Teubner Studienbücher

Physik/Chemie

Becher/Böhm/Joos: **Eichtheorien der starken und elektroschwachen Wechselwirkung** 2. Aufl. DM 38,–

Bourne/Kendall: **Vektoranalysis.** 2. Aufl. DM 26,80

Daniel: **Beschleuniger.** DM 26,80

Elschenbroich/Salzer: **Organometallchemie.** 2. Aufl. DM 46,–

Engelke: **Aufbau der Moleküle.** DM 38,–

Fischer/Kaul: **Mathematik für Physiker**
Band 1: Grundkurs. DM 48,–

Goetzberger/Wittwer: **Sonnenenergie.** DM 26,80

Gross/Runge: **Vielteilchentheorie.** DM 38,–

Großer: **Einführung in die Teilchenoptik.** DM 26,80

Großmann: **Mathematischer Einführungskurs für die Physik.** 5. Aufl. DM 34,–

Heil/Kitzka: **Grundkurs Theoretische Mechanik.** DM 39,–

Heinloth: **Energie.** DM 42,–

Kamke/Krämer: **Physikalische Grundlagen der Maßeinheiten.** DM 23,80

Kleinknecht: **Detektoren für Teilchenstrahlung.** 2. Aufl. DM 29,80

Kneubühl: **Repetitorium der Physik.** 3. Aufl. DM 46,–

Kneubühl/Sigrist: **Laser.** DM 42,–

Kopitzki: **Einführung in die Festkörperphysik.** DM 36,–

Kröger/Unbehauen: **Technische Elektrodynamik.** DM 39,80

Kunze: **Physikalische Meßmethoden.** DM 26,80

Lautz: **Elektromagnetische Felder.** 3. Aufl. DM 32,–

Lindner: **Drehimpulse in der Quantenmechanik.** DM 26,80

Lohrmann: **Einführung in die Elementarteilchenphysik.** DM 24,80

Lohrmann: **Hochenergiephysik.** 3. Aufl. DM 34,–

Mayer-Kuckuk: **Atomphysik.** 3. Aufl. DM 34,–

Mayer-Kuckuk: **Kernphysik.** 4. Aufl. DM 38,–

Mommsen: **Archäometrie.** DM 38,–

Neuert: **Atomare Stoßprozesse.** DM 26,80

Nolting: **Quantentheorie des Magnetismus**
Teil 1: Grundlagen. DM 36,–
Teil 2: Modelle. DM 36,–

Primas/Müller-Herold: **Elementare Quantenchemie.** DM 39,–

Raeder u. a.: **Kontrollierte Kernfusion.** DM 42,–

Rohe: **Elektronik für Physiker.** 3. Aufl. DM 29,80

Rohe/Kamke: **Digitalelektronik.** DM 26,80

Schatz/Weidinger: **Nukleare Festkörperphysik.** DM 32,–

Schmidt: **Meßelektronik in der Kernphysik.** DM 26,80

Fortsetzung auf der letzten Textseite

Mathematischer Einführungskurs für die Physik

Von Dr. rer. nat. Siegfried Großmann
Professor an der Universität Marburg

5., durchgesehene und erweiterte Auflage
Mit 92 Figuren, 102 Beispielen
und 201 Selbsttests mit Lösungen

B. G. Teubner Stuttgart 1988

Prof. Dr. rer. nat. Siegfried Großmann

1930 geb. in Quednau/Königsberg; 1952 1. Lehrerprüfung an der P.H. Berlin; 1956 Staatsexamen an der Freien Universität Berlin, anschließend Schuldienst; 1958 Studienassessor; 1959–63 wissenschaftlicher Assistent in Theoretischer Physik; 1960 Promotion F.U. Berlin zum Dr. rer. nat.; 1962 Habilitation für Theoretische Physik an der F.U. Berlin; 1963 Konservator an der T.H. München; 1964 a.o. Professor an der Philipps-Universität Marburg; 1966 o. Professor für Theoretische Physik, Marburg.
Arbeitsgebiete: Statistische Physik, Mathematische Physik.

CIP-Titelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Grossmann, Siegfried:
Mathematischer Einführungskurs für die Physik / von Siegfried Grossmann. – 5., durchges. u. erw. Aufl. – Stuttgart : Teubner, 1988
(Teubner-Studienbücher : Physik)
ISBN 978-3-519-43028-5 ISBN 978-3-322-92708-8 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-322-92708-8

Satz: Elsner & Behrens GmbH, Oftersheim

Umschlaggestaltung: W. Koch, Sindelfingen

Meiner Frau
und unseren Kindern

Vorwort

Es ist ein altes Problem in der Anfangsausbildung in Physik: Man braucht ein gewisses Repertoire an mathematischen Kenntnissen und Fähigkeiten. Es handelt sich zunächst um ein relativ beschränktes, jedoch zum Teil recht spezifisches Repertoire. Vor allem: man braucht es r e c h t z e i t i g.
Dieses zu vermitteln und zwar wenn irgend möglich in Tutorien, kleinen Arbeitsgemeinschaften, im Selbststudium, aber auch als Vorlesungsbegleittext, stellt sich das vorliegende Studienbuch als Aufgabe. Es sollen Studienanfänger im ersten Studienjahr angesprochen und möglichst weit geführt werden. Nur das letzte Kapitel geht deutlich darüber hinaus und wird den Fortgeschrittenen interessieren. Daher ist der Text zunächst ausführlich in seiner Argumentation und führt erst allmählich zu straffen, redundanzarmen Formulierungen. Die Motivation wird in physikalischen Fragestellungen gesucht. Die Auswahl der behandelten Themen ist orientiert an Bedürfnissen der Physik, so wie sie in den experimentellen Vorlesungen oder den klassischen theoretischen Kursvorlesungen auftreten. Dabei kann auf vieles verzichtet werden, was die Studenten in den mathematischen Kursvorlesungen f r ü h g e n u g lernen können.
Ein wichtiges Element einer Lehraufgabe besteht m. E. darin, sich nicht allein mit der Faktenmitteilung zu begnügen. Ich habe vielmehr versucht, auch den „Werkzeugcharakter" mathematischer Begriffsbildungen oder Erkenntnisse herauszuarbeiten. Wo nötig, werden durch äquivalente oder redundante Formulierungen Lernhilfen gegeben.
Diesem Zweck dienen insbesondere zahlreiche ausgearbeitete Beispiele. Sie sollen den Leser – falls es ihm als angenehm und hilfreich erscheint – eng durch konkrete, z. T. rechnerische Aufgaben führen und dadurch „exemplarisches" Lernen erlauben. Die Absolvierung dieses „Trainingsprogramms" sei jedem Leser sehr nahegelegt. Könnerschaft ohne stetige Erprobung und Übung wird nur sehr wenigen geschenkt sein! Der Selbstbestätigung und dem Anreiz, alleine Problemchen mit frisch erworbenen Fähigkeiten zu knacken, dienen die zahlreichen „Übungen zum Selbsttest". Sie sind ganz überwiegend so eng mit dem jeweiligen Erkenntnisstand des Textes verknüpft, daß ihre Bewältigung eine lösbare Aufgabe ist. Ja, sie sind eigentlich kleine Abbilder dessen, was im weiteren Studium sowie im späteren Beruf immer wieder benötigt wird.

Wenn man ehrlich ist und keine Vogel-Strauß-Mentalität bevorzugt: Solange die Übungen zum Selbsttest nicht als einfach und leicht empfunden werden, ist das angestrebte Studienziel noch nicht erreicht. Man befrage Tutoren, Assistenten, Dozenten und gebe nicht auf! Der schließlich erworbene „mathematische Freischwimmer" wird die Grundlage für die kommenden Studienjahre sein.
Der vorgelegte Text ist bewußt a u c h unter didaktischen Gesichtspunkten konzipiert worden. Daher sei schon hier eine erste Aufgabe zum Nachdenken gestellt: Der Leser mache sich Gedanken, ob und wie es b e s s e r geht. – Da es natürlich zu jedem vorgefundenen Konzept eine oder mehrere Alternativen gibt, verfalle man nicht dem zwar naheliegenden aber falschen Schluß, es genüge, den obigen Terminus „besser" zu lesen als „ a n d e r s ". Für Verbesserungsvorschläge bin ich stets dankbar – sicher auch mancher zukünftige Leser, der davon profitiert. Inhalt und Umfang des Buches sind mehrfach erprobt worden. Durch Kontakte mit Übungsleitern und Tutoren sowie durch eigene Erfahrungen in kleinen Übungsgruppen habe ich versucht, den Bedürfnissen der Studienanfänger Rechnung zu tragen. Allen sei herzlich gedankt, die auf diese Weise zum Nutzen der Leser am Gelingen mitgewirkt haben.
Besonders erfreut bin ich über die Hinweise aus Ingenieur-Kreisen, daß das Studienbuch auch für den mathematische Betrachtungen benötigenden Ingenieur ein nützliches Hilfsmittel darstellt, so daß der Benutzerkreis größer ist als der Kreis der angehenden Physiker, Mathematiker und weiteren Naturwissenschaftler.
Die vorliegende 5. Auflage hat eine ganze Reihe von kleineren inhaltlichen Ergänzungen, Präzisierungen und Verbesserungen in der Darstellung erfahren, die überwiegend aus der Vorlesung hervorgegangen sind. Nur noch ganz wenige Druckfehler waren auszumerzen. Nützlich mag eine übersichtliche Darstellung der Integralsätze im $\mathbb{R}^4$ sein, wie sie z. B. in der relativistischen Feldphysik im vierdimensionalen Raum-Zeit-Kontinuum Verwendung finden. Den in der 3. Auflage schon teilweise eingefügten Abschnitten über Vektorrandwertaufgaben, über die Bestimmung von Feldern aus ihren Quellen und Wirbeln sowie der kleinen Einführung in die Methode der Greenschen Funktionen ist ein eigenes Kapitel zugewiesen worden, das inhaltlich erheblich erweitert wurde. Die gekoppelten Vektor- und Skalar-Differentialgleichungen der Elektrodynamik, der Elastizitätstheorie und der (linearen) Hydrodynamik werden behandelt. Gezeigt wird, wie man sie entkoppeln kann, auch Eich-Kopplungen vermeidet, und wie man sie unabhängig von speziellen Symmetrien der Geometrie stets auf skalare Gleichungen zurückführen kann. Diese Abschnitte gehen über die bestehende Lehrbuch-, sogar Handbuchliteratur hinaus, in denen nur hier und dort Spezialfälle behandelt werden.

Marburg, im Januar 1988 S. Großmann

Inhalt

1. Vektoren

6. Integralsätze

Anhang

Häufig verwendete Symbole

$=:$	definitionsgemäß gleich
$\equiv$	identisch gleich
$\hat{=}$	entspricht
$\vec{a}, \vec{r}, \ldots$	Vektor a, Vektor r, ...
$a, \lvert\vec{a}\rvert$	Beträge des Vektors $\vec{a}$
a_i	Vektorkomponenten
$\vec{e}, \vec{a}^0$	Einheitsvektoren
$\vec{a} \cdot \vec{b}$	Inneres Produkt
$\vec{a} \times \vec{b}$	Äußeres Produkt
δ_{ij}	$= \begin{cases} 1 & \text{für } i = j \\ 0 & \phantom{\text{für }} i \neq j \end{cases}$
ϵ_{ijk}	$= \begin{cases} 1 & \text{falls } i, j, k \text{ zyklisch zu } 1, 2, 3 \\ -1 & \phantom{\text{falls }} i, j, k \text{ antizyklisch zu } 1, 2, 3 \\ 0 & \phantom{\text{falls }} \text{sonst} \end{cases}$
(a_{ij})	Matrix
$(D_{ij}), D$	Drehmatrix
$\mathbf{1}$	Einheitsmatrix
r, ϑ, φ	Polarkoordinaten
ρ, φ, z	Zylinderkoordinaten
$\partial\phi/\partial x_i, \partial_i$	partielle Ableitung nach x_i
$\text{grad}\, \phi, \partial\phi/\partial\vec{r}$	Gradient des skalaren Feldes ϕ
$\text{div}\, \vec{A}$	Divergenz des vektoriellen Feldes $\vec{A}$
$\text{rot}\, \vec{A}$	Rotation (= curl)
$\vec{\nabla}$	Nabla-Operator
$\int_C \ldots$	Linien- bzw. Kurvenintegral
$\oint$	geschlossenes Kurven- oder Flächenintegral