

# Vorwort

Die Automatisierungstechnik zeichnet sich durch eine große Methodenvielfalt und ein breites Anwendungsfeld aus. Neben der Steuerung und Regelung dynamischer Prozesse haben die Prozessüberwachung und die Fehlerdiagnose in den letzten Jahren eine zunehmende Bedeutung erlangt. Da diese Methoden auf einer systemtheoretischen Betrachtung des zu automatisierenden Prozesses beruhen, sind sie in allen ingenieurtechnischen Gebieten und darüber hinaus in vielen nichttechnischen Bereichen einsetzbar. Verfahrenstechnische Prozesse, die Energieversorgung, fahrzeug- und verkehrstechnische Systeme, Fertigungsprozesse und die Gebäudetechnik sind ohne Automatisierungstechnik undenkbar.

Dieses Buch gibt eine breite Einführung in die grundlegenden Aufgaben und Methoden der Automatisierungstechnik und veranschaulicht diese an zahlreichen Anwendungsbeispielen. Die Palette der Themen reicht von der Modellbildung über die Vorhersage des zukünftigen Systemverhaltens, den Entwurf von Regelungen und Steuerungen bis zur Zustandsbeobachtung und Prozessdiagnose.

Mit der gleichwertigen Behandlung kontinuierlicher und ereignisdiskreter Systeme betritt das Buch Neuland. Der Autor kennt kein vergleichbares Lehrbuch, das wie dieses alle wichtigen Automatisierungsaufgaben für beide Systemklassen betrachtet.

Bisher wurden die Methoden für die Überwachung und Regelung kontinuierlicher Systeme weitgehend getrennt von denen für ereignisdiskrete Systeme entwickelt und gelehrt. Mit der Einführung der Zustandsraumdarstellung entstand bereits um 1960 die Grundlage für eine durchgängige Theorie kontinuierlicher Systeme, während die breite Entwicklung automatisierungstechnischer Methoden für ereignisdiskrete Systeme erst nach 1980 einsetzte und deshalb noch nicht so weit gediehen ist. Dennoch ist für das Verständnis der Automatisierungstechnik mit ihrem umfangreichen Methodenspektrum und breiten Anwendungsgebiet die weitgehend gemeinsame Behandlung beider Systemklassen unabdingbar. Dieses Buch soll einen Anstoß geben, beide Teilgebiete besser als bisher in der Lehre zu verknüpfen.

**Inhalt.** Das Buch ist aus dem Manuskript einer Pflichtvorlesung für den Studiengang Elektrotechnik und Informationstechnik der Ruhr-Universität Bochum entstanden. Die Lehrveranstaltung „Automatisierungstechnik“ ersetzt seit dem Wintersemester 2001 die frühere Vorlesung „Regelungstechnik“, die sich wie ähnliche Pflichtveranstaltungen ingenieurtechnischer Studiengänge an anderen Universitäten im Wesentlichen mit dem einschleifigen linearen Regelkreis beschäftigte. Wichtige regelungstechnische Begriffe und Methoden wie das Zustandsraummodell, die Stabilitätsanalyse rückgekoppelter Systeme und Einstellregeln für PID-Regler werden auch hier behandelt. Darüber hinaus gibt das Buch aber auch eine Einführung in die Zustandsbeobachtung und die Fehlerdiagnose kontinuierlicher Systeme, die traditionell erst in späteren Lehrveranstaltungen geboten werden bzw. bisher überhaupt noch nicht in die Lehre

eingeflossen sind. Die genannten Themen werden anschließend für ereignisdiskrete Systeme behandelt, wobei offensichtlich wird, dass die Automatisierungsaufgaben für beide Systemklassen sehr ähnlich sind, sich die Lösungsmethoden aber auf Grund des unterschiedlichen Charakters beider Systemklassen wesentlich voneinander unterscheiden.

Dieser Stoffauswahl entsprechend ist das Buch in drei Teile gegliedert:

### 1. Einführung

Im ersten Teil werden die Ziele und Aufgaben der Automatisierungstechnik behandelt und Methoden für die strukturelle Analyse dynamischer Systeme eingeführt. Ein Grundprinzip der Automatisierungstechnik besteht in der Rückkopplung von Informationen. Hierzu wird der Unterschied zwischen den Steuerungen in der offenen Wirkungskette und im geschlossenen Wirkungskreis erläutert. Alle im ersten Teil behandelten Methoden sind unabhängig davon, ob es sich bei den betrachteten Systemen um kontinuierliche oder ereignisdiskrete handelt.

### 2. Automatisierung kontinuierlicher Systeme

Der zweite Teil befasst sich mit der Automatisierung von Systemen, deren Verhalten durch reellwertige Signale dargestellt und die deshalb durch Differentialgleichungen beschrieben werden. Der gemeinsame Ausgangspunkt für die Lösung aller Automatisierungsaufgaben ist das Zustandsraummodell des zu automatisierenden Prozesses, das für lineare und nichtlineare Systeme behandelt wird. Nach der Verhaltensanalyse kontinuierlicher Systeme werden wichtige Systemeigenschaften wie die Steuerbarkeit, die Beobachtbarkeit und die Stabilität eingeführt, Verfahren für die Reglereinstellung erläutert und schließlich Methoden für die Zustandsbeobachtung und die Fehlerdiagnose behandelt.

### 3. Automatisierung ereignisdiskreter Systeme

Der dritte Teil beschäftigt sich mit der Automatisierung von Systemen, deren Verhalten durch Ereignisfolgen beschrieben wird. Als Modellformen werden deterministische, nicht-deterministische und stochastische Automaten sowie Petrinetze eingeführt und für die Verhaltensanalyse, den Steuerungsentwurf, die Zustandsbeobachtung sowie die Fehlerdiagnose eingesetzt.

Diese Stoffauswahl verfolgt zwei Ziele. Einerseits ist das Buch für Studenten gedacht, die eine breite Einführung in das Gebiet der Automatisierungstechnik erhalten sollen, um ihre spätere Zusammenarbeit mit Fachleuten der Automatisierungstechnik vorzubereiten. Für sie ist Spezialwissen über Regelkreise nur von zweitrangiger Bedeutung. Dies gilt auch für Studenten der gegenwärtig neu entstehenden Studiengänge mit ingenieurtechnischer Ausrichtung wie z. B. Informatikingenieurwesen, Informationssystemtechnik, Technomathematik oder Wirtschaftsingenieurwesen.

Andererseits soll der Stoff dieses Buches eine breite Basis für das Vertiefungsstudium der Automatisierungstechnik schaffen. Die darauf aufbauenden Spezialvorlesungen umfassen in Bochum Pflichtveranstaltungen, die nach den bereits erschienenen Lehrbüchern<sup>1</sup> des Autors das regelungstechnische Fachwissen bzw. die Kenntnisse über die Beschreibung und Analyse ereignisdiskreter Systeme vertiefen.

<sup>1</sup> J. Lunze: *Regelungstechnik* (2 Bände), Springer-Verlag;

J. Lunze: *Ereignisdiskrete Systeme*, de Gruyter Oldenbourg

Die Automatisierungstechnik ist eine Methodenwissenschaft. Deshalb konzentriert sich das Buch auf die methodischen Grundlagen und behandelt gerätetechnische und rechentechnische Probleme der Realisierung von Überwachungs- und Steuereinrichtungen nur am Rande.

Jede Automatisierungsaufgabe soll ein konkretes technisches Problem lösen. Trotz vieler Unterschiede in den Details kann man typische Aufgabenklassen angeben, deren Lösungsmethoden hier in Verbindung mit einer breiten Palette von **Anwendungsbeispielen** (in einer für die Lehre notwendigen Vereinfachung) erläutert werden. Dabei wird auch das große Anwendungspotenzial automatisierungstechnischer Methoden gezeigt.

Die angeführte Breite des Stoffes kann in einer einsemestrigen Lehrveranstaltung nur auf Kosten der Tiefe vermittelt werden. Die Erfahrungen des Autors zeigen, dass es durch eine Konzentration auf die wichtigsten Fragestellungen möglich ist, alle angesprochenen Themen in jeweils ein bis drei Vorlesungsstunden zu behandeln. Da durch das Zustandsraummodell in seiner kontinuierlichen und diskreten Form eine Brücke zwischen den beiden Systemklassen geschlagen wird, mit der sämtliche Automatisierungsaufgaben formuliert und gelöst werden können, entsteht dabei ein breites, zusammenhängendes Bild der Automatisierungstechnik.

**Leser.** Bei den Lesern werden gute Kenntnisse auf den Gebieten der Matrizenrechnung und der linearen gewöhnlichen Differentialgleichungen vorausgesetzt. Die Systeme werden ausschließlich im Zeitbereich behandelt, so dass keine Kenntnisse über die Funktionaltransformationen erforderlich sind. Die erwarteten Vorkenntnisse aus der diskreten Mathematik beschränken sich auf Grundbegriffe der Graphentheorie, der Mengenlehre und der Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Das Buch wendet sich auch an die in der Praxis stehenden Fachleute, die eine fundierte Einführung in die methodischen Grundlagen der Automatisierungstechnik suchen. Zahlreiche **Übungsaufgaben** mit ausführlichen Lösungen geben Anregungen für das selbstständige Erarbeiten des Stoffes. Alle Kapitel schließen mit einem Ausblick auf weiterführende Themen und mit Literaturhinweisen. Die Zusammenstellung wichtiger englischer Fachbegriffe im Anhang soll den Einstieg in die Fachliteratur erleichtern.

**Danksagung.** Die Idee, kontinuierliche und ereignisdiskrete Systeme in weitgehender Analogie zu behandeln, verfolgt mich seit meinem Studium an der Technischen Universität Ilmenau, bei dem ich durch eine Vorlesung von Prof. Dr. MICHAEL KRAPP in die Automatentheorie eingeführt wurde. Aufgrund dieser Lehrveranstaltung habe ich die kontinuierliche Sicht auf Regelungs- und Steuerungssysteme nie als die einzig mögliche Betrachtungsweise angesehen und hatte schon lange geplant, eine möglichst parallele Behandlungsweise beider Systemklassen in die Lehre einzuführen.

Gemeinsam mit meinem ehemaligen Mitarbeiter Dr.-Ing. JOCHEN SCHRÖDER habe ich mehrere Jahre lang untersucht, wie man die Probleme der Zustandsbeobachtung und der Prozessdiagnose für Automaten lösen kann. Die dabei erarbeiteten Methoden haben eine Lücke geschlossen und eine durchgängige Behandlung aller Automatisierungsaufgaben für kontinuierliche und ereignisdiskrete Systeme möglich gemacht. Der häufig plakativ gebrauchte Hinweis auf die Einheit von Forschung und Lehre hat hier seine Berechtigung.

Die Herren Dr.-Ing. JÖRG NEIDIG und Dr.-Ing. PHILIPP PLANCHON haben wesentlich bei der Einführung der Lehrveranstaltung „Automatisierungstechnik“ in Bochum mitgewirkt und wertvolle Hinweise für die Gestaltung der Übungsaufgaben gegeben. Schließlich gilt mein

Dank Frau ANDREA MARSCHALL für das Zeichnen vieler Bilder sowie dem Verlag De Gruyter Oldenbourg für die schnelle Herausgabe dieses Lehrbuches.

**Fünfte Auflage.** Die Überarbeitung des Textes für die neue Auflage führte auf viele Verbesserungen der Bilder und der Erläuterungen. In den Übungsaufgaben und Beispielen wurden neue Ideen meines Doktoranden M. Sc. MICHAEL SCHWUNG aufgenommen, der in den letzten Jahren die Lehrveranstaltung zu diesem Buch betreut hat. Die für Bilder verwendeten MATLAB-Skripte wurden der aktuellen Version (Release R2019b) angepasst.

Münster, im Januar 2020

JAN LUNZE