Hochschultext

Stefan Rolewicz

Funktionalanalysis und Steuerungstheorie

Übersetzt aus dem Polnischen
von D. Pallaschke

Mit 10 Abbildungen

Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York 1976

Stefan Rolewicz
Instytut Matematyczny, Polskiej Akademii Nauk,
00-251 Warszawa, Polska

Übersetzer:
Diethard Pallaschke
Institut für Numerische und instrumentelle Mathematik,
Westfälische Wilhelms-Universität,
4400 Münster

Titel der polnischen Originalausgabe:
„Analiza funkcjonalna i teoria sterowania",
Copyright by Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1974

ISBN-13:978-3-540-08076-3 e-ISBN-13:978-3-642-66561-5
DOI: 10.1007/978-3-642-66561-5

Gesamtherstellung: fotokop, Wilhelm Weihert KG, Darmstadt

Vorwort

In den letzten Jahren haben sich die Sprache und Methoden der Funktionalanalysis als das grundlegende Werkzeug für die Optimierungstheorie und die optimale Steuerungstheorie herausgebildet. Viele Bücher über diese Gebiete benutzen ausschließlich die Sprache der Funktionalanalysis (z.B. KULIKOWSKI [1]).

In den normalen Kursen ist an der Polytechnika die Zahl der Vorlesungen über Funktionalanalysis relativ gering. Gleichzeitig gibt es aber auf dem Büchermarkt eine Reihe von Werken über Funktionalanalysis, in denen vom mathematischen Standpunkt aus die Probleme der Steuerungstheorie behandelt werden. Zu erwähnen sind hier einige recht schöne Lehrbücher, wie etwa: KULIKOWSKI [1], [2], HERMES-LA SALLE [1], PORTER [1]), in denen die Autoren den Apparat der Funktionalanalysis zur Bearbeitung von Aufgaben aus der Steuerungstheorie benutzen.

Das vorliegende Buch gehört in diesen Rahmen. Es stellt den Apparat der Funktionalanalysis so dar, daß er unmittelbar auf die Steuerungstheorie, insbesondere auf Systeme mit verteilten Parametern, anwendbar ist. Alle im Buch eingeführten Begriffe werden an Hand von physikalischen und technischen Beispielen erklärt. Dies gilt insbesondere für den rein funktionalanalytischen Teil, also die ersten vier Kapitel dieses Buches.

Den Stoff der ersten vier Kapitel findet man in jedem umfassenderen Lehrbuch über Funktionalanalysis (wobei möglicherweise einige Begriffe etwas anders sind, wie etwa der der Halbnorm). Der Unterschied zu den anderen Büchern liegt in der Art der Darstellung. So wird in diesem Teil des Buches nicht so sehr nach dem "wie?" als nach dem "wozu?" gefragt. Dennoch konnte diese Ansicht nicht überall realisiert werden, da die Wichtigkeit von manchen abstrakten Ergebnissen ziemlich schwer zu erklären ist.

Im ersten Teil dieses Buches werden im Rahmen der Funktionalanalysis alle grundlegenden Begriffe aus der Topologie und Maßtheorie (oft ohne Beweis) angegeben, so daß dieses Buch für einen Absolventen des Polytechnikums ohne jede weitere Literatur verständlich ist. Streng genommen enthält dieser Teil alle Vorbereitungen für Kapitel V, welche als der Schlüssel zu den weiteren Kapiteln dieses Buches bezeichnet werden kann. Weil der Stoff aus der Funktionalanalysis von diesem Standpunkt her ausgewählt worden ist, erklärt es sich, daß auf manche Aspekte, wie etwa die RIESZsche Theorie der kompakten Operatoren in dieser Darstellung verzichtet wurde.

In Kapitel V werden die allgemeinen linearen Systeme eingeführt und besprochen. Dabei bestand die Hauptschwierigkeit darin, die einzuführenden Begriffe einerseits so allgemein zu halten, daß man eine möglichst große Klasse von Objekten erfaßt und andererseits darauf zu achten, daß man mit diesen Begriffen noch genügend starke Sätze beweisen kann. Der in diesem Buch eingeführte Begriff des "linearen Systems" umfaßt insbesondere die Systeme mit verteilten Parametern. Für lineare Systeme und konvexe Nutzenfunktionen untersuchen wir die Minimal-Norm und Minimal-Zeit Aufgabe und geben hinreichende Bedingungen für die Existenz von Lösungen an. Weiterhin wird die allgemeine Beobachtungsaufgabe untersucht, und es werden eine Reihe wichtiger Aussagen über die optimale Beobachtbarkeit hergeleitet. Mit Beginn dieses Kapitels wollen wir unter einem "Beispiel" stets eines im mathematischen Sinne verstehen. Genauer: Von diesem Kapitel an behandeln wir in den Beispielen fast nur noch gewöhnliche oder partielle Differentialgleichungen, ohne dabei auf die technischen Systeme einzugehen, die durch solche Gleichungen beschrieben werden. Vielmehr setzen wir voraus, daß der Leser zahlreiche technische und ökonomische Systeme kennt, die man durch Differentialgleichungen beschreiben kann. Dieses Kapitel dürfte nach Ansicht des Autors wegen seiner Allgemeinheit und der komprimierten Darstellung schwierig sein. Eine weitere Schwierigkeit könnte sich auch dadurch ergeben, daß in diesem Kapitel viele neue Begriffe eingeführt werden, die dem Leser möglicherweise auch anderswoher nicht bekannt sind. Weiterhin werden in diesem Kapitel eine Reihe neuer Ergebnisse aus der Funktionalanalysis bewiesen.

Kapitel VI enthält die Anwendungen der im Kapitel V entwickelten Theorie auf endlich-dimensionale Systeme. Neben einigen Vereinfachungen der Beweise von bekannten Sätzen, enthält dieses Kapitel noch eine Reihe neuer Ergebnisse aus der Theorie der optimalen Beobachtung.

In Kapitel VII werden die ein-dimensionalen Systeme mit verteilten Parametern behandelt. Über dieses Gebiet existieren zwei grundlegende Bücher: BUTKOWSKI [1] behandelt die ein-dimensionalen Systeme vom Standpunkt des Ingenieurs und bei LIONS [1] findet man eine mathematische Behandlung der n-dimensionalen Systeme mit verteilten Parametern.

Das Buch von LIONS ist äußerst allgemein und präzise. Es benutzt allerdings die stark entwickelte Theorie der partiellen Differentialgleichungen, so daß es für den nicht spezialisierten Leser etwas schwierig ist.

In Kapitel VII werden die Ergebnisse von BUTKOWSKI [1] mit Hilfe der FOURIER-Methode verallgemeinert und präzise dargestellt. Nach Ansicht des Autors sind in diesem Kapitel die Paragraphen 7 und 8 von besonderem Interesse. Hier werden nämlich die Ergebnisse von DOLECKI [1] aus dem Gebiet der Beobachtungstheorie dargestellt.

Das Ende eines Beweises wird durch das Zeichen "■" angedeutet.

Ich danke Herrn Doc. Dr. Kazimier MOLANOWSKIE für die gründliche Durchsicht des Manuskriptes und für eine Reihe von Hinweisen, die zur Vervollständigung des Textes führten.

Vorwort zur deutschen Auflage

Dem Übersetzer dieses Buches, Herrn Prof. Dr. D. PALLASCHKE, möchte ich für seine sorgfältige Arbeit und für viele wertvolle Korrekturhinweise und Verbesserungsvorschläge danken.

Mein Dank gilt auch den Herren Professoren W. KRABS, E. MEISTER, W. WENDLAND und H. WERNER, die sich um die Herausgabe der deutschen Auflage meines Buches bemüht haben.

Die deutsche Auflage geht in folgenden Punkten über die polnische hinaus:

1) Störungstheorie für lineare Systeme und Bildstetigkeit (in Kapitel V, § 1)

2) Steuerbarkeit von zeitabhängigen Kontrollsystemen im Zusammenhang mit Sätzen über die Existenz einer universellen Zeit (in Kapitel V, § 4)

Warschau, Juni 1976 Stefan Rolewicz

Inhaltsverzeichnis