

Vorwort

Die Erstellung zeitdiskreter Streckenmodelle und der darauf basierende zeitdiskrete Reglerentwurf sind bei Studierenden ein eher unbeliebtes Thema. Das zeigen jedenfalls meine jahrelangen Erfahrungen aus Vorlesungen in Diplom-, Bachelor- und Master-Studiengängen der Elektrotechnik und Informationstechnik sowie der Mechatronik. Auch in Seminaren für berufstätige Ingenieure hat sich dieser Eindruck bestätigt. Stets sind selbst bei identischer Personengruppe und demselben Dozenten die Themen über zeitkontinuierliche Regelungen deutlich beliebter. Dem entgegenzuwirken, war ein wichtiger Antrieb für das Zustandekommen dieses Buchs, zumal zeitdiskrete Regelverfahren in der Industrie angesichts der inzwischen fast ausschließlich digitalen Umsetzung der Regelgesetze eine enorme Bedeutung erlangt haben. Hinsichtlich eines rein zeitdiskreten Reglerentwurfs gilt diese Aussage zwar noch nicht. Entwicklungspotenzial dafür ist jedoch vorhanden. Das vorliegende Buch bietet hierzu zahlreiche Lösungsansätze. Zu nennen sind diesbezüglich vor allem strukturelle Ergänzungen von Regelungen, wie Kaskadenregelungen, Störgrößenaufschaltungen und Vorsteuerungen, die in anderen Büchern, die sich mit zeitdiskreten Regelungen beschäftigen, entweder gar nicht behandelt oder nur rudimentär gestreift werden. Im vorliegenden Werk ist ihnen jedoch ein zentrales Kapitel gewidmet. Zwar kann man behaupten, dass es zwischen zeitkontinuierlichem und zeitdiskretem Entwurf bei solchen ergänzenden Maßnahmen keine grundsätzlichen Unterschiede gibt. Diese Aussage ist auch nicht falsch. Man kann aber dennoch viel falsch machen bzw. man ist oft vom Optimum viel zu weit entfernt, wenn man die zu lösenden Aufgaben nicht mit der gebotenen Sorgfalt angeht. Das gilt zwar für jede ingenieurmäßige Herausforderung, bei zeitdiskreten Betrachtungen aber ganz besonders. Ein weiterer Punkt, in dem sich dieses Buch von vielen anderen, die sich zeitdiskreten Regelungen widmen, abhebt, ist die konsequente Einbeziehung nicht diagonalisierbarer Systeme bei der Analyse des Systemverhaltens im Zustandsraum.

Das Buch basiert auf Inhalten der Vorlesungen „Zeitdiskrete Regelungen“ und „Zustandsraummethoden“, die ich seit dem Wintersemester 2003/04 bzw. dem Sommersemester 2004 an der Hochschule Offenburg regelmäßig halte. Der Buchinhalt geht aber weit darüber hinaus. Ergänzungen wurden u. a. durch Entwicklungs- und Forschungsergebnisse initiiert, die ich während meiner Industrie- und Hochschultätigkeit erarbeitet habe, sowie von zahlreichen Erfahrungen durch fortwährende Beschäftigung mit zeitdiskreten Regelungen. Der Grundstein hierfür wurde bei mir zu Beginn meiner Diplomarbeit gelegt, wo von etwa 20 Studierenden, die am Institut für Steuerungs- und Regelungssysteme der damaligen Universität Karlsruhe (TH) im Wintersemester 1984/85 nach einer regelungstechnischen Diplomarbeit Ausschau hielten, ich der einzige war, der sich für ein zeitdiskretes Thema interessierte und es deshalb auch bearbeiten durfte. Dieser Themenbereich ließ mich seither nicht wieder los, sei es bei der Promotion oder der Habilitation, wo ich das Verhalten von Stromrichtern zeitdiskret modellierte und dadurch eine höchst effektive Grundlage für den

Reglerentwurf bei elektrischen Antrieben geschaffen wurde. Auch bei meiner späteren Industrietätigkeit konnte ich dieses Wissen konsequent bei der Auslegung von Antriebsregelungen anwenden.

Das vorliegende Buch gliedert sich in zwei Teile mit ganz unterschiedlichen thematischen Schwerpunkten. In den ersten sechs Kapiteln steht die Analyse und Synthese von zeitdiskreten Regelungen im Bildbereich im Vordergrund. Hierzu wird intensiv von der z -Transformation Gebrauch gemacht, weshalb auch deren Einführung angemessen viel Platz eingeräumt wird. Im zweiten Teil des Buchs werden im Zeitbereich angesiedelte zeitdiskrete Reglerentwurfsverfahren behandelt. Dort dominieren Zustandsraumverfahren die Erläuterungen. Auch ihnen werden ausführlich dargestellte einführende Kapitel vorangestellt, ohne die das Verständnis der Entwurfsmethoden nur sehr schwer möglich wäre. Im Fokus der behandelten Verfahren steht die Polvorgabe für Ein- und Mehrgrößensysteme sowie der Riccati-Reglerentwurf und zahlreiche flankierende und den Entwurfsaufwand vereinfachende Maßnahmen. Nicht trennbar von Zustandsreglern ist die Beobachterthematik. Ihr wird ebenfalls angemessener Raum bereitgestellt, und zwar sowohl für den vollständigen als auch für den reduzierten Beobachter. Ein weiterer, in realen Regelungen ganz wichtiger Punkt ist die Stellgrößenbegrenzung und die damit zusammenhängenden Anti-Windup-Maßnahmen. Ihm wird das abschließende Kapitel des Buchs gewidmet.

Angesichts des beschränkten Platzes konnten bei Weitem nicht alle Themen aus dem Bereich der zeitdiskreten Regelungen behandelt werden. Daher konzentrieren sich die Ausführungen auf lineare und zeitinvariante Systeme. Lediglich im Kapitel 13 wird davon abgewichen, um die in der Praxis äußerst wichtigen Maßnahmen zu behandeln, die bei Stellgrößenbegrenzungen zur Vermeidung von Regler- und Strecken-Windup getroffen werden müssen. Aber auch innerhalb der Klasse der linearen und zeitinvarianten Regelungen konnten nicht alle bekannten bzw. gängigen Verfahren wiedergegeben werden. So wurde z. B. auf Frequenzkennlinien- und Wurzelortskurvenverfahren [SCHU13] aus Relevanzgründen verzichtet. Ebenfalls nicht behandelt werden z. B. Konzepte der sogenannten modellbasierten Regelungen [LUNZ16b], Robustheitsaspekte und Verfahren zur Identifikation der Streckenparameter.

Zum Verständnis des Buchs sollte die Laplace-Transformation bekannt und Grundkenntnisse von zeitkontinuierlich arbeitenden Regelungen vorhanden sein. Der Leser sollte des Weiteren in der Lage sein, Strukturbilder zu verstehen. Im zweiten Teil des Buchs wird außerdem intensiv von der Matrizenrechnung Gebrauch gemacht. Deshalb sollten auch hierzu entsprechende Grundkenntnisse vorliegen. Allgemein wird Mathematikbasiswissen, wie es in Vorlesungen an Hochschulen vermittelt wird, vorausgesetzt.

Ich hoffe, mit meinem Buch dazu beizutragen, dass Studierende und Anwender zukünftig gegenüber zeitdiskreten Regelungen weniger Vorbehalte haben und wünsche den Lesern viele Erkenntnisse sowie nach der Lektüre einen selbstverständlichen Umgang mit den vorgestellten Methoden.

Mein Dank gilt meiner Frau, die die Manuskripterstellung tapfer erduldet hat, sowie dem VDE Verlag, namentlich Herrn Bernd Schultz, für die bewährte, stets zielorientierte und sehr angenehme Zusammenarbeit.