefungsrichtungen wählen, einen repräsentativen Einblick in die Methodenvielfalt zu geben. Im Abschnitt 2 werden die Ausbildungsziele definiert, an denen die Abschnitte 3 und 4 gespiegelt werden. Abschnitt 3 analysiert die bisher typischen Regelungstechnikvorlesungen, während Abschnitt 4 Vorschläge für eine inhaltliche Neuordnung der Grundausbildung im Fach Automatisierungstechnik macht. Dabei werden auch die im Beitrag [1] bzw. auf der Podiumsdiskussion in Boppard [2] geäußerten Argumente zusammengefasst. In den Abschnitten 5 und 6 wird schließlich über die Erfahrungen mit zwei Lehrveranstaltungen berichtet, in denen diese Erweiterung seit drei Jahren praktiziert wird.

## 2 Ausbildungsziele

Dieser Beitrag konzentriert sich auf die Grundausbildung im Fach Automatisierungstechnik, die im Wesentlichen aus einer Lehrveranstaltung besteht, die von vielen Studierenden ingenieurwissenschaftlicher Studiengänge gehört wird. Diese Veranstaltung soll eine gute Grundlage für das Vertiefungsstudium legen und Spezialkenntnisse nur in einem vertretbaren Umfang behandeln.

Die Wichtung der Ausbildungsziele ist von den Hörern abhängig, die in drei Gruppen zusammengefasst werden können:

1. Studierende der Automatisierungstechnik, die typischerweise in den Fachrichtungen Elektrotechnik und Maschinenbau immatrikuliert sind,
2. Ingenieurstudenten, die sich später nicht in die Richtung Automatisierungstechnik vertiefen wollen,
3. Studierende der Mathematik, der Informatik, des Wirtschaftsingenieurwesens und anderer Richtungen, die die Automatisierungstechnik als eine von vielen Ingenieurdisziplinen kennen lernen.

Es sollen Methoden und Denkweisen vermittelt werden,

- die das Grundverständnis der Automatisierungstechnik als einer Disziplin fördern, welche ein breites Aufgabenspektrum mittels Informationsrückkopplung löst, dynamische Verhaltensformen mathematisch analysiert und ein gewünschtes Verhalten synthetisiert,
- die als solide Basis für aufbauende Vorlesungen der Vertiefungsrichtung Automatisierungstechnik dienen,
- die die Hörer zur eigenständigen Lösung der Grundaufgaben der Automatisierungstechnik befähigen,
- die die Lösung automatisierungstechnischer Aufgaben im Zusammenhang mit dem hard- und softwaretechnischen Umfeld der Realisierung sehen und
- die Studierende für das Gebiet der Automatisierungstechnik begeistern sollen.

Beim **Grundverständnis** der Automatisierungstechnik spielen Rückkopplungsstrukturen die wesentliche Rolle. Sie

treten sowohl bei kontinuierlicher Dynamik (z. B. Regelkreis) als auch bei ereignisdiskreter Dynamik (z. B. Steuerkreis) auf. Viele Mechanismen wie Zustandsbeobachtung und Diagnose basieren auf dem Rückkopplungsprinzip. Die Verhaltensweisen derartiger Rückkopplungsstrukturen werden einerseits nach unterschiedlichen Kriterien mathematisch analysiert, andererseits wird deren gewünschtes Verhalten synthetisiert.

Die **solide Basis** für aufbauende Vorlesungen der Automatisierungstechnik geht davon aus, dass Grundlagen sowohl im Bereich der kontinuierlichen als auch der ereignisdiskreten dynamischen Systeme gelegt werden. „Solide“ bedeutet nicht „vollständig“, sondern „in einer hinreichenden Tiefe bezogen auf die getroffene Auswahl“. Was dies im Einzelnen heißt, hängt auch vom Hörerkreis ab. Es kann z. B. bedeuten, dass bei den kontinuierlichen Systemen auf den Frequenzbereich verzichtet wird, was dann diesen und alle darauf aufbauenden Methoden wie Frequenzkennlinienverfahren, Wurzelortskurvenverfahren in den Bereich der Spezialvorlesungen verweist.

Eine Befähigung zur **eigenständigen Lösung** von Grundaufgaben verlangt zweierlei: Die durch die beiden Dynamikarten vorgegebene Stoffbreite darf nicht dazu führen, dass eine reine Übersichtsvorlesung entsteht, die vorrangig Begriffsbildungen, jedoch keine Methodenkompetenz vermittelt. Eigenständigkeit impliziert daneben, dass ausreichend Platz für das Einüben von Lösungen anhand von relevanten Übungsbeispielen eingeplant wird.

Der Zusammenhang mit dem **rechentechnischen Umfeld** einer Realisierung hat je nach Hörergruppe einen erheblichen Stellenwert. Das Ziel ist normalerweise nicht allein ein mathematischer Algorithmus, sondern dessen Einbettung in ein vorgegebenes hard- und softwaretechnisches Umfeld. Dieses hat nicht nur eine Rückwirkung auf die Darstellung, sondern durchaus auch auf den mathematischen Inhalt des Algorithmus.

**Begeisterung** für ein Wissensgebiet wecken zu müssen, war bis vor wenigen Jahren nicht unbedingt eine Hauptaufgabe der Hochschullehrer. Zumindest an denjenigen Hochschulen, die unter mangelndem studentischem Zuspruch leiden, gehört es mittlerweile zum Tagesgeschäft, geeignete potentielle Studierwillige für das Studium der angebotenen Disziplinen und innerhalb dieser wiederum für die Automatisierungstechnik zu begeistern. Trotz der häufig mathematisch abstrakten Formulierung der Automatisierungsaufgaben und der Lösungsmethoden kann das Interesse der Hörer durch aktuelle Anwendungsbeispiele aus High-Tech-Gebieten deutlich gesteigert werden.

## 3 „Grundlagen der Regelungstechnik“

Die genannten Ausbildungsziele werden derzeit in den meisten ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen mit einer Lehrveranstaltung verfolgt, die den Titel „Regelungstechnik“ trägt und die sich typischerweise der Model-

lierung, der Analyse und dem Entwurf einschleifiger linearer Regelkreise widmet (siehe z. B. [4]). Der Vorteil der Beschränkung auf den einschleifigen Regelkreis liegt in der Tatsache, dass dadurch das Rückkopplungsprinzip gut demonstriert und mit einfach verständlichen Kriterien erläutert werden kann. Es werden analytische Methoden behandelt, mit denen wichtige Eigenschaften des geregelten Systems wie die Stabilität, die Sollwertfolge und die Störkompensation überprüft bzw. mit denen auf systematischem Wege aus den Güteforderungen an den geschlossenen Kreis geeignete Reglergesetze aufgestellt werden können. Dem Entwurf, d. h. der Bestimmung der Reglerparameter nach den einzelnen Verfahren der linearen Theorie (Frequenzkennlinienverfahren, Wurzelortskurvenverfahren usw.) kommt oft eine hohe Bedeutung zu.

Bezogen auf die bereits erwähnte Breite des Fachgebietes Automatisierungstechnik und auf die Interessengebiete der Hörer ist jedoch die Frage zu beantworten, ob diese Lehrveranstaltung mit einem vergleichsweise kleinen Teil des Methodenspektrums der Automatisierungstechnik die gestellten Ausbildungsziele erfüllt. Die Kritik richtet sich dabei auf zwei Aspekte.

Erstens erhalten alle diejenigen Studenten, die kein der Automatisierungstechnik verwandtes Vertiefungsstudium wählen (Zielgruppen 2 und 3), durch die Konzentration auf die Analyse und den Entwurf des einschleifigen Regelkreises ein sehr eingeschränktes Bild unseres Fachgebietes. Nur ein kleiner Teil der Hörer wird im späteren Berufsleben diese tiefgründigen Analyse- und Entwurfsverfahren der Regelungstechnik einsetzen. Die meisten werden jedoch mit automatisierungstechnischen Fragestellungen in vielfältiger Weise konfrontiert werden und für die Lösung dieser Probleme den Kontakt zu einem Fachmann suchen.

Zweitens ist die Lehrveranstaltung durch die Verwendung von Frequenzbereichsmethoden mathematisch anspruchsvoll und nur mit fundierten Vorkenntnissen auf dem Gebiet der Funktionaltransformationen verständlich. Dieser Stoff ist in einer Einführungsvorlesung nur für die Zielgruppe 1 angemessen. Bei den Zielgruppen 2 und 3 müssen hier Abstriche gemacht werden.

#### **4 Von den „Grundlagen der Regelungstechnik“ zu den „Grundlagen der Automatisierungstechnik“**

Die Ausbildung sollte sich deshalb in den Pflichtveranstaltungen für alle Zielgruppen und insbesondere für die Zielgruppen 2 und 3, besser einer breiten Sicht auf das Gebiet der Automatisierungstechnik zuwenden. Dies muss bei unverändertem Stundenumfang natürlich auf Kosten der Tiefe gehen. In Anbetracht der Vorkenntnisse und der Interessen der Hörer ist es jedoch besser, mit einer breit angelegten Lehrveranstaltung auf die Vielfalt der Automatisierungsaufgaben und die breite Anwendbarkeit der Methoden hinzuweisen. Damit soll das Interesse der Hörer an der Automatisierungstechnik gewonnen werden, sodass

sie bereit sind, sich in Vertiefungsvorlesungen mit dem tiefgründigen Spezialwissen der Regelungstechnik auseinander zu setzen. Unser Credo heißt: „Breite vor Tiefe“ in der Grundlagenvorlesung.

Die größere Breite soll sich in zwei Aspekten ausdrücken. Einerseits sollen die Methoden der Automatisierungstechnik nicht auf die Modellbildung, Systemanalyse und den Reglerentwurf beschränkt bleiben, sondern darüber hinaus Fragen der Vorhersage des Systemverhaltens, der Zustandschätzung, der Prozessführung und der Prozessdiagnose behandeln, um damit auf das breite Methodenspektrum hinzuweisen. Zweitens soll sich die Behandlung dieser Aufgaben nicht nur auf kontinuierliche Systeme beziehen, sondern auch ereignisdiskrete Systeme berücksichtigen. Damit wird das Verständnis für die beiden grundlegenden Systemarten geweckt, die sich durch eine kontinuierliche Dynamik und die Möglichkeit einer kompakten mathematischen Beschreibung einerseits und durch diskrete Zustandsübergänge und asynchrones Verhalten andererseits auszeichnen. Hier geht es vor allem um das Vermitteln des Grundverständnisses für beide Systemklassen, der Gemeinsamkeiten sowie der Unterschiede zwischen beiden, die Darstellung der Analogie der zu lösenden Automatisierungsaufgaben und einen Einblick in die unterschiedlichen Lösungsmethoden, die für beide Systemklassen entwickelt worden sind. Dies erfordert die Einführung von Modellformen für ereignisdiskrete Systeme wie z. B. Automaten und Petrinetze, die in der bisherigen Regelungstechnik-Vorlesung vollkommen fehlen.

Diese Erweiterung der Breite geht nicht ohne eine Verringerung der Tiefe bei den klassischen regelungstechnischen Inhalten wie der Beschreibung und der Analyse dynamischer Systeme im Frequenzbereich und der Synthese einschleifiger Regelungen. Dies ist nicht problematisch, denn es kann nicht das Ziel einer Einführungsvorlesung sein, die theoretischen Grundlagen in aller Vollständigkeit zu vermitteln.

Die Idee, die Grundausbildung in der Automatisierungstechnik in der hier beschriebenen Form zu erweitern, ist nicht neu. Es stellt sich jedoch die Frage, wie diese Veränderung im zeitlichen Rahmen einer Einführungsvorlesung vorgenommen werden kann, die typischerweise einen Umfang von 2 bis 3 Stunden Vorlesung und 2 Stunden Übung hat. Die folgenden zwei Abschnitte zeigen an zwei in den letzten Jahren neu eingeführten Lehrveranstaltungen, wie man diesem Anspruch mit zwei unterschiedlichen Lehrkonzepten gerecht werden kann.

#### **5 „Grundlagen der Automatisierung“ an der Universität Kaiserslautern**

Die Vorlesung „Grundlagen der Automatisierung“ wird seit dem Sommersemester 2000 an der Universität Kaiserslautern mit vier Semesterwochenstunden (3V+1Ü) angeboten. Sie ist Pflicht für Angewandte Informatiker der Studienrichtung „Embedded Systems“ und wird darüber hinaus von

Hörern aus der Technoinformatik und weiteren Disziplinen gehört (Zielgruppe 3). Ziel der Vorlesung ist das Schaffen des Grundverständnisses für den Entwurf und die rechen-technische Realisierung von Regelungs- und Steuerungs-algorithmen. Neben herkömmlichen Aufgaben mit und ohne Rechneinsatz (MATLAB/Simulink) werden zusätz-lich Aufgaben auf Apletbasis verwendet. Sie sollen rasch einen Einblick in sonst schwierige und eigentlich kompli-zierte Sachverhalte und Zusammenhänge ermöglichen. Aus der Vorlesung geht ein Grundlagenbuch hervor [3], das zum Sommersemester 2004 im Oldenbourg-Verlag erschei-nen wird.

Die Vorlesung ist wie das Buch in vier Kapitel gegliedert:

#### 1. Einführung:

Das Kapitel startet mit typischen Aufgabenstellungen der Automatisierungstechnik und definiert den Begriff Automatisierung. Es führt das rückgekoppelte System als die grundlegende Struktur zur Lösung von Auto-matisierungsaufgaben ein und verdeutlicht die Unter-schiede der beiden grundlegenden Arten rückgekoppel-ter Systeme: Regelkreis (kontinuierliche Dynamik) und Steuerkreis (ereignisdiskrete Dynamik). Die typischen Signalarten beider Systemtypen, ihre Gemeinsamkeiten und ihre Unterschiede werden behandelt.

#### 2. Regelungssysteme:

Das Kapitel beginnt mit dem Begriff der kontinuierli-chen Dynamik, der anhand von Beispielen eingeführt und verallgemeinert wird, und führt das Strukturbild als eine Beschreibungsart derartiger Systeme ein. Nach Diskussion des Strukturbildes des Regelkreises wird die Problematik anhand von Applets einfacher Regelungs-beispiele (Temperaturregelung im Backofen und Ge-schwindigkeitsregelung eines Zugverbundes) verdeut-licht. Die damit gewonnenen Erfahrungen münden in den Spezifikationen des Regelungssystems und in der Festlegung des Regelungsentwurfsprozesses.

Die Modellierung von Regelungssystemen startet im Zeitbereich mit den nichtlinearen Zustandsdifferenzial-gleichungen. Nach der Linearisierung folgt die Lösung im Zeitbereich, anschließend die Behandlung des Bild-bereiches, zunächst mittels der Laplace-, dann mittels der Z-Transformation. Die Erzeugung rekursiver Al-gorithmen aus kontinuierlichen Systembeschreibungen beschließt den Modellierungsteil.

Dem Thema „Reglerstruktur“ wird größerer Raum gewidmet, wobei viele Aussagen über den Laplace-Bereich motiviert werden. Es folgt die Bestimmung von Reglerparametern. Der Stabilitätsbegriff wird für lineare Systeme im Zeitbereich definiert (BIBO-Stabilität) und anschließend in den Bildbereich (Laplace und Z) über-tragen. Der Frequenzbereich ( $j\omega$ ) wird nicht behandelt.

#### 3. Steuerungssysteme:

Die Abfolge ist derjenigen des letzten Kapitels sehr ähnlich. Nach der Einführung des Steuerkreises als ereignisdiskretes System folgen einige technische Steue-rungsbeispiele. Sie dienen dem Grundverständnis und

als Basis zur Spezifikation des Steuerungssystems sowie zur Definition des Steuerungsentwurfsprozesses. Zur Modellierung des Steuerkreises werden endliche Auto-maten, interpretierte Petri-Netze und temporale Logik behandelt. Im Rahmen des Steuerungsentwurfes liegt das Schwergewicht auf Verifikation und Validierung, die im BOEHM'schen Sinn verstanden werden. Die Verifi-kation behandelt daher formale, die Validierung funk-tionale Gesichtspunkte. Als gemeinsames Werkzeug für die Durchführung von Verifikation und Validierung wird das *Model Checking* behandelt und anhand von Beispie-len vorgeführt. Die automatische Implementierung von Steuerungsalgorithmen beschließt das Kapitel.

#### 4. Hybride Systeme:

Das Kapitel bringt die Methodik aus den letzten Kapi-teln in Zusammenhang, behandelt den Zustandsbegriff und die Modellierung von hybriden Systemen und gibt einen Ausblick zu deren Entwurf. Der industrielle PID-Regler mit Betriebsartensteuerung, Anti-Reset-Wind-up und stoßfreier Umschaltung wird als ein Beispiel für ein hybrides System behandelt.

Wegen der Herkunft des Zuhörerkreises entfallen etwa 60% der Zeit auf Systeme mit kontinuierlicher, 30% auf sol-che mit ereignisdiskreter Dynamik und 10% auf hybride Systeme.

Die Erfahrungen mit drei Durchläufen – es finden in jedem Jahr Befragungen am Ende der Lehrveranstaltungen statt – sind sehr positiv. Die Studierenden sind von zwei Din-gen beeindruckt bis begeistert: die Geschlossenheit und die Reichweite der Theorie zur Behandlung insbesondere kon-tinuierlicher Systeme sowie die überzeugenden Lösungen, die man anhand ausgewählter Beispiele durch Anwendung der Theorie erzielen kann.

Die Behandlung und die Anwendung von Laplace- und Z-Transformation findet ein positives Echo. Beide beinhalten klare und leicht erlernbare Formalismen und haben gut sichtbare Vorteile in den Bereichen Reglerstrukturfest-legung, Stabilitätsnachweis und Rechnerrealisierung. Der Verzicht auf den Frequenzbereich zieht zwangsläufig die weniger tiefe Behandlung der Reglerparameterfestlegung nach sich. Dies wird nicht nur aus Zeitgründen in Kauf ge-nommen. Der Frequenzbereich erfordert im Gegensatz zu Laplace- und Z-Bereich auch ein tieferes ingenieurmäßiges Verständnis, das von Studierenden der Informatik und des Wirtschaftsingenieurwesens nicht in kurzer Zeit erworben werden kann.

## 6 „Automatisierungstechnik“ an der Ruhr-Universität Bochum

Im Studiengang Elektrotechnik und Informationstechnik der Ruhr-Universität Bochum mit Hörern der Zielgruppen 1 und 2 ersetzt die Lehrveranstaltung „Automatisierungstech-nik“ (2V+2Ü) seit dem Wintersemester 2001/2002 die frü-here Vorlesung „Regelungstechnik“. Aus ihr ist das Lehr-buch [5] hervorgegangen. Aus dem typischen Stoffumfang

einer Regelungstechnik-Grundlagenvorlesung wurden das Zustandsraummodell, die Stabilitätsanalyse und die Einstellung von PID-Reglern übernommen. Darüber hinaus werden mit der Steuerbarkeits- und Beobachtbarkeitsanalyse, der Zustandsbeobachtung und der Fehlerdiagnose kontinuierlicher Systeme Themen behandelt, die traditionell erst in späteren Lehrveranstaltungen geboten bzw. bisher überhaupt noch nicht in die Lehre eingeflossen sind, die jedoch in ihrer Grundform ohne weiteres verständlich sind und die Breite der Automatisierungsaufgaben deutlich machen. Daran schließt sich die Modellbildung, Analyse und der Steuerungsentwurf für ereignisdiskrete Systeme an, wobei die Themen Modellbildung, Verhaltensanalyse, Steuerungsentwurf, Zustandsbeobachtung und Fehlerdiagnose in möglichst enger Analogie zu den kontinuierlichen Systemen behandelt werden.

Aufgrund dieser Lehrkonzeption sind Lehrbuch und Vorlesung in drei Teile gegliedert:

### 1. Einführung:

Im ersten Teil werden die Ziele und Aufgaben der Automatisierungstechnik behandelt und Methoden für die strukturelle Darstellung und Analyse von dynamischen Systemen eingeführt. Dabei wird gezeigt, wie Automatisierungsaufgaben unter Nutzung struktureller Eigenschaften des zu automatisierenden Objekts in mehrere Teilaufgaben zerlegt werden können und es wird der Unterschied zwischen Steuerungen in der offenen Wirkungskette und im geschlossenen Wirkungskreis erläutert.

### 2. Automatisierung kontinuierlicher Systeme:

Der zweite Teil befasst sich mit der Automatisierung von Systemen, die durch Differenzialgleichungen beschrieben werden können. Grundlage ist das Zustandsraummodell, das für lineare und nichtlineare Systeme eingeführt wird. Neben der Verhaltensanalyse kontinuierlicher Systeme, der Stabilitätsprüfung rückgekoppelter Systeme und einfachen Verfahren für den Reglerentwurf werden Methoden für die Zustandsbeobachtung und die Fehlerdiagnose behandelt.

### 3. Automatisierung diskreter Systeme:

Der dritte Teil behandelt die Automatisierung diskreter Systeme, wobei Automaten und Petrinetze als Modellformen eingeführt und für die Verhaltensanalyse, den Steuerungsentwurf sowie die Zustandsbeobachtung und die Fehlerdiagnose eingesetzt werden. Die Behandlung der diskreten Systeme erfolgt in weitgehender Analogie zu den kontinuierlichen Systemen, um trotz der unterschiedlichen mathematischen Hilfsmittel die methodischen Parallelen zu zeigen.

Die Lehrveranstaltung konzentriert sich auf die Methoden der Automatisierungstechnik und behandelt gerätetechnische und rechentechnische Probleme der Realisierung von Automatisierungseinrichtungen nur am Rande. Auf die drei genannten Teile entfallen etwa 10%, 50% bzw. 40% des Stoffumfangs.

Erfahrungen aus den ersten beiden Jahren zeigen, dass eine Konzentration auf die wichtigsten Fragestellungen die Erläuterung der angesprochenen Themen in jeweils ein bis drei Vorlesungsstunden möglich macht, sodass der insgesamt 16 Themen umfassende Stoff in einem Semester behandelt werden kann. Da durch das Zustandsraummodell in seiner kontinuierlichen und diskreten Form eine Brücke zwischen den beiden Systemklassen geschaffen wird und die meisten Automatisierungsaufgaben für beide Systemklassen formuliert und gelöst werden, gibt es genügend Bindeglieder zwischen dem zweiten und dritten Teil, wodurch die Lehrveranstaltung die Automatisierungstechnik als großes Gebiet mit vielfältigen Aufgaben und Methoden darstellt. Die Systeme werden ausschließlich im Zeitbereich behandelt, sodass keine Vorkenntnisse über Funktionaltransformationen erforderlich sind. Die erwarteten Kenntnisse aus der diskreten Mathematik beschränken sich auf einfache Begriffe der Graphentheorie und der Mengenlehre.

Im Vergleich zur typischen Einführungsveranstaltung in die Regelungstechnik fällt vor allem auf, dass überhaupt nicht auf Verfahren im Bildbereich eingegangen wird. Dafür sprechen mehrere Gründe. Einerseits ist damit diese Veranstaltung für alle drei oben genannten Zielgruppen gleichermaßen verständlich, denn die im Bildbereich arbeitenden Methoden erfordern neben der Kenntnis auch eine Übung im Umgang mit den Funktionaltransformationen. Andererseits erleichtert eine durchgängige Betrachtung dynamischer Systeme im Zeitbereich die Darstellung der natürlicherweise im Zeitbereich definierten Anforderungen an die einzelnen Automatisierungsaufgaben. Schließlich spart man durch das Weglassen der Frequenzbereichsmethoden auch einen Teil der Zeit, die für den ereignisdiskreten Teil der Lehrveranstaltung notwendig ist.

Die Resonanz der Studenten auf die neue Lehrveranstaltung war ausgesprochen positiv, wobei bemerkenswerterweise der neu eingeführte Teil zu den diskreten Systemen eine besondere Resonanz erfuhr.

## 7 Schlussbemerkungen

Die beiden neu eingeführten Lehrveranstaltungen zeigen, dass es möglich ist, in einer einsemestrigen Vorlesung eine breite Einführung in die Aufgaben- und Methodenvielfalt der Automatisierungstechnik zu geben, wobei es vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten gibt, um den Stoff dem Hörerkreis anzupassen. So kann man für Informatikstudenten die Schwerpunkte bei den entstehenden Algorithmen setzen, während für Studierende der Elektrotechnik und Informationstechnik die verbindenden systemtheoretischen Aspekte eine größere Rolle spielen.

Vollständigkeit in der Vermittlung des Stoffes ist nicht möglich und auch gar nicht erforderlich, denn Vertiefungsvorlesungen können insbesondere die im Detail ausgearbeiteten regelungstechnischen Analyse- und Entwurfsmethoden ergänzen.

Grundlagenvorlesungen bestimmen das „Image“ eines Fachgebietes entscheidend mit, vor allem für diejenigen, deren Interessen auf anderen Gebieten liegen. Eine breite Einführung in die Automatisierung trägt dem Charakter des Fachgebietes Rechnung und zeigt an attraktiven Beispielen die Kernkompetenz der Automatisierungstechnik. Diese Argumentation erhält durch die gegenwärtig neu eingeführten Bachelorstudiengänge zusätzliches Gewicht, denn dort gilt noch stärker als bei Diplomstudiengängen „Breite vor Tiefe“.

## Literatur

- [1] D. Abel, G. Bretthauer, U. Epple, H. Kiendl, J. Lunze: Sind die „Grundlagen der Regelungstechnik“ noch zeitgemäß? *Automatisierungstechnik* **49** (2001) H. 1, S. 13–14.
- [2] D. Abel: 35. Regelungstechnisches Kolloquium in Boppard – Zwischen Tradition und Perspektive, *Automatisierungstechnik* **49** (2001) H. 8, S. 381–384.
- [3] L. Litz: *Grundlagen der Automatisierung*, Oldenbourg-Verlag, München 2004.
- [4] J. Lunze: *Regelungstechnik* (2 Bände), Springer-Verlag, Heidelberg 1997.
- [5] J. Lunze: *Automatisierungstechnik: Methoden für die Überwachung und Steuerung kontinuierlicher und ereignisdiskreter Systeme*, Oldenbourg-Verlag, München 2003.

Manuskripteingang: 21. Juli 2003.



**Prof. Dr.-Ing. habil. Lothar Litz** leitet den Lehrstuhl für Automatisierungstechnik an der Universität Kaiserslautern. Hauptarbeitsgebiete: Steuerungsentwurf, -verifikation, und -validierung, Methoden des Softcomputing, Internettechnologien in der Automatisierungstechnik.

Adresse: Universität Kaiserslautern, Lehrstuhl für Automatisierungstechnik, D-67653 Kaiserslautern, Tel.: (0631 2054450), E-Mail: litz@eit.uni-kl.de



**Prof. Dr.-Ing. Jan Lunze** ist Leiter des Lehrstuhls für Automatisierungstechnik und Prozessinformatik der Ruhr-Universität Bochum. Als Studiendekan initiierte er eine grundlegende Umgestaltung des Studienganges Elektrotechnik und Informatik in Bochum. Hauptarbeitsgebiete: Hybride dynamische Systeme, Prozessdiagnose, Anwendung von Methoden der künstlichen Intelligenz in der Regelungs- und Automatisierungstechnik, robuste Regelung, Theorie komplexer Steuerungssysteme.

Adresse: Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Automatisierungstechnik und Prozessinformatik, Universitätsstraße 150, D-44780 Bochum, Tel.: (0234) 32 24071, E-Mail: Lunze@esr.ruhr-uni-bochum.de



Jan Lunze

### Automatisierungstechnik

Methoden für die Überwachung und Steuerung kontinuierlicher und ereignisdiskreter Systeme  
2003. 631 Seiten, 401 Abbildungen, 74 Anwendungsbeispiele und 84 Übungsaufgaben

€ 44,80

ISBN 3-486-27430-9

Jan Lunze betritt Neuland. Sein Buch zur Automatisierungstechnik ist das erste, in dem kontinuierliche und ereignisdiskrete Systeme gleichberechtigt sind. Alle Automatisierungsaufgaben werden für beide Systemklassen so weit wie möglich analog behandelt.

»Tiefgang in der Breite: Jan Lunze unterstreicht mit seiner in thematischer Auswahl und vorbildlicher Darstellung herausragenden Monographie »Automatisierungstechnik« die zeitgemäße, in ihren Aufgabengebieten erweiterte Identität unseres Fachgebietes, indem er (wert)kontinuierliche und (ereignis)diskrete Welten gleichberechtigt nebeneinander stellt. Der Leser gewinnt beim Kennenlernen des verbindenden Elements, der Analyse und dem methodisch abgestützten Entwurf rückgekoppelter Systemstrukturen, vielfältige neue Ein- und Überblicke.«

Prof. Dr.-Ing. Dirk Abel, RWTH Aachen

Oldenbourg Wissenschaftsverlag  
Rosenheimer Straße 145  
D-81671 München  
Telefon 0 89 / 4 50 51-0  
Fax 0 89 / 4 50 51-204

Weitere Informationen zum Buch:  
[www.oldenbourg-verlag.de](http://www.oldenbourg-verlag.de)

Oldenbourg

