

}essentials{

Siegmund Brandt ·
Hans Dieter Dahmen ·
Claus Grupen · Tilo Stroh

Elektrodynamik

Von den Maxwell-Gleichungen über
die Elektro- und Magnetostatik zur
elektromagnetischen Induktion



Springer Spektrum

essentials

essentials liefern aktuelles Wissen in konzentrierter Form. Die Essenz dessen, worauf es als „State-of-the-Art“ in der gegenwärtigen Fachdiskussion oder in der Praxis ankommt. *essentials* informieren schnell, unkompliziert und verständlich

- als Einführung in ein aktuelles Thema aus Ihrem Fachgebiet
- als Einstieg in ein für Sie noch unbekanntes Themenfeld
- als Einblick, um zum Thema mitreden zu können

Die Bücher in elektronischer und gedruckter Form bringen das Fachwissen von Springerautor*innen kompakt zur Darstellung. Sie sind besonders für die Nutzung als eBook auf Tablet-PCs, eBook-Readern und Smartphones geeignet. *essentials* sind Wissensbausteine aus den Wirtschafts-, Sozial- und Geisteswissenschaften, aus Technik und Naturwissenschaften sowie aus Medizin, Psychologie und Gesundheitsberufen. Von renommierten Autor*innen aller Springer-Verlagsmarken.

Weitere Bände in der Reihe <https://link.springer.com/bookseries/13088>

Siegmund Brandt · Hans Dieter Dahmen ·
Claus Grupen · Tilo Stroh

Elektrodynamik

Von den Maxwell-Gleichungen über
die Elektro- und Magnetostatik zur
elektromagnetischen Induktion



Springer Spektrum

Siegmund Brandt (1936–2016)
Department Physik
Universität Siegen
Siegen, Deutschland

Hans Dieter Dahmen
Department Physik
Universität Siegen
Siegen, Deutschland

Claus Grupen
Department Physik
Universität Siegen
Siegen, Deutschland

Tilo Stroh
Department Physik
Universität Siegen
Siegen, Deutschland

ISSN 2197-6708
essentials

ISSN 2197-6716 (electronic)

ISBN 978-3-662-64312-9

ISBN 978-3-662-64313-6 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-662-64313-6>

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

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert durch Springer-Verlag GmbH, DE, ein Teil von Springer Nature 2021

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Lisa Edelhäuser

Springer Spektrum ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Was Sie in diesem *essential* finden können

Die Elektrodynamik ist eines der grundlegenden Teilgebiete der Physik. In diesem Essential konzentrieren wir uns auf die Vermittlung der wichtigsten Grundbegriffe, von der Elektrostatik, den Phänomenen des elektrischen Stromes bis hin zu den Maxwell-Gleichungen und der aus ihnen abgeleiteten Erkenntnisse. Sie lernen die Begriffe Ladung, Dipol, elektrisches Feld, magnetisches Feld, Lorentz-Kraft und die Wechselbeziehungen zwischen elektrischen und magnetischen Feldern wie die Induktion kennen. Die grundlegenden Eigenschaften der Elektrodynamik werden exemplarisch an elementaren Zusammenhängen wie dem Coulombschen Gesetz, dem elektrostatischen Potential von Punktladungen und dem Dipol erläutert. Analog werden die entsprechenden Zusammenhänge im Falle der Magnetfelder behandelt. Insbesondere wird Wert auf die Beschreibung der elektrischen Eigenschaften der Materie gelegt. Ergänzt werden diese Themen durch kurze Beschreibungen der elektromagnetischen Potentiale und ihrer Eichungen sowie des Energieerhaltungssatzes für Teilchen und Felder. Der Beitrag von Maxwell, die elektrischen und magnetischen Phänomene einheitlich durch die Maxwell-Gleichungen zu beschreiben, wird bereits nach einer kurzen historischen Einleitung den Einzelthemen vorangestellt. Das Ende dieses Essentials bildet ein kurzer mathematischer Anhang zur Differentiation von Skalar- und Vektorfeldern und die verwendeten Sätze bei der Integration von Vektorfeldern.

Vorwort

Die Elektrodynamik ist neben der Mechanik das älteste Teilgebiet der Physik als exakter Wissenschaft. Viele ihrer Begriffe sind auch in anderen Teilgebieten und insbesondere in vielen technischen Anwendungen von Bedeutung. Deshalb nimmt die Elektrodynamik gewöhnlich in den ersten Semestern des Studiums der Physik einen breiten Platz ein. Dieses Essential orientiert sich an den Lehrbüchern Brandt, Dahmen (siehe Literaturverzeichnis), die im Text als [E] und [M] zitiert werden. Es stellt nicht unerhebliche mathematische Anforderungen an die Leserinnen und Leser, nämlich solide (Schul-)Kenntnisse der Differential- und Integralrechnung einer Variablen und Kenntnisse der Vektorrechnung und Vektoranalysis. Um den Einstieg in den eigentlichen Text etwas zu erleichtern, werden einige unbedingt benötigte mathematischen Operationen und Zusammenhänge im Anhang dieses Essentials dargestellt. Eine ausführliche Darstellung der mathematischen Hilfsmittel finden Sie im Buch [E] von Brandt, Dahmen, Anhang B, C, F und G. Schwerpunkte dieses Essentials sind die Vermittlung der wichtigsten Begriffe und Methoden der Elektrodynamik. Wegen der Konzentration auf das Wesentliche werden Zwischenrechnungen weitgehend weggelassen. Sie können im ausführlichen Buch [E] von Brandt, Dahmen nachvollzogen werden. In diesem Essential werden wie oft nichtrelativistische Formeln verwendet, obwohl die forminvariante Beschreibung der Maxwell-Gleichungen notwendigerweise zur Relativistik führt. Die Wellenlösungen der Maxwell-Gleichungen, die Abstrahlung von schwingenden Dipolen und von beschleunigten Ladungen sowie das Gebiet der Relativistischen Elektrodynamik werden in einem zukünftigen, separaten Essential dargestellt.