

Berichte aus der Elektrotechnik

**Erich Boeck**

**Relativitätstheorie und Elektrotechnik**

Theoretische Grundlagen der Elektrotechnik  
aus der Sicht der speziellen Relativitätstheorie

(erweiterte Neuauflage)

Shaker Verlag  
Aachen 2012

### **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.

Dr.- Ing. Erich Boeck  
Technische Universität Hamburg-Harburg  
Institut für Technik, Arbeitsprozesse und Berufliche Bildung  
[www.pbb.tu-harburg.de/~pbbbo](http://www.pbb.tu-harburg.de/~pbbbo)  
[www.erich-boeck.de/](http://www.erich-boeck.de/)

Copyright Shaker Verlag 2012

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-1385-6  
ISSN 0945-0718

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen  
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9  
Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## Vorwort

Die spezielle Relativitätstheorie wurde 1905 veröffentlicht und gerade die Elektrodynamik war der Ausgangspunkt der Einstein'schen Überlegungen. Dennoch ist ihr Einfluss auf die Lehre in der Elektrotechnik nach meinem Ermessen relativ gering.

In der Arbeit wird gezeigt, dass die Begriffe der Elektrotechnik unter Einbeziehung der Relativitätstheorie sehr viel klarer und anschaulicher gefasst werden können. Dazu brauchen keine nicht nachweisbaren oder überflüssigen „Mechanismen“ bemüht werden, welche letzten Endes auch in der Quantenmechanik nicht dargestellt werden.

So ist zu erkennen, dass das elektrische Feld ( $\mathbf{E}$ ) immer im aktuellen Beobachtungssystem von einer ruhenden Probeladung „gemessen“ wird. Es kann ein invariantes Gesamtfeld aus der Kraft einer bewegten Ladung auf eine ebenfalls bewegte Probeladung definiert werden. Neben einem elektrischen Potential ergibt sich daraus sofort auch das Vektorpotential. Das Induktionsgesetz für die „Ruheinduktion“ kann unmittelbar aus der Vorstellung einer Ausbreitung von Stromänderungen mit endlicher Geschwindigkeit entlang eines Leiters aus dieser Kraft abgeleitet werden.

Damit lässt sich eine plausible Vorstellung begründen, bei der alle Vorgänge von einer Ladung ausgehen und sich nach dem Nahwirkungsprinzip in den Raum ausbreiten. Für die Elektrotechnik ist hierbei nur das Ergebnis dieser Wirkung von Bedeutung, nicht aber ihr „Mechanismus“. Nach dem Nahwirkungsprinzip sind im Ergebnis vier axiomatische Forderungen zu erfüllen. Einerseits müssen die Verbindungen mit der gleichen Menge an Gegenladungen und deren Bewegung sowie andererseits alle Kraftwirkungen beschrieben werden.

Es ergibt sich durch die Untersuchungen eine Möglichkeit, das Magnetfeld anders zu fassen. Die genannte Vorstellung funktioniert auch mit diesem Magnetfeld ohne Bruch bis in die vierdimensionale Tensorschreibweise der relativistischen Elektrodynamik.

Die Darstellung ist gedacht für Interessenten, die die theoretischen Grundlagen der Elektrotechnik kennen und geneigt sind, die Wirkungsmechanismen weiter zu diskutieren. Es erfolgt der Versuch einer deduktiven Ableitung der Gesetzmäßigkeiten einschließlich der Maxwell'schen Gleichungen.

Mein Dank gilt insbesondere meiner Frau und meinen Kindern für die Unterstützung und den fortwährenden Ansporn. Frau Helga Engel danke ich wiederum für die geduldige Durchsicht der Texte.



# 0 Inhaltsverzeichnis

0	Inhaltsverzeichnis.....	5
1	Einleitung.....	7
2	Begriffe und Größen des elektrischen Feldes.....	9
2.1	Ausgangspunkt elektrische Ladung.....	10
2.2	Verschiebungsfluss, -dichte.....	11
2.3	Elektrisches Feld.....	12
2.4	Strom und Stromdichte.....	13
2.5	Im Beobachtungssystem bewegte Ladungen.....	14
3	Begriffe mit Wirkungen bewegter Ladungen.....	15
3.1	Einsteins Relativitätsprinzip und Lorentztransformation.....	15
3.2	Kraft zwischen zwei bewegten Ladungen.....	18
3.3	Allgemeines elektrisches Feld.....	21
3.4	Potential und Spannung.....	22
3.5	Transformation von Raumladung und Stromdichte.....	26
3.6	Kraft eines Stromes auf eine Probeladung - Induktionsgesetz.....	28
3.7	Verschiebungsfluss, -dichte und Kontinuitätsgleichung.....	34
3.8	Einfluss eines Mediums auf die Felder.....	36
3.9	Das Faraday'sche Magnetfeld.....	37
3.10	Vorschlag für ein neues Magnetfeld.....	38
3.11	Übergang zur relativistischen Elektrodynamik.....	42
3.12	Darstellung als Modell mit verteilten Elementen.....	45
4	Zusammenfassung und Gegenüberstellung.....	49
4.1	Klassische Darstellungsform, aber ohne Magnetfeld.....	49
4.2	Darstellung mit dem Faraday'schen Magnetfeld.....	50
4.3	Darstellung mit vorgeschlagenem neuem Magnetfeld.....	51
4.4	Vergleich, Vor- und Nachteile, Folgerungen.....	53
5	Physikalische Begriffe der Quantenphysik.....	55
5.1	Von der klassischen zur Quantenphysik.....	55
5.2	Aussagen der Quantenfeldtheorie.....	58
5.3	Ergebnis und Folgerungen.....	59
6	Resümee für Elektrodynamik und Relativitätstheorie.....	61
7	Anlagen.....	65
7.1	Relativitätsprinzip aus den axiomatischen Forderungen.....	65
7.2	Berechnung des Feldes eines geraden Leiters.....	67
7.3	Berechnung der Induktivität eines Koaxialkabels.....	69
7.4	Berechnung der Induktivität einer Ringkernspule.....	70
7.5	Modell mit verteilten Elementen in Tensorform.....	71
8	Literaturverzeichnis.....	75