



David J. Griffiths

Elektrodynamik

Eine Einführung

3., aktualisierte Auflage

Aktualisierte Auflage 2015

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Die Informationen in diesem Buch werden ohne Rücksicht auf einen eventuellen Patentschutz veröffentlicht. Warennamen werden ohne Gewährleistung der freien Verwendbarkeit benutzt.

Bei der Zusammenstellung von Texten und Abbildungen wurde mit größter Sorgfalt vorgegangen. Trotzdem können Fehler nicht ausgeschlossen werden. Verlag, Herausgeber und Autoren können für fehlerhafte Angaben und deren Folgen weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernehmen. Für Verbesserungsvorschläge und Hinweise auf Fehler sind Verlag und Autoren dankbar.

Authorized translation from the English language edition, entitled INTRODUCTION TO ELECTRODYNAMICS, 3rd Edition by DAVID GRIFFITHS, published by Pearson Education, Inc, publishing as Addison-Wesley, Copyright © 2009. All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

GERMAN language edition published by

PEARSON EDUCATION DEUTSCHLAND GMBH, Copyright © 2011

Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Die gewerbliche Nutzung der in diesem Produkt gezeigten Modelle und Arbeiten ist nicht zulässig.

Fast alle Produktbezeichnungen und weitere Stichworte und sonstige Angaben, die in diesem Buch verwendet werden, sind als eingetragene Marken geschützt. Da es nicht möglich ist, in allen Fällen zeitnah zu ermitteln, ob ein Markenschutz besteht, wird das ®-Symbol in diesem Buch nicht verwendet.

10 9 8 7 6 5 4 3 2

17 16 15

ISBN 978-3-86894-057-2

© 2011 by Pearson Deutschland GmbH

Lilienthalstraße 2, 85399 Hallbergmoos/Germany

Alle Rechte vorbehalten

www.pearson.de

Programmleitung: Birger Peil, bpeil@pearson.de

Umschlaggestaltung: Thomas Arlt, tarlt@adesso21.net

Herstellung: Philipp Burkart, pburkart@pearson.de

Übersetzer : Dr. Gunnar Radons, Mannheim

Fachlektor: Professor Dr. Ulrich Schollwöck, Universität München (LMU)

Sprachkorrektorat: Carsten Heinisch, Kaiserslautern (www.redaktor.de)

Satz: le-tex publishing services GmbH, Leipzig

Druck und Verarbeitung: Drukarnia Dimograf, Bielsko-Biala

Printed in Poland

Elektrodynamik - PDF

Inhaltsverzeichnis

Elektrodynamik

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Vorbemerkungen

Vorwort zur deutschen Ausgabe

Kapitel 1 Vektoranalysis

1.1 Vektoralgebra

1.1.1 Vektoroperationen

1.1.2 Vektoralgebra in der
Komponentenform

1.1.3 Dreierprodukte

1.1.4 Orts-, Verschiebungs- und
Verbindungsvektoren

1.1.5 Wie sich Vektoren
transformieren

1.2 Differentialrechnung

1.2.1 „Gewöhnliche“ Ableitungen

1.2.2 Gradient

1.2.3 Der Operator

1.2.4 Die Divergenz

1.2.5 Die Rotation

1.2.6 Produktregeln

1.2.7 Zweite Ableitungen

1.3 Integralrechnung

1.3.1 Pfad-, Flächen- und
Volumenintegrale

1.3.2 Der Fundamentalsatz der
Differentialrechnung

1.3.3 Der Fundamentalsatz für den
Gradienten

1.3.4 Der Fundamentalsatz für die
Divergenz

1.3.5 Der Fundamentalsatz für die
Rotation

1.3.6 Partielle Integration

1.4 Krummlinige Koordinaten

1.4.1 Sphärische Polarkoordinaten

1.4.2 Zylinderkoordinaten

1.5 Die Dirac'sche Deltafunktion

Inhaltsverzeichnis

- 1.5.1 Die Divergenz von \hat{r}/r^2
- 1.5.2 Die eindimensionale Dirac'sche Deltafunktion
- 1.5.3 Die dreidimensionale Deltafunktion

1.6 Die Theorie der Vektorfelder

- 1.6.1 Das Helmholtz-Theorem
- 1.6.2 Potentiale

Kapitel 2 Elektrostatik

2.1 Das elektrische Feld

- 2.1.1 Einleitung
- 2.1.2 Das Coulomb'sche Gesetz
- 2.1.3 Das elektrische Feld
- 2.1.4 Kontinuierliche Ladungsverteilungen

2.2 Divergenz und Rotation elektrostatischer Felder

- 2.2.1 Feldlinien, Fluss und Gauß'sches Gesetz
- 2.2.2 Die Divergenz von E
- 2.2.3 Anwendungen des Gauß'schen Gesetzes
- 2.2.4 Die Rotation von E

2.3 Das elektrische Potential

- 2.3.1 Einführung in Potentiale
- 2.3.2 Anmerkungen zu Potentialen
- 2.3.3 Poisson-Gleichung und Laplace-Gleichung
- 2.3.4 Das Potential einer örtlich begrenzten Ladungsverteilung
- 2.3.5 Zusammenfassung; Randbedingungen der Elektrostatik

2.4 Arbeit und Energie in der Elektrostatik

- 2.4.1 Die zur Bewegung einer Ladung notwendige Arbeit
- 2.4.2 Die Energie einer Gruppe von Punktladungen
- 2.4.3 Die Energie einer kontinuierlichen Ladungsverteilung
- 2.4.4 Anmerkungen zur elektrostatischen Energie

2.5 Leiter

Inhaltsverzeichnis

- 2.5.1 Grundlegende Eigenschaften
- 2.5.2 Induzierte Ladungen
- 2.5.3 Flächenladungen und die Kraft auf einen Leiter
- 2.5.4 Kondensatoren

Kapitel 3 Spezielle Techniken

3.1 Laplace-Gleichung

- 3.1.1 Einleitung
- 3.1.2 Die Laplace-Gleichung in einer Dimension
- 3.1.3 Die Laplace-Gleichung in zwei Dimensionen
- 3.1.4 Die Laplace-Gleichung in drei Dimensionen
- 3.1.5 Randbedingungen und Eindeutigkeitsätze
- 3.1.6 Leiter und der zweite Eindeutigkeitsatz

3.2 Die Methode der Spiegelladungen

- 3.2.1 Das klassische Problem der Spiegelladung
- 3.2.2 Induzierte Flächenladung
- 3.2.3 Kraft und Energie
- 3.2.4 Andere Spiegelladungsprobleme

3.3 Separation der Variablen

- 3.3.1 Kartesische Koordinaten
- 3.3.2 Sphärische Koordinaten

3.4 Multipolentwicklung

- 3.4.1 Näherungsweise Potentiale in großen Entfernungen
- 3.4.2 Monopol- und Dipol-Terme
- 3.4.3 Koordinatenursprung in Multipolentwicklungen
- 3.4.4 Das elektrische Feld eines Dipols

Kapitel 4 Elektrische Felder in Materie

4.1 Polarisation

- 4.1.1 Dielektrika
- 4.1.2 Induzierte Dipole
- 4.1.3 Ausrichtung polarer Moleküle
- 4.1.4 Polarisation

Inhaltsverzeichnis

4.2 Das Feld eines polarisierten Objekts

- 4.2.1 Gebundene Ladungen
- 4.2.2 Physikalische Interpretation der Polarisationsladungen
- 4.2.3 Das Feld im Inneren eines Dielektrikums

4.3 Die dielektrische Verschiebung

- 4.3.1 Das Gauß'sche Gesetz in der Anwesenheit von Dielektrika
- 4.3.2 Eine irreführende Parallele
- 4.3.3 Randbedingungen

4.4 Lineare Dielektrika

- 4.4.1 Suszeptibilität, Dielektrizitätskonstante, Dielektrizitätszahl
- 4.4.2 Randwertprobleme bei linearen Dielektrika
- 4.4.3 Energie in dielektrischen Systemen
- 4.4.4 Kräfte auf Dielektrika

Kapitel 5 Magnetostatik

5.1 Die Lorentz-Kraft

- 5.1.1 Magnetfelder
- 5.1.2 Magnetische Kräfte
- 5.1.3 Ströme

5.2 Das Biot-Savart'sche Gesetz

- 5.2.1 Stationäre Ströme
- 5.2.2 Das Magnetfeld eines stationären Stroms

5.3 Divergenz und Rotation von \mathbf{B}

- 5.3.1 Geradlinige Ströme
- 5.3.2 Divergenz und Rotation von \mathbf{B}
- 5.3.3 Anwendungen des Ampère'schen Gesetzes
- 5.3.4 Vergleich zwischen Magnetostatik und Elektrostatik

5.4 Magnetisches Vektorpotential

- 5.4.1 Das Vektorpotential
- 5.4.2 Zusammenfassung, magnetostatische Randbedingungen
- 5.4.3 Multipolentwicklung des Vektorpotentials

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 6 Magnetische Felder in Materie

6.1 Magnetisierung

- 6.1.1 Diamagnete, Paramagnete und Ferromagnete
- 6.1.2 Drehmomente und Kräfte auf magnetische Dipole
- 6.1.3 Effekt eines Magnetfelds auf die Umlaufbahnen in Atomen
- 6.1.4 Magnetisierung

6.2 Das Feld eines magnetisierten Objekts

- 6.2.1 Polarisationsströme
- 6.2.2 Physikalische Interpretation von Polarisationsströmen
- 6.2.3 Das magnetische Feld im Inneren von Materie

6.3 Das magnetische Hilfsfeld H

- 6.3.1 Das Ampère'sche Gesetz in magnetisierten Materialien
- 6.3.2 Eine irreführende Parallele
- 6.3.3 Randbedingungen

6.4 Lineare und nichtlineare Medien

- 6.4.1 Magnetische Suszeptibilität und Permeabilität
- 6.4.2 Ferromagnetismus

Kapitel 7 Elektrodynamik

7.1 Elektromotorische Kraft

- 7.1.1 Ohm'sches Gesetz
- 7.1.2 Elektromotorische Kraft
- 7.1.3 Dynamische elektromotorische Kraft

7.2 Elektromagnetische Induktion

- 7.2.1 Das Faraday'sche Gesetz
- 7.2.2 Das induzierte elektrische Feld
- 7.2.3 Induktivität
- 7.2.4 Energie in Magnetfeldern

7.3 Die Maxwell'schen Gleichungen

- 7.3.1 Die Elektrodynamik vor Maxwell
- 7.3.2 Wie Maxwell das Ampère'sche Gesetz

Inhaltsverzeichnis

reparierte

7.3.3 Die Maxwell'schen Gleichungen

7.3.4 Magnetische Ladung

7.3.5 Maxwell'sche Gleichungen in
Materie

7.3.6 Randbedingungen

Kapitel 8 Erhaltungssätze

8.1 Ladung und Energie

8.1.1 Die Kontinuitätsgleichung

8.1.2 Der Poynting'sche Satz

8.2 Impuls

8.2.1 Das dritte Newton'sche Gesetz in der
Elektrodynamik

8.2.2 Der Maxwell'sche
Spannungstensor

8.2.3 Impulserhaltung

8.2.4 Drehimpuls

Kapitel 9 Elektromagnetische Wellen

9.1 Wellen in einer Dimension

9.1.1 Die Wellengleichung

9.1.2 Sinusförmige Wellen

9.1.3 Randbedingungen: Reflexion und
Transmission

9.1.4 Polarisation

9.2 Elektromagnetische Wellen im Vakuum

9.2.1 Die Wellengleichung für E und
B

9.2.2 Monochromatische ebene Wellen

9.2.3 Energie und Impuls in elektromagnetischen
Wellen

9.3 Elektromagnetische Wellen in Materie

9.3.1 Ausbreitung in linearen Medien

9.3.2 Reflexion und Transmission bei senkrechtem
Einfall

9.3.3 Reflexion und Transmission bei schrägem
Einfall

9.4 Absorption und Dispersion

9.4.1 Elektromagnetische Wellen in
Leitern

9.4.2 Reflexion an einer leitenden

Inhaltsverzeichnis

Oberfläche

9.4.3 Die Frequenzabhängigkeit der Dielektrizitätskonstante

9.5 GeführteWellen

9.5.1 Wellenleiter

9.5.2 TE-Wellen in rechtwinkligenWellenleitern

9.5.3 Koaxiale Übertragungsleitungen

Kapitel 10 Potentiale und Felder

10.1 Der Potentialformalismus

10.1.1 Skalare und Vektorpotentiale

10.1.2 Eichtransformationen

10.1.3 Coulomb-Eichung und Lorentz-Eichung

10.2 Kontinuierliche Verteilungen

10.2.1 Retardierte Potentiale

10.2.2 Die Jefimenko-Gleichungen

10.3 Punktladungen

10.3.1 Liénard-Wiechert-Potentiale

10.3.2 Die Felder einer bewegten Punktladung

Kapitel 11 Strahlung

11.1 Dipolstrahlung

11.1.1 Was ist Strahlung

11.1.2 Elektrische Dipolstrahlung

11.1.3 Magnetische Dipolstrahlung

11.1.4 Strahlung aus einer beliebigen Quelle

11.2 Punktladungen

11.2.1 Abgestrahlte Leistung einer Punktladung

11.2.2 Strahlungsreaktion

11.2.3 Die physikalische Grundlage der Strahlungsreaktion

Kapitel 12 Elektrodynamik und Relativität

12.1 Die spezielle Relativitätstheorie

12.1.1 Die Einstein'schen Postulate

12.1.2 Die Geometrie der Relativitätstheorie

Inhaltsverzeichnis

12.1.3 Die Lorentz-Transformationen

12.1.4 Die Struktur der Raumzeit

12.2 Relativistische Mechanik

12.2.1 Eigenzeit und
Eigengeschwindigkeit

12.2.2 Relativistische Energie und relativistischer
Impuls

12.2.3 Relativistische Kinematik

12.2.4 Relativistische Dynamik

12.3 Relativistische Elektrodynamik

12.3.1 Magnetismus als relativistisches
Phänomen

12.3.2 Wie sich Felder
transformieren

12.3.3 Der Feldtensor

12.3.4 Elektrodynamik in
Tensornotation

12.3.5 Relativistische Potentiale

Anhang A Vektoranalysis in krummlinigen Koordinaten

A.1 Einführung

A.2 Schreibweisen

A.3 Gradient

A.4 Divergenz

A.5 Rotation

A.6 Laplace-Operator

Anhang B Das Helmholtz-Theorem

Anhang C Einheiten

Index

Weitere Infos zum Buch, Downloads, etc.

Copyright

Copyright

Daten, Texte, Design und Grafiken dieses eBooks, sowie die eventuell angebotenen eBook-Zusatzdaten sind urheberrechtlich geschützt. Dieses eBook stellen wir lediglich als **persönliche Einzelplatz-Lizenz** zur Verfügung!

Jede andere Verwendung dieses eBooks oder zugehöriger Materialien und Informationen, einschließlich

- der Reproduktion,
- der Weitergabe,
- des Weitervertriebs,
- der Platzierung im Internet, in Intranets, in Extranets,
- der Veränderung,
- des Weiterverkaufs und
- der Veröffentlichung

bedarf der **schriftlichen Genehmigung** des Verlags. Insbesondere ist die Entfernung oder Änderung des vom Verlag vergebenen Passwortschutzes ausdrücklich untersagt!

Bei Fragen zu diesem Thema wenden Sie sich bitte an: info@pearson.de

Zusatzdaten

Möglicherweise liegt dem gedruckten Buch eine CD-ROM mit Zusatzdaten bei. Die Zurverfügungstellung dieser Daten auf unseren Websites ist eine freiwillige Leistung des Verlags. **Der Rechtsweg ist ausgeschlossen.**

Hinweis

Dieses und viele weitere eBooks können Sie rund um die Uhr und legal auf unserer Website herunterladen:

<http://ebooks.pearson.de>