Burg / Haf / Wille

Höhere Mathematik für Ingenieure

Band II Lineare Algebra

Von Prof. Dr. rer. nat. Friedrich Wille †
Prof. Dr. rer. nat. Herbert Haf
Prof. Dr. rer. nat. Klemens Burg

Universität Kassel, Gesamthochschule

3., durchgesehene Auflage

Mit 124 Figuren, zahlreichen Beispielen
und 151 Übungen, zum Teil mit Lösungen

B. G. Teubner Stuttgart 1992

Prof. Dr. rer. nat. Klemens Burg

Geboren 1934 in Bochum. Von 1954 bis 1956 Tätigkeit in der Industrie. Von 1956 bis 1961 Studium der Mathematik und Physik an der Technischen Hochschule Aachen und 1961 Diplom-Prüfung in Mathematik. 1964 Promotion, von 1961 bis 1973 Wiss. Assistent und Akad. Rat/Oberrat, 1970 Habilitation und von 1973 bis 1975 Wiss. Rat und Professor an der Universität Karlsruhe. Seit 1975 Professor für Ingenieurmathematik an der Universität Kassel, Gesamthochschule.
Arbeitsgebiete: Mathematische Physik, Ingenieurmathematik.

Prof. Dr. rer nat. Herbert Haf

Geboren 1938 in Pfronten/Allgäu. Von 1956 bis 1960 Studium der Feinwerktechnik-Optik am Oskar-von-Miller-Polytechnikum München. Von 1960 bis 1966 Studium der Mathematik und Physik an der Technischen Hochschule Aachen und 1966 Diplomprüfung in Mathematik. Von 1966 bis 1970 Wiss. Assistent, 1968 Promotion und von 1970 bis 1974 Akad. Rat/Oberrat an der Universität Stuttgart. Von 1968 bis 1974 Lehraufträge an der Universität Stuttgart und seit 1974 Professor für Mathematik (Analysis) an der Universität Kassel. Seit 1985 Vorsitzender der Naturwissenschaftlich-Medizinischen Gesellschaft Kassel.
Arbeitsgebiete: Funktionalanalysis, Verzweigungs-Theorie, Approximationstheorie.

Prof. Dr. rer. nat. Friedrich Wille †

Geboren 1935 in Bremen. Von 1955 bis 1961 Studium der Mathematik und Physik an den Universitäten in Marburg, Berlin und Göttingen, 1961 Diplom und anschließend Industriepraxis. Von 1963 bis 1968 Wiss. Mitarbeiter der Aerodynamischen Versuchsanstalt (AVA) Göttingen, 1965 Promotion, Leiter des Rechenzentrums Göttingen. Von 1968 bis 1971 Wiss. Assistent an den Universitäten Freiburg und Düsseldorf und freier Wiss. Mitarbeiter der Deutschen Forschungs- u. Versuchsanstalt für Luft- u. Raumfahrt (DFVLR). 1970 Battelle-Institut Genf. 1971 Habilitation, 1972 Wiss. Rat und Professor in Düsseldorf. 1973 Professor für Angewandte Mathematik an der Universität Kassel.
Arbeitsgebiete: Aeroelastik, Nichtlineare Analysis, math. Modellierung.

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Höhere Mathematik für Ingenieure / Burg ; Haf ; Wille. –
Stuttgart : Teubner.

NE: Burg, Klemens; Haf, Herbert; Wille, Friedrich

Bd. 2. Lineare Algebra / von Friedrich Wille ... – 3., durchges.
Aufl. – 1992
ISBN 978-3-519-22956-8 ISBN 978-3-322-92692-0 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-322-92692-0

Satz: Schreibdienst Henning Heinze, Nürnberg

Vorwort

Der vorliegende Band II der Höheren Mathematik für Ingenieure enthält eine in sich geschlossene Darstellung der „Linearen Algebra“ mit vielfältigen Bezügen zur Technik und Naturwissenschaft.

Adressaten sind in erster Linie Ingenieurstudenten, aber auch Studenten der Angewandten Mathematik und Physik, etwa der Richtungen Technomathematik, mathematische Informatik, theoretische Physik. Sicherlich wird auch der „reine“ Mathematiker für ihn Interessantes in dem Buch finden.

Der Band ist - bis auf wenige Querverbindungen - unabhängig vom Band I „Analysis“ gestaltet, so daß man einen Kursus über Ingenieurmathematik auch mit dem vorliegenden Buch beginnen kann. (Beim Studium der Elektrotechnik wird z. B. gerne mit Linearer Algebra begonnen.) Vorausgesetzt werden lediglich Kenntnisse aus der Schulmathematik.

Auch die einzelnen Abschnitte des Buches sind mit einer gewissen Unabhängigkeit voneinander konzipiert, so daß Quereinstiege möglich sind. Dem Leser, der schon einen ersten Kursus über Lineare Algebra absolviert hat, steht in diesem Bande ein Nachschlagewerk zur Verfügung, welches ihm in der Praxis oder beim Examen eine Hilfe ist.

Die Bedeutung der Linearen Algebra für Technik und Naturwissenschaft ist in diesem Jahrhundert stark gestiegen. Insbesondere ist die Matrizen-Rechnung, die sich erst in den dreißiger Jahren in Physik und Technik durchzusetzen begann, heute ein starkes Hilfsmittel in der Hand des Ingenieurs. Darüber hinaus führt die Synthese von Linearer Algebra und Analysis zur Funktionalanalysis, die gerade in den letzten Jahrzehnten zu einem leistungsfähigen theoretischen Instrumentarium für Naturwissenschaft und Technik geworden ist.

Im ganzen erweist sich die Lineare Algebra - abgesehen von der elementaren Vektorrechnung - als ein Stoff mit höherem Abstraktionsgrad als er bei der Analysis auftritt. Obwohl dies dem Ingenieurstudenten zu Anfang gewisse Schwierigkeiten bereiten kann, so entspricht es doch der Entwicklung unserer heutigen Technik, die nach immer effektiveren mathematischen Methoden verlangt.

Zum **Inhalt:** Im Abschnitt 1 wird die Vektorrechnung in der Ebene und im dreidimensionalen Raum ausführlich entwickelt. Ihre Verwendbarkeit wird an vielen Anwendungsbeispielen aus dem Ingenieurbereich gezeigt.

Im Abschnitt 2 werden endlichdimensionale Vektorräume behandelt, wobei mit dem Spezialfall des $\mathbb{R}^n$ begonnen wird, sowie dem Gaußschen Algorithmus zur Lösung linearer Gleichungssyteme. Der Gaußsche Algorithmus zieht sich dann als Schlüsselmethode sowohl bei praktischen wie bei theoretischen Folgerungen durch das ganze Buch. Im zweiten Teil des Abschnittes 2 werden algebraische Grundstrukturen (Gruppen, Körper) sowie Vektorräume in moderner abstrakter Form eingeführt. Diesen Teil mag der Ingenieurstudent beim ersten Durchgang überspringen, wenngleich die algebraischen Strukturen für ein späteres tieferes Verständnis notwendig sind.

Der Abschnitt 3 enthält dann in ausführlicher Form die Theorie der Matrizen, verbunden mit linearen Gleichungssystemen, Eigenwertproblemen und geometrischen Anwendungen im dreidimensionalen Raum. Zu diesem mächtigen Instrument für Theorie und Anwendung werden überdies numerische Verfahren für den Computereinsatz angegeben, und zwar bei linearen Gleichungssytemen mit kleinen und großen (schwach besetzten) Matrizen, sowie bei Eigenwertproblemen.

Der vierte Abschnitt behandelt in exemplarischer Weise aktuelle Anwendungen der Linearen Algebra auf die Theorie der Stabwerke, der elektrischen Netzwerke, sowie der Robotik. Hier wird insbesondere ein Einblick in die Kinematik technischer Roboter gegeben.

Da der Band weit mehr Stoff enthält, als man in einer Vorlesung unterbringen kann, ließe sich ein Kursus für Anfänger an Hand des folgenden „Fahrplans“ zusammenstellen:

Vektorrechnung im $\mathbb{R}^2$ und $\mathbb{R}^3$ (Auswahl aus Abschnitt 1)
Vektorräume $\mathbb{R}^n$ und $\mathbb{C}^n$, lineare Gleichungssysteme, Gaußscher Algorithmus (Abschnitte 2.1 und 2.2 bis 2.2.4)
Matrizenrechnung (Auswahl aus 3.1–3.3, dazu 3.5.1)
Determinanten (Auswahl aus 3.4, Schwerpunkt 3.4.9)
Lineare Gleichungssysteme (Abschnitte 3.6.1 und 3.6.3)
Eigenwerte und Eigenvektoren (3.7.1, 3.7.2, 3.7.5; Auswahl aus 3.7.3 und 3.7.4)
Matrix-Polynome (Auswahl aus 3.9.1–3.9.3)
Drehungen, Koordinatentransformationen (Abschnitte 3.10.1, 3.10.3, 3.10.6 und 3.10.8: Satz über Hauptachsentransformation ohne Beweis)
Kegelschnitte und Flächen 2. Ordnung (Abschnitte 3.10.9, 3.10.10, zur Erholung, falls noch Zeit bleibt)

Durch eingestreute Anwendungen, insbesondere aus dem Abschnitt 4, läßt sich der Stoff anreichern.

Das Buch ist in Zusammenarbeit aller drei Verfasser entstanden. Die Kapitel 1 und 2, die Abschnitte 3.1 bis 3.8 sowie Abschnitt 3.10 wurden von Friedrich Wille verfaßt. Das Anwendungskapitel 4, Abschnitt 3.9 und einige weitere Teile stammen von Herbert Haf. Dabei wurden beide Autoren durch ein Skriptum von Klemens Burg unterstützt.

Die Autoren danken Herrn Doz. Dr. W. Strampp, Herrn Dr. B. Billhardt und Herrn F. Renner für geleistete Korrekturarbeiten und Aufgabenlösungen. Herrn K. Strube gilt unser Dank für das sorgfältige Anfertigen der Bilder und Frau E. Münstedt für begleitende Schreibarbeiten. Unser besonderer Dank gilt Frau F. Ritter, die mit äußerster Sorgfalt den allergrößten Teil der Reinschrift erstellt hat. Schließlich danken wir dem Teubner-Verlag für geduldige und hilfreiche Zusammenarbeit in allen Phasen.

Die günstige Aufnahme dieses Bandes erfordert schon nach kurzer Zeit eine Neuauflage. Der Text ist gegenüber der Erstauflage unverändert geblieben. Es wurden lediglich einige Figuren verbessert und Druckfehler ausgemerzt. Die Verfasser erhoffen ein weiterhin positives Echo auch dieser Auflage durch den Leser.

September 1989 Die Verfasser

Vorwort zur dritten Auflage

Die vorliegende Auflage von Band II unterscheidet sich im Aufbau und Text kaum von der vorangehenden Auflage. Das Schriftbild wurde aber mit Hilfe eines Computerschreibprogramms neu gestaltet. Die Verfasser hoffen, mit dieser verbesserten Erscheinungsform dem Leser entgegenzukommen.

Unser Mitautor Friedrich Wille ist am 9. August dieses Jahres verstorben. Er war maßgeblich an diesem Band beteiligt.

Kassel, im August 1992 Herbert Haf

Inhalt

Band I: Analysis (F. Wille)

Band III: Gewöhnliche Differentialgleichungen, Distributionen, Integraltransformationen (H. Haf)

Gewöhnliche Differentialgleichungen

Distributionen

Integraltransformationen

Band IV: Vektoranalysis und Funktionentheorie (H. Haf, F. Wille)

Vektoranalysis (F. Wille)