Magnetics 4 Freaks: Alles rund um den Elektromagnetismus WS 2026/27

150‘te Veranstaltung



Bitte



Danke!

Die Kolloquiumsreihe von Institut und Industrie

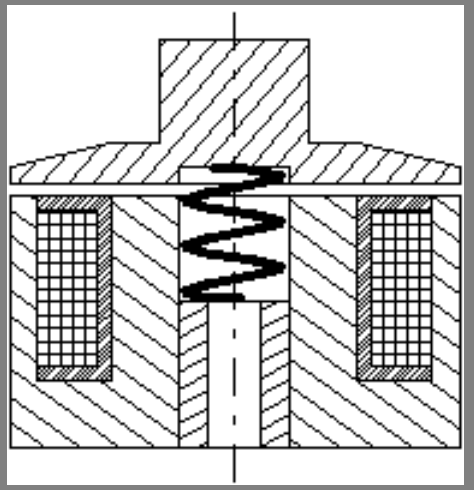


Foto: Wilhelm Feucht

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Ulm
Institut für schnelle mechatronische Systeme (ISM)
Institut für Digitalisierung und elektrische Antriebe (IDA)

Willkommen an der Reinhold-Würth-Hochschule in Künzelsau

Programm Wintersemester 2026/27:

Mittwoch, 28. Oktober 2026
16.30 bis 18.00 Uhr
Online
150. Veranstaltung

Mathematische Grundlagen, Maxwellgleichungen, magnetisches und unmagnetisches.
195 Jahre Induktionsgesetz



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Ulm
Hochschule Heilbronn, Campus Künzelsau

Schwerpunktgebiet in der Theorie der elektromagnetischen Felder und der elektro-magneto-mechanischen Wandler im Master-schwerpunkt Elektromagnetische Systeme (EMS).

Montag, 2. November 2026
13.30 - 16.00 Uhr | Labor Co08
Präsenz

Einführung in die Oszilloskop-Messtechnik -
Teilnehmerzahl begrenzt



Felix Schulz, B. Eng.
Hochschule Heilbronn, Campus Künzelsau

Studium der Elektrotechnik an der Fachhoch-schule Aalen. Seit 2026 technischer Mitarbeiter im Elektrotechnik-Labor am Campus Künzelsau mit Schwerpunkt auf elektrotechnischen Labor-versuchen, Messtechnik und der praxisnahen Vermittlung der Studieninhalte

Mittwoch, 18. November 2026
16.30 bis 18.00 Uhr
Online

Induktivitätsmessung mit MagHyst: Vorgehensweise zu robusten Messergebnissen



Tobias Trella, M.Sc.
Hochschule Heilbronn, Campus Künzelsau

Seit März 2020 wissenschaftlicher Mitarbeiter am IDA. Seine Forschungs- und Entwicklungs-tätigkeiten umfassen insbesondere die Ausle-gung und Simulation elektro-magneto-mechani-scher Energiewandler.

Mittwoch, 16. Dezember 2026
16.30 bis 18.00 Uhr
Online

Auslegung und Entwurf von elektrischen Antrieben für Ventilatoren mit großer Stückzahl



Martin Baun, M.Sc.
Fa. ebm-papst Mulfingen

Seit 2008 beschäftigt im Bereich der Motorvor-entwicklung und seit 2016 leitet er die Innovati-onsgruppe für Motoren mit den Schwerpunkten Elektromagnetik und Isolation.

Mittwoch, 20. Januar 2027
16.30 bis 18.00 Uhr
Online

Baryzentrische Koordinaten mit Anwendung



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Ulm
Hochschule Heilbronn, Campus Künzelsau

Schwerpunktgebiet in der Theorie der elektromagnetischen Felder und der elektro-magneto-mechanischen Wandler im Master-schwerpunkt Elektromagnetische Systeme (EMS).

Magnetismus fasziniert - bleiben Sie neugierig!

Magnetics4Freaks richtet sich an all diejenigen, die dem Elektromagnetismus neugierig gegenüberstehen. Neben Vertretern aus Industrie und Hochschule kommen oftmals auch Studierende zu Wort, die aus ihrem Gebiet „Magnetisches“ begeistert vortragen.

hs-heilbronn.de/de/m4f

Die Teilnahme ist kostenfrei!

150teVeranstaltung – ein Rückblick auf 1te Veranstaltung im SS 2009:



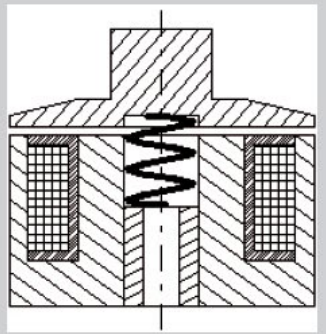
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Ulm

Elektrotechnik,
Theorie der
magnetischen Felder,
magnetische Antriebe,
Optimierung magnetischer Kreise.

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Ulm promovierte an der Technischen Universität Ilmenau. Er ist seit 2007 an der Reinhold-Würth-Hochschule.

Sein Forschungsgebiet ist der „elektromagnetische Antrieb".

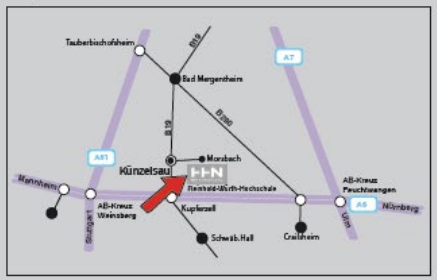
Skizze:
Elektromagnet im Querschnitt



Die Teilnahme an der Veranstaltung ist kostenlos.

Freuen Sie sich mit uns auf interessante Veranstaltungen.

Anfahrtsskizze:



Reinhold-Würth-Hochschule
der Hochschule Heilbronn
Daimlerstrasse 35
74653 Künzelsau
Tel.: 0 79 40 / 13 06 – 0
Fax: 0 79 40 / 13 06 – 120
www.hs-heilbronn.de/twk



MAGNETICS FOR FREAKS

28. April 2009 - 28. Mai 2009
jeweils von 16.30 bis 18 Uhr

Kolloquium der
Reinhold-Würth-Hochschule
der Hochschule Heilbronn in Künzelsau

150teVeranstaltung – ein Rückblick auf 1te Veranstaltung im SS 2009:

Termine	Inhalt	Referenten
Dienstag, den 28. April 2009 16.30 – 18 Uhr Raum A 205	*Grundlagen Magnetismus:* *erste und zweite Maxwell`sche Gleichung, magnetische Feldenergie* *Referent: Prof. Dr. Jürgen Ulm*	 *Dieter Schmidt* Studiert Elektrotechnik im 6. Semester. Herr Schmidt ist im Bereich Magnetaktorik als Hilfswissenschaftler tätig. Seine besonderen Interessen gelten den analytischen Berechnungsverfahren für Magnetaktorik.
Donnerstag, den 7. Mai 2009 16.30 – 18 Uhr Raum C 112	*Netzwerktheorie 1:* *Berechnung magnetischer Kräfte, Grundlagen der Reluktanzmethode* *Referent: Prof. Dr. Jürgen Ulm* *Netzwerktheorie 2:* *Magnetaktor-Simulation mit Hilfe der Reluktanzmethode* *Referent: Dieter Schmidt* *Netzwerktheorie 3:* *Magnet-Sensor-Simulation mit Hilfe der Reluktanzmethode* *Referent: Martin Mark*	*Martin Mark* Studiert Elektrotechnik im 7. Semester. Er arbeitet derzeit an seiner Bachelorthesis mit dem Thema „Modellbildung und Musteraufbau eines Wegsensors nach dem PLCD-Prinzip". Sein besonderes Interesse gilt den magnetischen Sensorprinzipien.
Donnerstag, den 14. Mai 2009 16.30 – 18 Uhr Raum C 112	*Grundlagen der Felddiffusion* *Referent: Prof. Dr. Jürgen Ulm* *Felddiffusion in weichmagnetischen Werkstoffen* *Referent: Philipp Zipf*	 *Philipp Zipf* Master-Student im 3. Semester. Herr Zipf veröffentlichte erste Ergebnisse seiner Masterthesis mit dem Thema „Untersuchung von Feldiffusionsvorgängen in weichmagnetischen Werkstoffen" bereits am diesjährigen Kleinmaschinenkolloquium an der TU-Ilmenau.
Donnerstag, den 28. Mai 2009 16.30 – 18 Uhr Raum C 112	*Berechnung magnetischer Kreise mit Hilfe der Finite-Element-Methode (FEM)* *Referent: Daniel Krause*	 *Daniel Krause* Studiert Antriebssysteme und Mechatronik im 7. Semester. Sein besonderes Interesse gilt dem elektromagnetischen Antrieb. Das Thema seiner Bachelorthesis lautet „Skalierung elektro-magneto-mechanischer Energiewandler".

17. Okt. 1831 – 195 Jahre Entdeckung Induktionsgesetz von Michael Faraday

Beitrag zur Geschichte der Wissenschaft:

Michael Faraday (geboren am 22. September 1791 in Newington, Surrey, England; gestorben am 25. August 1867 in Hampton Court, Surrey) war ein englischer Physiker und Chemiker, dessen zahlreiche Experimente maßgeblich zum Verständnis des Elektromagnetismus beitrugen. Faraday, der zu einem der bedeutendsten Wissenschaftler des 19. Jahrhunderts wurde, begann seine Karriere als Chemiker.



Quelle: Britannica.com

17. Okt. 1831 – 195 Jahre Entdeckung Induktionsgesetz von Michael Faraday

Beitrag zur Geschichte der Wissenschaft:

Am 17. Oktober 1831, also vor genau 195 Jahren, konnte man den Aufzeichnungen von Michael Faraday folgende Notiz entnehmen:

„A cylindrical bar magnet three-quarters of an inch in diameter, and eight inches and a half in length, had one end just inserted into the end of the helix cylinder (220 feet long); then it was quickly thrust in the whole length, and the galvanometer needle moved; then pulled out, and again the needle moved, but in opposite direction. This effect was repeated every time the magnet was put in or out, and therefore a wave of electricity was so produced from mere approximation of a magnet, and not from its formation it situ.“

Faraday beschrieb die Entdeckung des Induktionsgesetzes!

Ein Durchbruch in der Basiswissenschaft der Elektrotechnik.

Campus:

IDA -News

INSTITUT FÜR DIGITALISIERUNG UND ELEKTRISCHE ANTRIEBE

Durchgeführter IDA-Infotag am 03.03.26:

- Derzeitiger Jahresbericht erhältlich unter

  https://www.hs-heilbronn.de/ida

Unter Federführung von Institutsassistentin



Dr. Anna Konyev
Telefon: +49 7940 1306 163
E-Mail: anna.konyev@hs-heilbronn.de
Büroadresse: C207
Postadresse: Daimlerstr. 22, 74653 Künzelsau



Veranstaltungen:

Symposium Elektromagnetismus

11 und 12 März 2027

am Campus Künzelsau

Donnerstag, 11. März 2027

09:00 Uhr	**Begrüßung** *(Anke Ostertag, Hochschule Heilbronn)*
09:15 Uhr	**Stichprobenbasierte Robustheitsbewertung von permanenterregten Synchronmaschinen** *(Jan Geldner, HS Heilbronn)*
09:45 Uhr	**Entwicklung von Hochdrehzahlantrieben für öl-freie Turbokompressoren** *(Sebastian Mezger, ebm-papst Mulfingen)*
10:15 Uhr	**Zeiteffiziente Berechnung der frequenzabhängigen Ersatzschaltbildparameter gesättigter PMSM am Pulswechselrichter mittels differentieller Permeabilitätsverteilung und zeitharmonischer 2D-FE-Analyse** *(Jens Krotsch, HS Aalen)*
10:45 Uhr	*Kaffeepause*
11:15 Uhr	**Optimierung der Systemkosten elektromagnetischer Aktoren durch ganzheitliche Auslegung** *(Jörn Frasch, MagTronX)*
11:45 Uhr	**Flux Linkage Characteristics of Synchronous Reluctance Machines with Concentrated-Winding Based on Harmonic Analysis** *(Christian Hecker, SEW Eurodrive)*
12:15 Uhr	**Berechnung von Lagerströmen auf Basis des Poynting-Theorems unter Verwendung einer Finite-Elemente-Formulierung** *(Dimitri Delkov, IDA, TU Ilmenau)*
12:45 Uhr	*Mittagspause*
14:15 Uhr	**Führung Forschungsgebäude und Labor Campus Künzelsau**
14:45 Uhr	**Vergleichende Untersuchung numerischer Verfahren zur Berechnung von Eisenverlusten in Drehfeldmaschinen** *(Teodor Sameisky, Kollmorgen Europe)*
15:15 Uhr	*Kaffeepause*
15:45 Uhr	**Magnetische Eigenschaften weichmagnetischer Werkstoffe unter Einsatz von elektrochemischem Abtragen** *(Nikolaus Trnka, TU Chemnitz)*
16:15 Uhr	**Condition Monitoring von Industrieventilen mittels Strom-Spannungsmessung und KI-Prädiktion** *(Xu Wenshang, TU Ilmenau)*
16:45 Uhr	**Gezielte Rotorgeometriesynthese zur Drehmomentoptimierung bei Zahnspulen-SynRM** *(Timo Wortberg, HS Heilbronn)*
17:15 Uhr	**Recycling von Magnetwerkstoffen** *(Fabian Burkhardt, MS-Schramberg)*
ab 17:45 Uhr	*Get Together*

Freitag, 12. März 2027

09:00 Uhr	**Kurze Zusammenfassung des Vortags**
09:15 Uhr	**Validierung einer 2D-Motor-CAD Simulation eines Außenläufermotors unter Berücksichtigung axialer Effekte** *(Florian Servas, ZIEHL-ABEGG)*
09:45 Uhr	**Effizienzfortschritte bei elektrischen Fahrzeugantrieben – Boost für die Reichweite** *(Matthias Bösing, Robert Bosch)*
10:15 Uhr	**Parameteridentifikation von Gleichstrommotoren: Modellbasiertes Verfahren, Stromkurvenauswertung** *(Vladimir Kireev, MagTronX)*
10:45 Uhr	*Kaffeepause*
11:15 Uhr	**Optimierung elektrischer Traktionsmaschinen mit Hilfe von neuronalen Netzen** *(Nils Bols, Robert Bosch)*
11:45 Uhr	**Innovative Messverfahren und -systeme zur Charakterisierung von Permanentmagneten und Magnetsystemen im Nah- und Fernfeld** *(Rocco Holzhey, INNOVENT)*
12:15 Uhr	**Simulation und Messung magnetischer Felder beim Spritzguss kunststoffgebundener Hartferrit-Rotoren** *(Michael G. Peters, ZIEHL-ABEGG)*
12:45 Uhr	**Analytische Vektorpotentialberechnung als Grundlage der Induktivitätsbestimmung von Luftspaltwicklungen** *(Vladimir Semin, HS Heilbronn)*
13:15 Uhr	**Zusammenfassung und Abschluss** *(Jürgen Ulm)*
13:30 Uhr	*Ende der Veranstaltung*

Veranstaltungen:

Workshop Elektrische Maschinen

Theoretische Grundlagen und Laborübungen am Prüfplatz für elektrische Maschinen

Beginn:
15.07.2027 - 09:00 Uhr

Ende:
16.07.2027 - 15:00 Uhr

Dauer:
2,0 Tage

Künzelsau

Veranstaltungsnr.: 35695.00.006

Leitung

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Ulm
Hochschule Heilbronn

Alle Referent:innen

Inhouse anfragen

Inhaltsverzeichnis

1. Mathematische Grundlagen
2. Maxwell-Gleichungen
3. Anwendungsbeispiele der Maxwell-Gleichungen
4. Gemeinsamkeiten von Festtagsbraten und Magneten

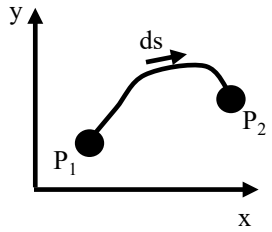
Inhaltsverzeichnis

1. **Mathematische Grundlagen**
2. Maxwell-Gleichungen
3. Anwendungsbeispiele der Maxwell-Gleichungen
4. Gemeinsamkeiten von Festtagsbraten und Magneten

1. Mathematische Grundlagen: Linien, Flächen und Volumen

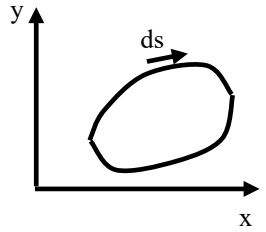
Linien:

Kurven- Linienintegral:
Der Integrationsweg ist eine Kurve.



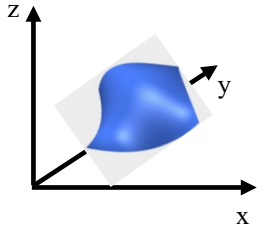
$$W = \int_{P1}^{P2} F ds$$

Umlauf- Kreisintegral:
Ein Umlaufintegral ist ein Kurvenintegral über einen geschlossenen Integrationsweg.



$$S = \oint_{s} \vec{A}\, d\vec{s}$$

Integral über eine Fläche:

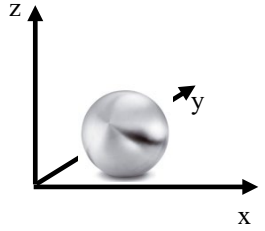


$$O = \iint_{s} f(x,y)dxdy$$





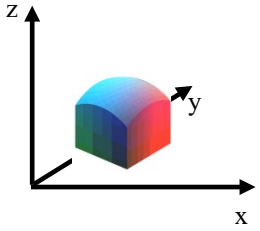
Integral über eine geschlossene Fläche:



$$O = \oiint_{A} \ldots dA$$



Volumen- Dreifachintegral:

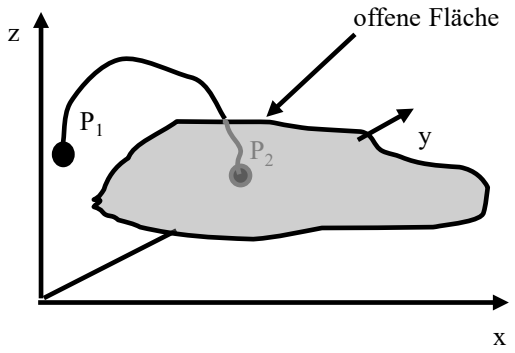


$$V = \int_{x}\int_{y}\int_{z} f(x,y,z)dzdydx$$

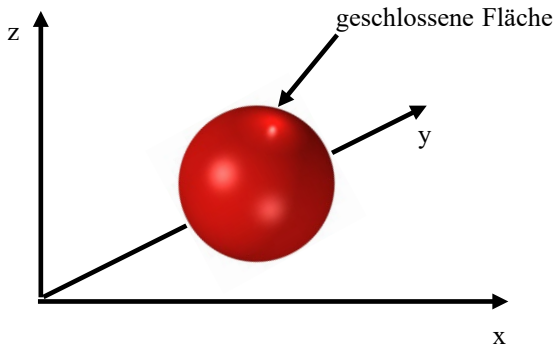
1. Mathematische Grundlagen: Linien, Flächen und Volumen

Flächen:

Offene Fläche:
Ein Fläche heißt offen, wenn zwei Punkte, die nicht auf der Fläche liegen, durch eine Kurve verbunden werden können.



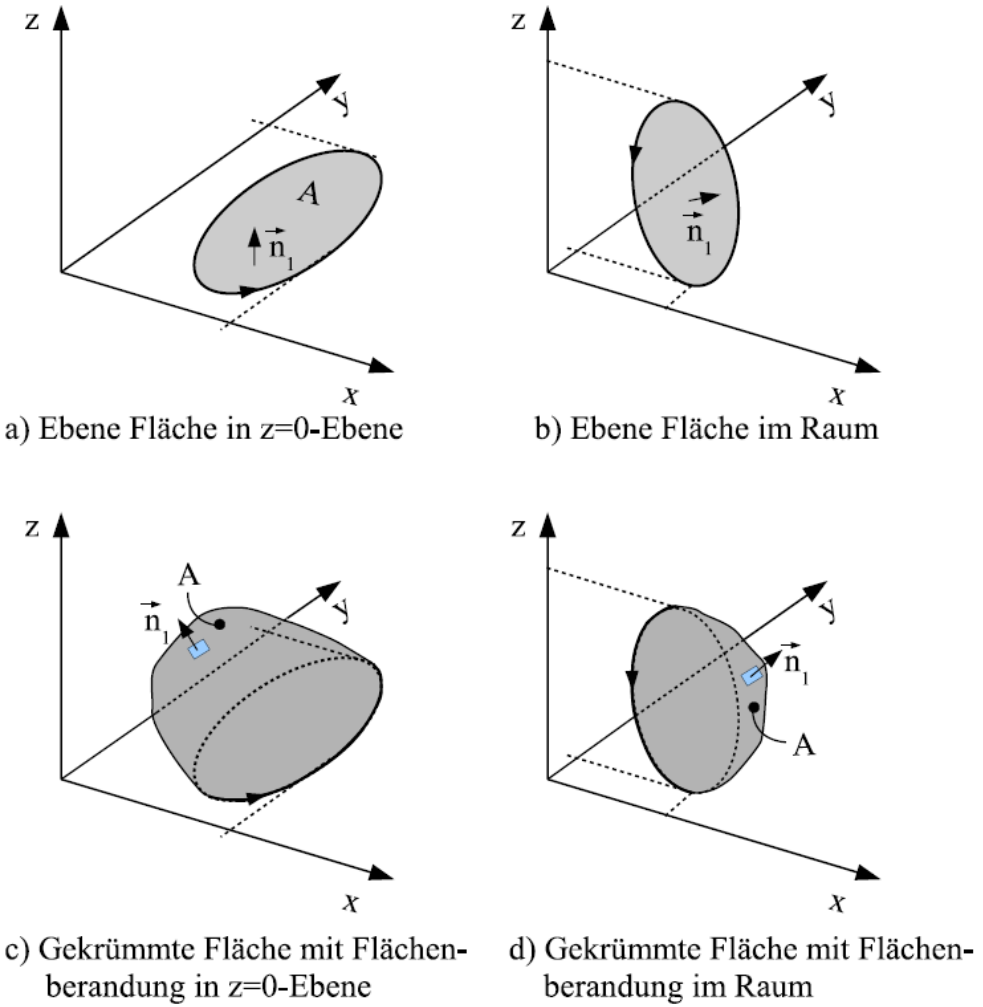
Geschlossene Fläche:
Eine Fläche heißt geschlossen, wenn sie den Raum in zwei getrennte Bereiche teilt.



Beispiel: Kugel

1. Mathematische Grundlagen: Linien, Flächen und Volumen

Flächen:
Ränder und deren Flächen.



a) Ebene Fläche in z=0-Ebene

b) Ebene Fläche im Raum

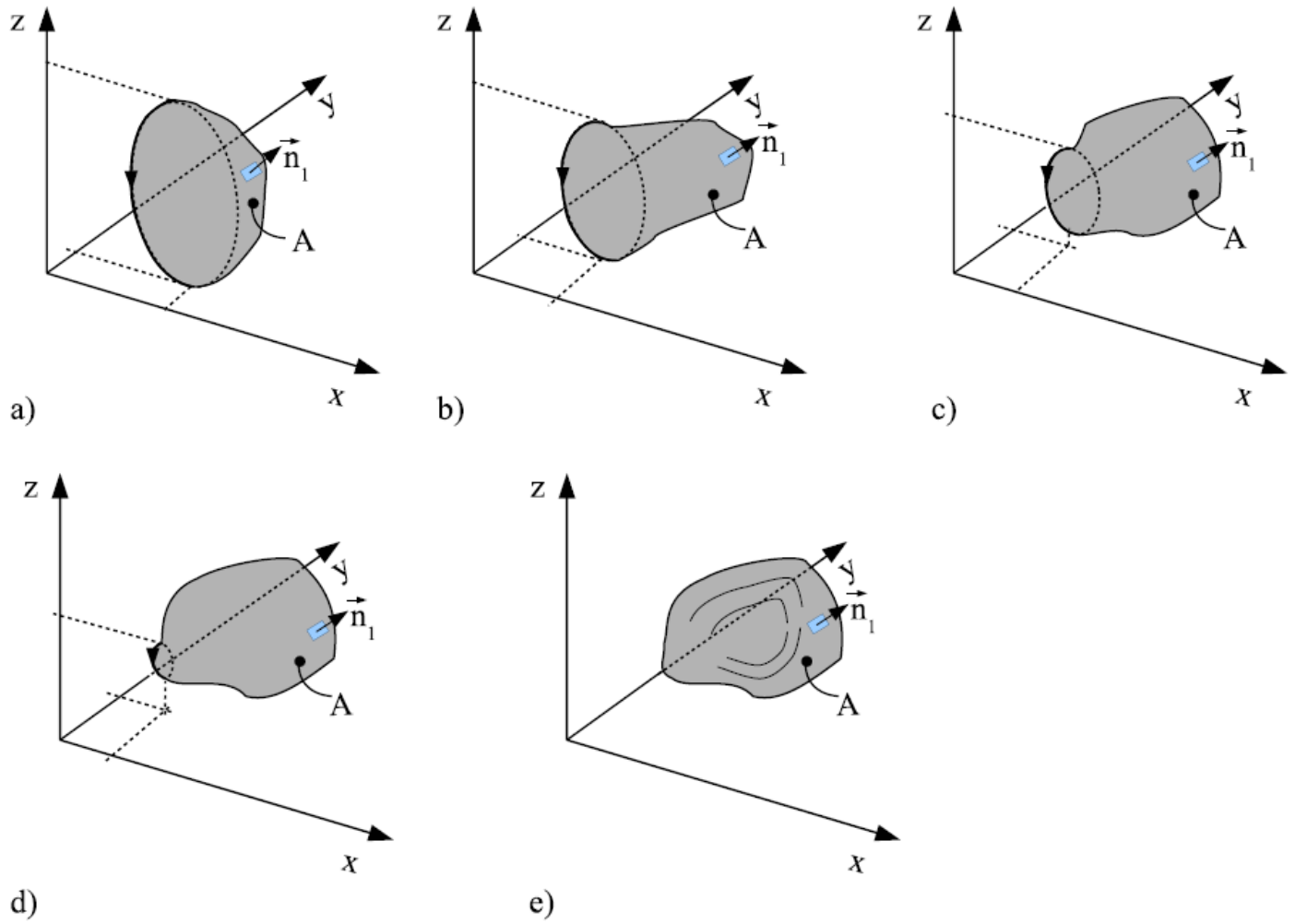
c) Gekrümmte Fläche mit Flächenberandung in z=0-Ebene

d) Gekrümmte Fläche mit Flächenberandung im Raum

1. Mathematische Grundlagen: Linien, Flächen und Volumen

Flächen: Übergang von einer offenen Fläche zu einer geschlossenen Fläche.

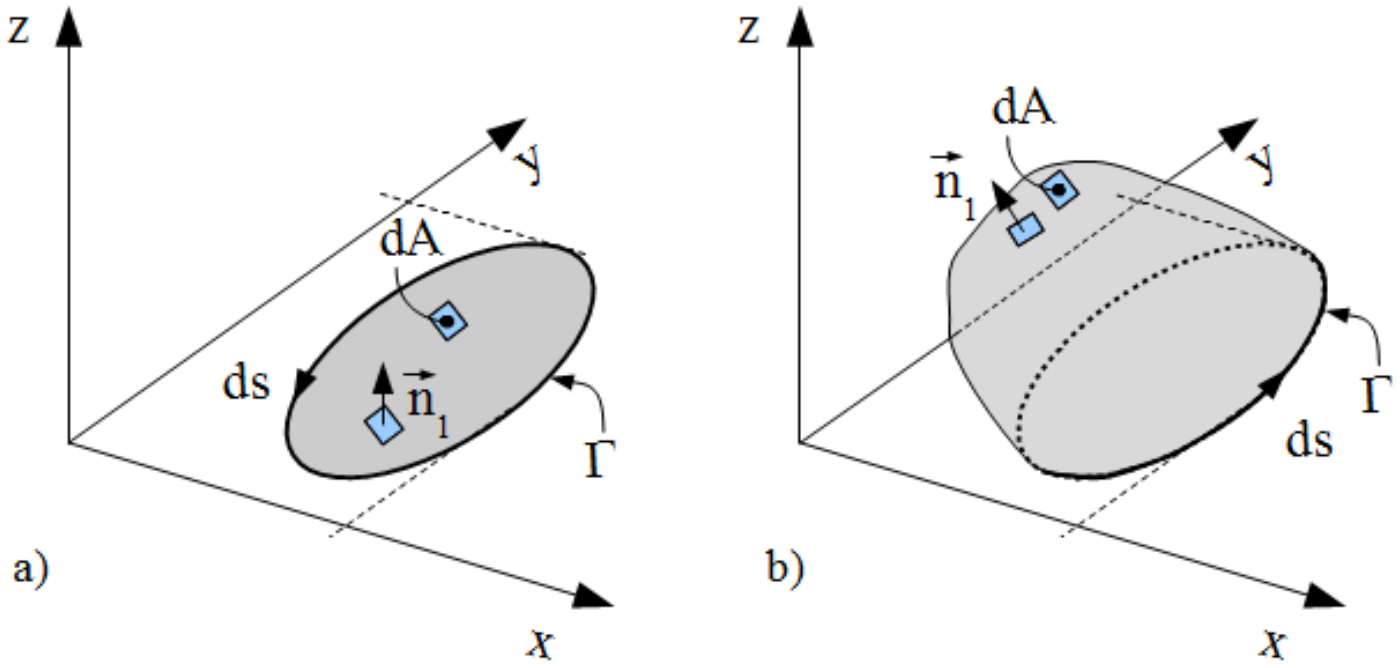
Abbildungen	a, b, c, d	e
Berandung der Fläche	$\oint_\Gamma ...ds \neq 0$	$\oint_\Gamma ...ds = 0$
Oberfläche	$\int_\Omega ...dA \neq 0$	$\oint_\Omega ...dA \neq 0$
Flächenart	offene Fläche	geschlossene Fläche
Volumen	nicht definiert	$\int_W ...dV \neq 0$



1. Mathematische Grundlagen: Linien, Flächen und Volumen

Zusammenhang zwischen Rand- und der Flächenintegral:

$$\oint_{\Gamma} \ldots \; ds \; = \; \iint_{A} \ldots \; dA$$



1. Mathematische Grundlagen: Integrale

Theorem III:
The surface-integral of the flux through a closed surface may be expressed as the volume-integral of its convergence taken within the surface.
A Treatise on Electricity and Magnetism; J. C. Maxwell Vol. I , Art. 21.

$$\oiint_{\partial\Omega} \ldots dA \quad = \quad \iiint_{\Omega} \ldots dV$$

Theorem IV:
A line-integral taken round a closed curve may be expressed in terms of a surface-integral taken over a surface bounded by the curve.
A Treatise on Electricity and Magnetism; J. C. Maxwell Vol. I , Art. 24.

$$\oint_{\partial\Gamma} \ldots dl \quad = \quad \iint_{\Gamma} \ldots dA$$

Theorem III-Anwendung:

Gauß'scher Integralsatz

$$\oiint_{\partial\Omega} \vec{F}\, d\vec{A} \quad = \quad \iiint_{\Omega} \mathrm{div}\vec{F}\, dV$$

Theorem IV-Anwendung:

Stoke'scher Integralsatz

$$\oint_{\partial\Gamma} \vec{F}\, d\vec{s} \quad = \quad \iint_{\Gamma} rot\vec{F}\, d\vec{A}$$

1. Mathematische Grundlagen: Integrale

$$\oint \ldots ds = \iint \ldots dA$$

$$\oiint \ldots dA = \iiint \ldots dV$$

Amper's law:

$$\oint \vec{H}\, ds\, \vec{n} = \iint rot\, \vec{H}\, d\vec{A}$$

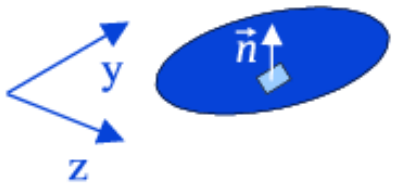
Faraday's law:

$$\oint \vec{E}\, ds\, \vec{n} = \iint rot\, \vec{E}\, d\vec{A}$$

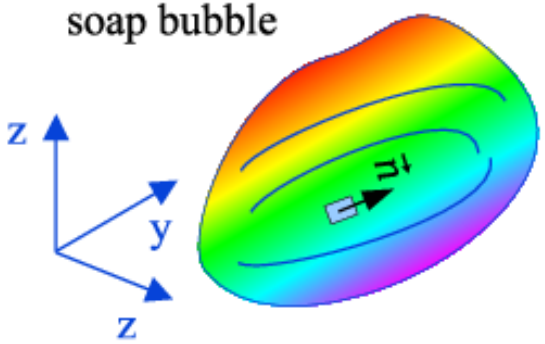
Gauß law:

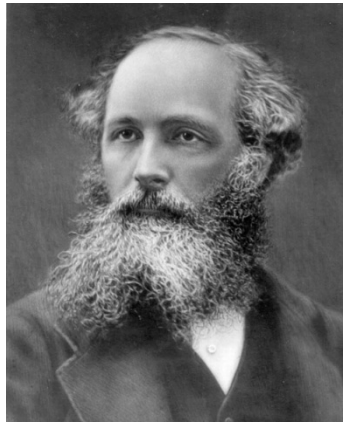
$$\oiint \vec{D}\, dA = \iiint div\, \vec{D}\, dV$$

Example open Area:
Euclidian plane



Example closed Area:
soap bubble





James Clerk Maxwell
(1831 – 1879)
Begründer der Elektrodynamik

1. Mathematische Grundlagen: Integrale

$$\oiint \ldots dA = \iiint \ldots dV$$

Poynting ' s vector :

$$\oiint_{\partial\Omega} \vec{P}\, d\vec{A} = \int_{\Omega} div\, \vec{P}\, dV$$

$$\vec{P} = \vec{E} \times \vec{H}$$

$$\oiint_{\partial\Omega} \left(\vec{E} \times \vec{H}\right) d\vec{A} = \iiint_{\Omega} div \left(\vec{E} \times \vec{H}\right) dV$$

$$\begin{aligned} \oiint_{\partial\Omega} \left(\vec{E} \times \vec{H}\right) d\vec{A} &= \iiint_{\Omega} \left(\vec{H}\, rot\vec{E} - \vec{E}\, rot\vec{H}\right) dV \\ &= \iiint_{\Omega} \left(-\vec{H}\, \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} - \vec{E}\, \vec{J}\right) dV \\ &= -\iiint_{\Omega} \left[\mu\, \vec{H}\, \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} + \kappa \left(\vec{E}\right)^2\right] dV \end{aligned}$$

$$\oiint_{\partial\Omega} \left(\vec{H} \times \vec{E}\right) d\vec{A} = \iiint_{\Omega} \left[\mu\, \vec{H}\, \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} + \kappa \left(\vec{E}\right)^2\right] dV$$

1. Mathematische Grundlagen: Integrale

With just these two ideas - flux and circulation - we can describe all the laws of electricity and magnetism at once. You may not understand the significance of the laws right away, but they will give you some idea of the way the physics of electromagnetism will be ultimately described.

Lectures on Physics, R. P. Feynman, Vol. II, p. 1-1.



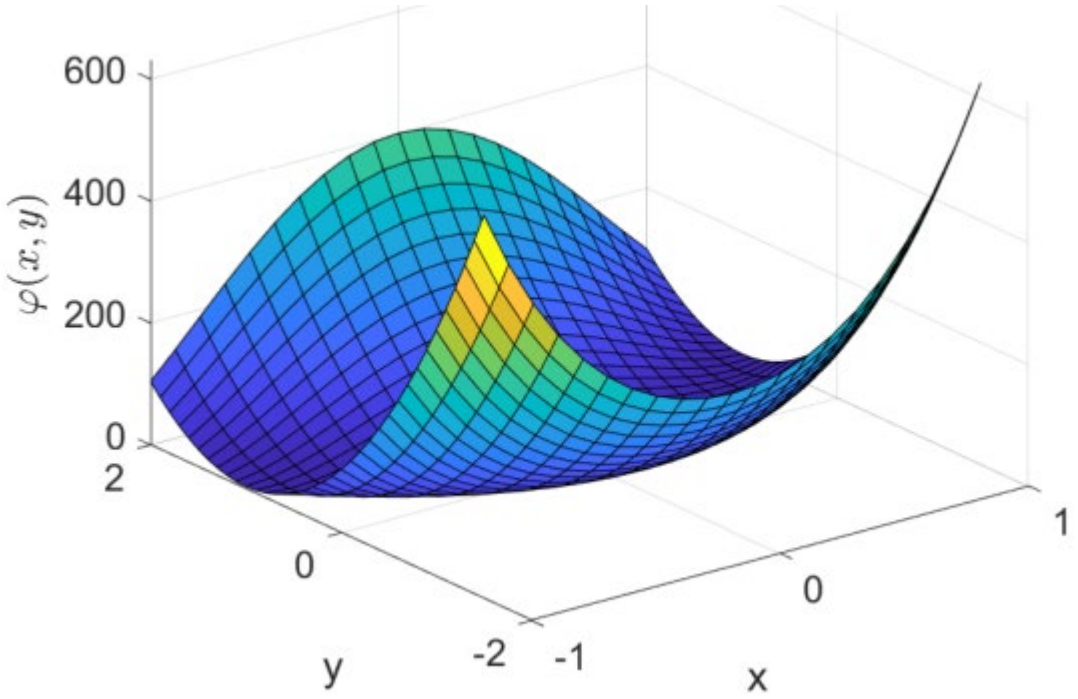
Richard P. Feynman
(1918 – 1988)
Physik-Nobelpreisträger

1. Mathematische Grundlagen: Skalare und Vektoren

One of the most important features of Hamilton's method is the division of quantities into **Scalars** and **Vectors**.

A Scalar quantity is capable of being completely defined by single numerical specification. Its numerical value does not in any way depend on the directions we assume for the coordinate axes.

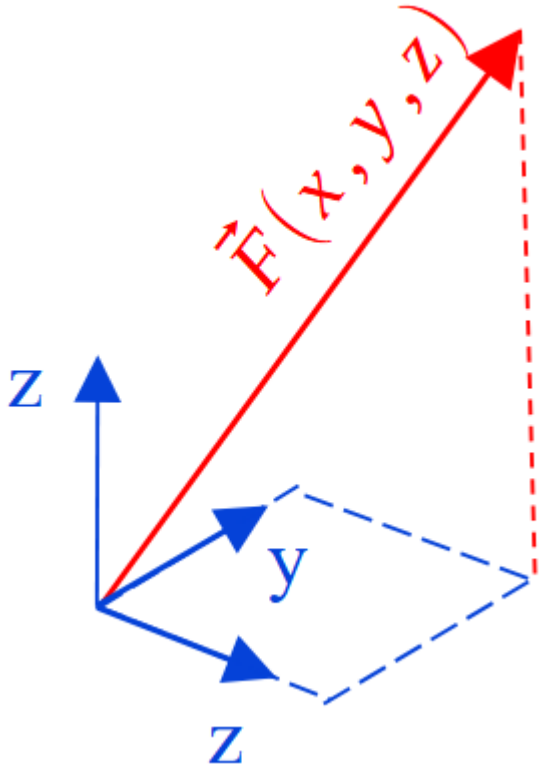
A Treatise on Electricity and Magnetism; J. C. Maxwell Vol. I , Art. 11.



1. Mathematische Grundlagen: Skalare und Vektoren

One of the most important features of Hamilton's method is the division of quantities into **Scalars** and **Vectors**.

A Vector, or Directed quantity, requires for its definition three numerical specifications, and these may most simply be understood as having references to the directions of the coordinate axes. A Treatise on Electricity and Magnetism; J. C. Maxwell Vol. I , Art. 11.

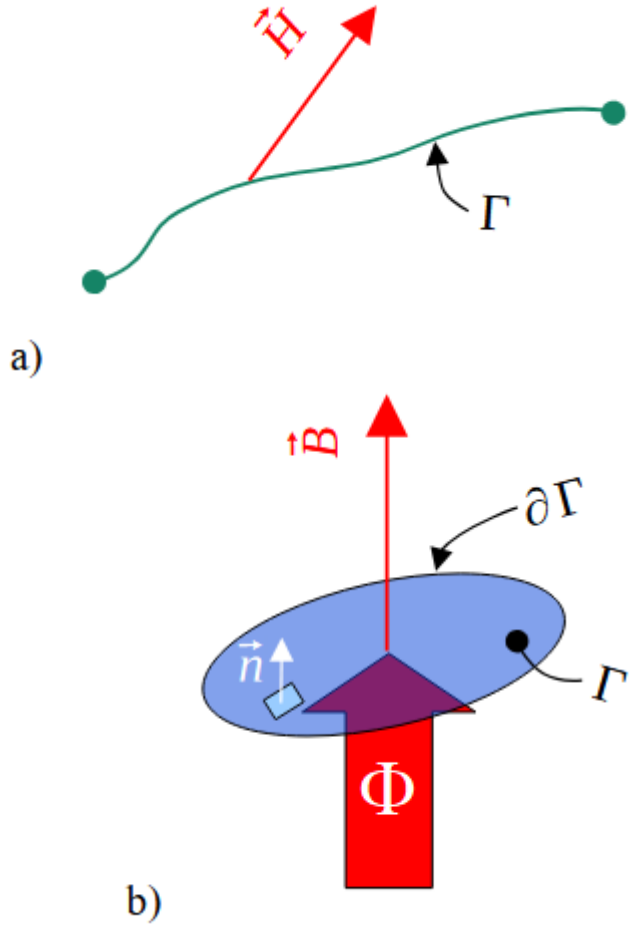


1. Mathematische Grundlagen: Skalare und Vektoren

One of the most important features of Hamilton's method is the division of quantities into **Scalars** and **Vectors**.

Physical vector quantities may be divided into two classes, in one of which the quantity is defined with reference to a line, while in the other the quantity is defined with reference to an area.

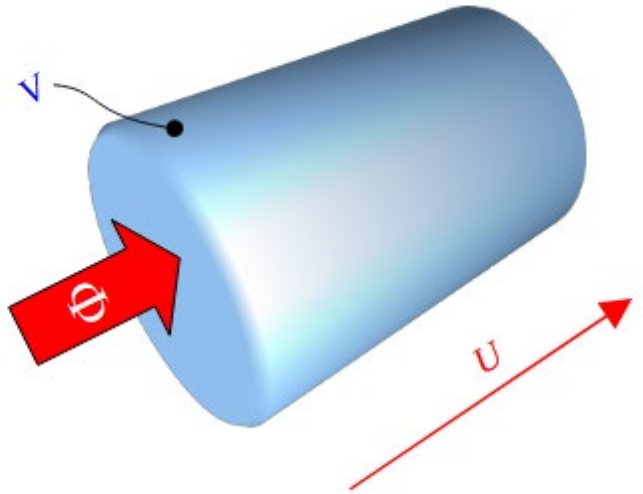
A Treatise on Electricity and Magnetism; J. C. Maxwell Vol. I , Art. 12.



1. Mathematische Grundlagen: Variablen

Across Variables:
Variables whose magnitudes act across the element (along). Examples are the electrical voltage drop along a resistor, the pressure drop along a water pipe, the temperature drop along a component or through a wall.

Through Variables:
Variables whose quantities flow through the element. Examples are the electric current, the mass-volume flow and the heat flow.



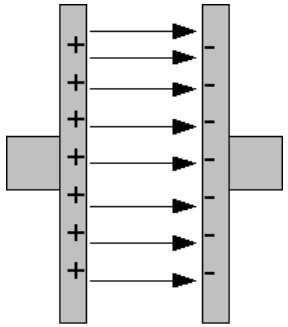
Inhaltsverzeichnis

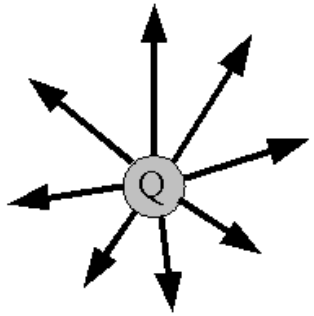
1. Mathematische Grundlagen
2. **Maxwell-Gleichungen**
3. Anwendungsbeispiele der Maxwell-Gleichungen
4. Gemeinsamkeiten von Festtagsbraten und Magneten

2. Maxwell-Gleichungen: Systematik der Felder

Quellenfelder (wirbelfreie Felder):

•elektrostatische Felder

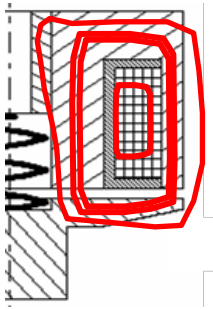


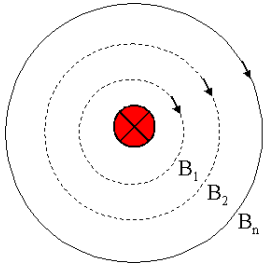


Eigenschaft:
Feldlinien besitzen Anfang und Ende

Quellenfreie Felder (Wirbelfelder):

•Magnetische Feldlinien





- Feldlinien des induzierten elektrischen Feldes
- Magnetische Feldlinien

Eigenschaft:
Feldlinien besitzen weder Anfang noch Ende

2. Maxwell-Gleichungen: Systematik der Felder

Zeitunabhängige Felder

Statische Felder

Elektrostatisches Feld im Nichtleiter	$rot\,\vec{E}=0;\ div\,\vec{D}=\rho;\ \vec{D}=\varepsilon\vec{E}$
Elektrostatisches Feld im Leiter	$\vec{E}=0;\ \vec{D}=0$
Magnetisches Feld	$rot\,\vec{H}=0;\ div\,\vec{B}=0;\ \vec{B}=\mu\vec{H}$

Stationäre Felder

Stationäres elektrisches Feld	$rot\,\vec{E}=0;\ div\,\vec{D}=\rho;\ div\,\vec{J}=0;\ \vec{J}=\kappa\vec{E};\ \frac{\partial\vec{D}}{\partial t}=0$
Magnetisches Feld stationärer Ströme	$rot\,\vec{H}=\vec{J};\ div\,\vec{B}=0;\ \vec{B}=\mu\vec{H};\ \frac{\partial\vec{B}}{\partial t}=0$

Zeitabhängige Felder

Quasistationäre Felder

Elektrisches Feld	$rot\,\vec{E}=-\frac{\partial\vec{B}}{\partial t};\ div\,\vec{D}=\rho;\ \vec{D}=\varepsilon\vec{E}$
Magnetisches Feld	$rot\,\vec{H}=\vec{J};\ div\,\vec{B}=0;\ \vec{B}=\mu\vec{H};\ \vec{J}=\kappa\vec{E}$

Schnell veränderliche Felder

Elektrisches Feld	$rot\,\vec{E}=-\frac{\partial\vec{B}}{\partial t};\ div\,\vec{D}=\rho;\ \vec{D}=\varepsilon\vec{E}$
Magnetisches Feld	$rot\,\vec{H}=\vec{J}+\frac{\partial\vec{D}}{\partial t};\ div\,\vec{B}=0;\ \vec{B}=\mu\vec{H};\ \vec{J}=\kappa\vec{E}$

Legende:

E = elektrische Feldstärke [V/m];
D = Ladungsdichte [As/m²];
ε = Permittivität [As/(Vm)];
κ = spezif. elektr. Leitfähigkeit [1/(Ω m)];
J = Stromdichte [A/m²]

H = magnetische Feldstärke [A/m] ;
B = magnetische Flussdichte [Vs/m²];
μ = Permeabilität [Vs/(Am)];
ρ = Ladung [As];

2. Maxwell-Gleichungen: Differenzial- und Integralform

$$
\begin{aligned}
c^2\ rot\ \vec{B} &= \frac{\vec{J}}{\varepsilon_0} + \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}, \\
rot\ \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \\
div\ \vec{B} &= 0, \\
div\ \vec{E} &= \frac{\rho}{\varepsilon}.
\end{aligned}
$$

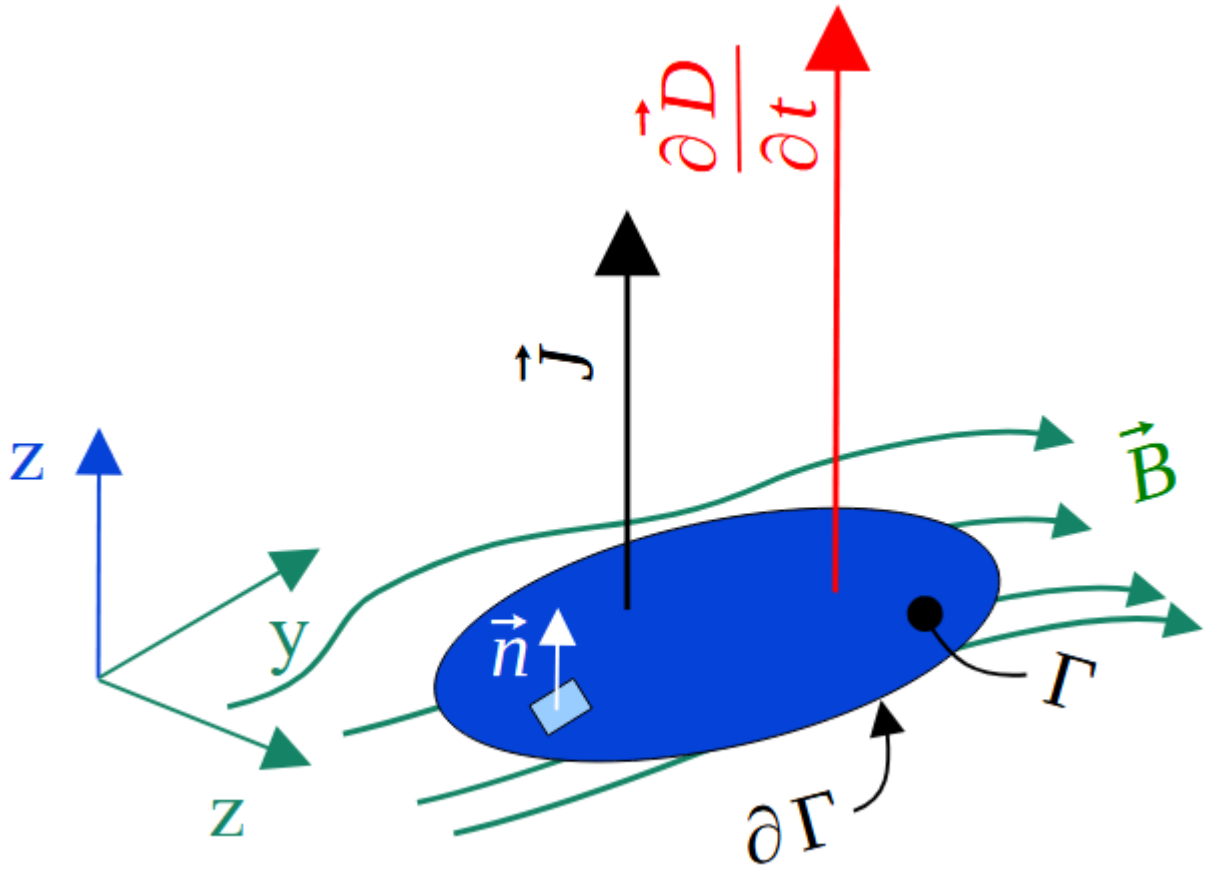
$$
\begin{aligned}
c^2 \oint_{\partial\Gamma} \vec{B} \cdot d\vec{s} &= \iint_{\Gamma} \left[\frac{\vec{J}}{\varepsilon_0} + \frac{\partial \vec{E}}{dt} \right] d\vec{A}, \\
\oint_{\partial\Gamma} \vec{E} \cdot d\vec{s} &= -\iint_{\Gamma} \frac{\partial \vec{B}}{dt}\, d\vec{A}, \\
\oiint_{\partial\Omega} \vec{B}\ \vec{n}\ dA &= 0, \\
\oiint_{\partial\Omega} \vec{D}\ \vec{n}\ dA &= \iiint_{\Omega} \rho\ dV.
\end{aligned}
$$

2. Maxwell-Gleichungen: Differenzial- und Integralform

$$
\begin{aligned}
c^2\ rot\ \vec{B} &= \frac{\vec{J}}{\varepsilon_0} + \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \\
rot\ \vec{B} &= \frac{1}{c^2}\frac{\vec{J}}{\varepsilon_0} + \frac{1}{c^2}\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \\
rot\ \vec{B} &= \frac{\vec{J}\mu_0\ \varepsilon_0}{\varepsilon_0} + \mu_0\ \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \\
rot\ \vec{B} &= \mu_0 \left[\vec{J} + \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}\right]
\end{aligned}
$$

Anwendung des Stoke‘schen Satzes:

$$
\begin{aligned}
\iint_\Gamma rot\ \vec{B}\ d\vec{A} &= \mu_0 \iint_\Gamma \left[\vec{J} + \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}\right] d\vec{A} \\
\oint_{\partial\Gamma} \vec{B}\ d\vec{A} &= \mu_0 \iint_\Gamma \left[\vec{J} + \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}\right] d\vec{A} \\
\oint_{\partial\Gamma} \vec{H}\ d\vec{s} &= \iint_\Gamma \left[\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}\right] d\vec{A}.
\end{aligned}
$$



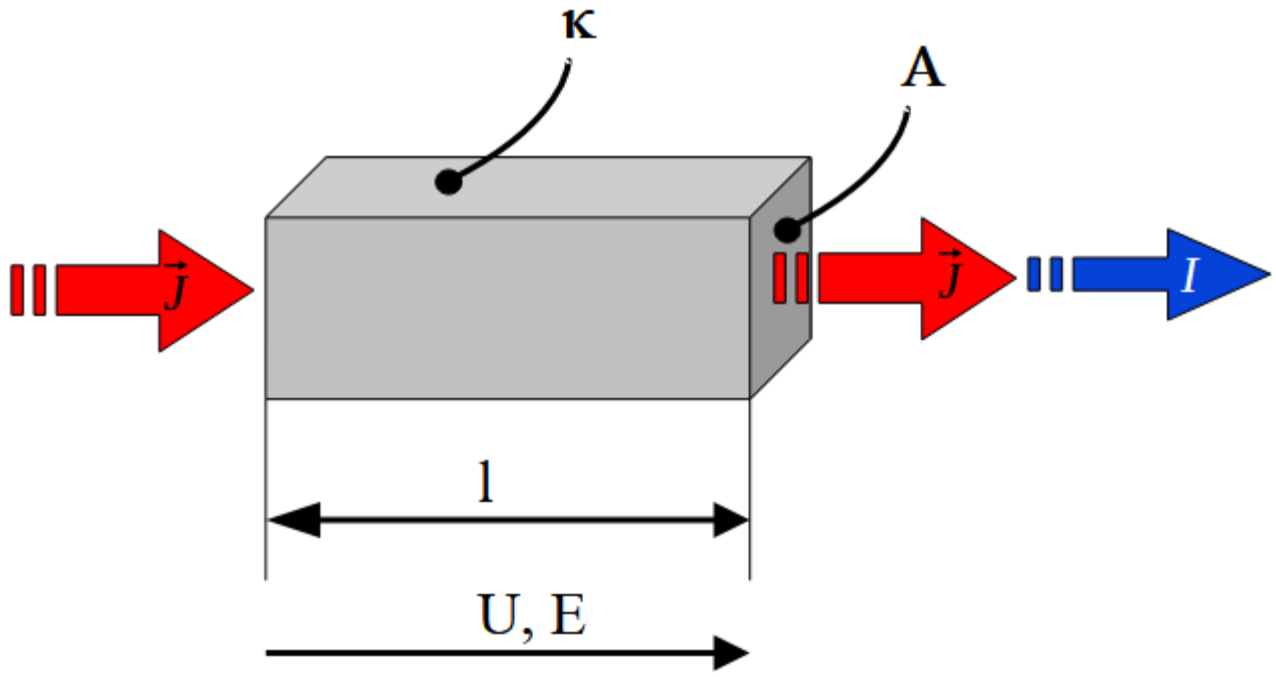
Inhaltsverzeichnis

1. Mathematische Grundlagen
2. Maxwell-Gleichungen
3. **Anwendungsbeispiele der Maxwell-Gleichungen**
4. Gemeinsamkeiten von Festtagsbraten und Magneten

3. Anwendungsbeispiele der Maxwell-Gleichungen: Widerstand

$$R = \frac{U}{I} = \frac{\int_a^b \vec{E}\, d\vec{l}}{\iint_\Gamma \vec{J}\, d\vec{A}}$$

$$= \frac{\vec{E} \int_a^b d\vec{l}}{\kappa\, \vec{E} \iint_\Gamma d\vec{A}} = \frac{l}{\kappa\, A}$$

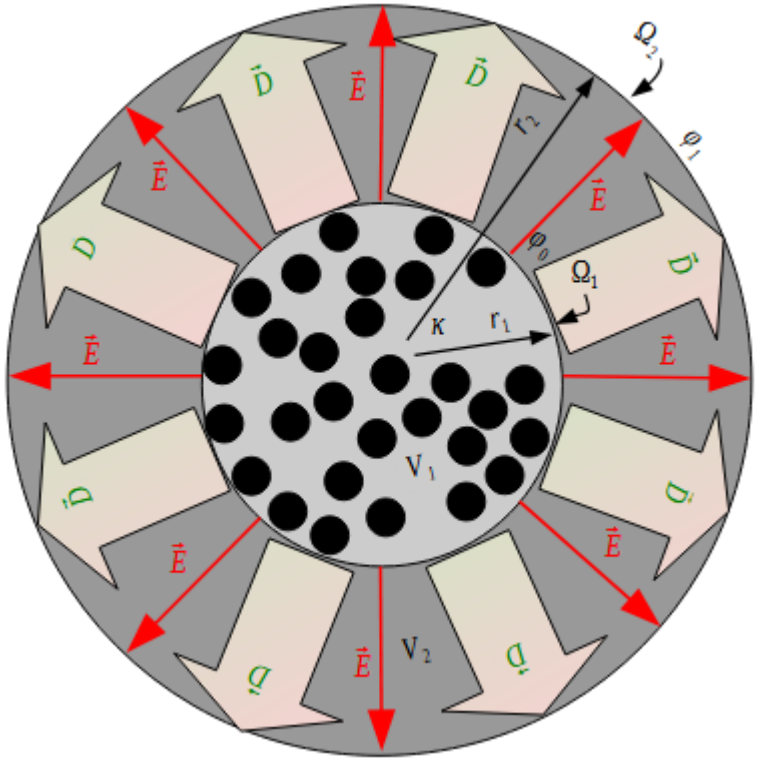


3. Anwendungsbeispiele der Maxwell-Gleichungen: Kondensator

$$C = \frac{\oiint_\Omega D \; dA}{\int_\Gamma E \; dl} = \frac{\varepsilon \; E \; \oiint_\Omega dA}{E \; l}$$

$$= \frac{\varepsilon \; E \; A}{E \; l} = \varepsilon \; \frac{A}{l} = \frac{Q}{U}$$

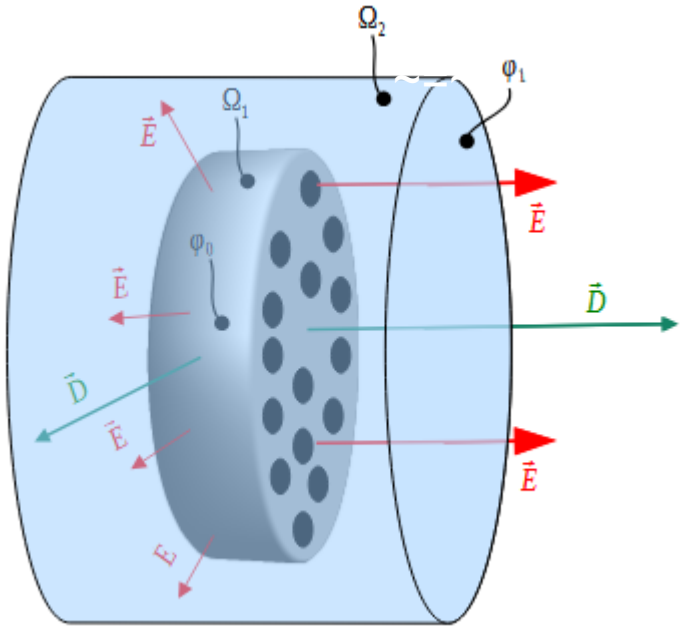
$$\underbrace{C}_{1/R_e} \; \underbrace{\int_\Gamma E \; dl}_{U} = \underbrace{\oiint_\Omega D \; dA}_{I}$$

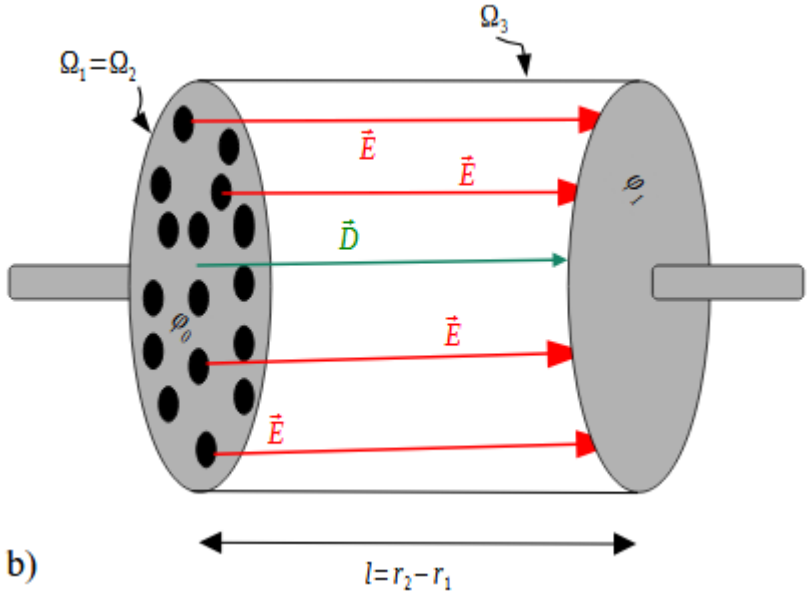


3. Anwendungsbeispiele der Maxwell-Gleichungen: Kondensator

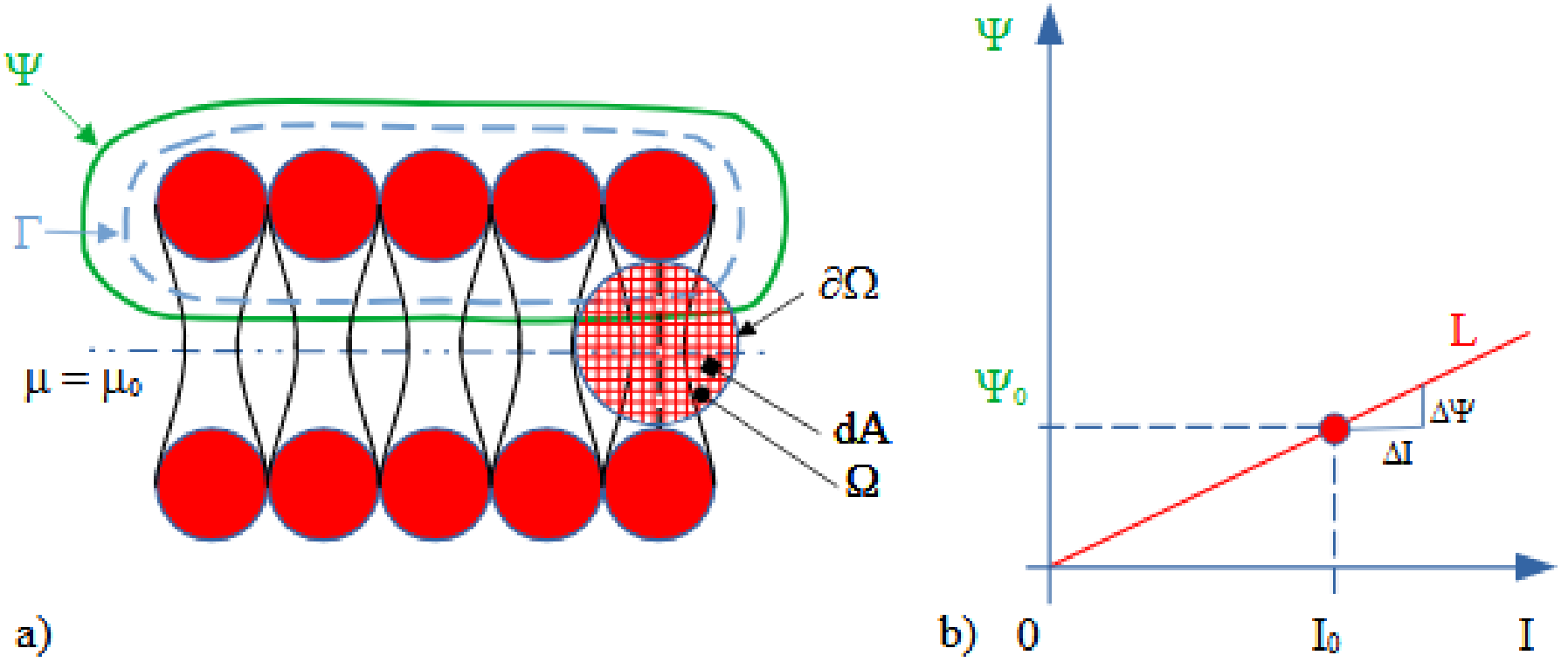
$$C = \frac{\oiint_\Omega D\ dA}{\int_\Gamma E\ dl} = \frac{\varepsilon\ E\ \oiint_\Omega dA}{E\ l}$$

$$\underbrace{C}_{1/R_e}\ \underbrace{\int_\Gamma E\ dl}_{U} = \underbrace{\oiint_\Omega D\ dA}_{I}$$

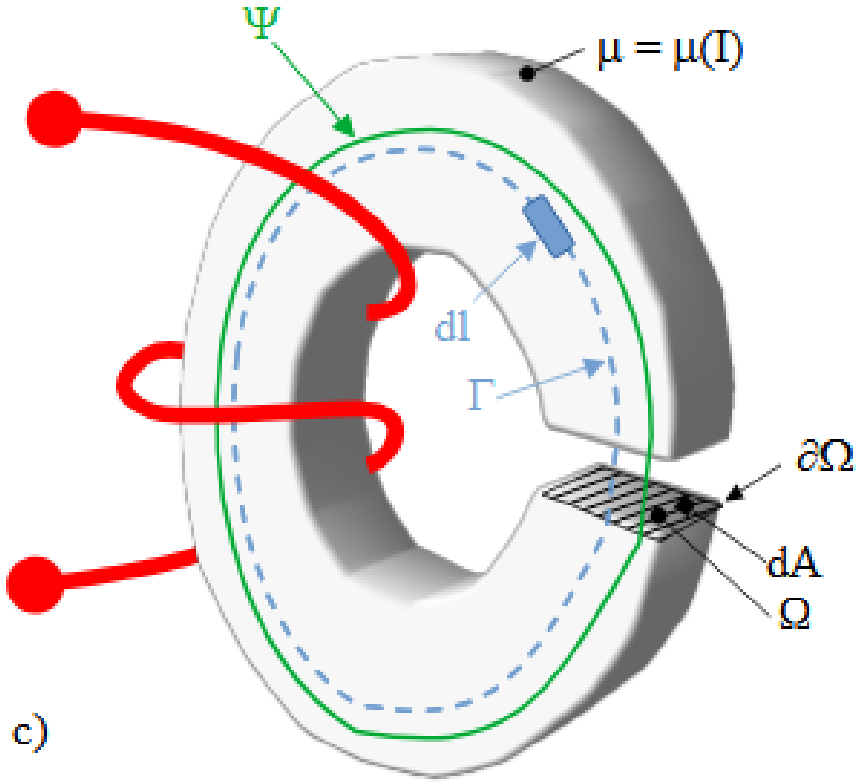


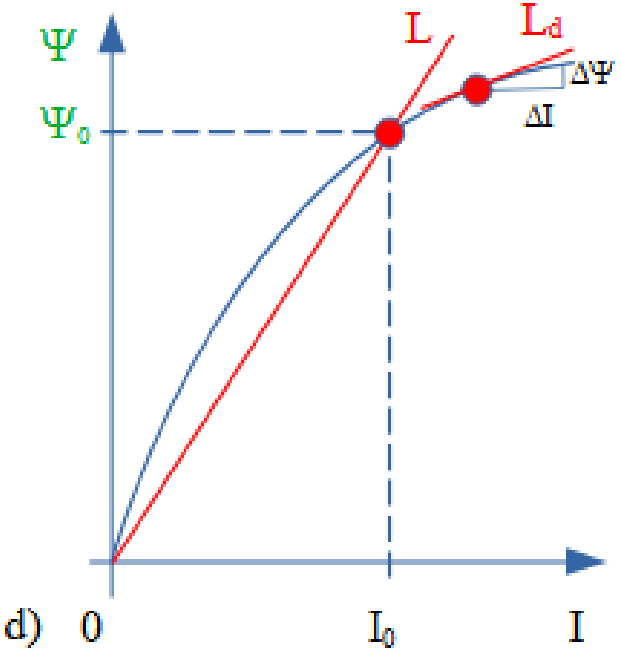


3. Anwendungsbeispiele der Maxwell-Gleichungen: Induktivität



3. Anwendungsbeispiele der Maxwell-Gleichungen: Induktivität





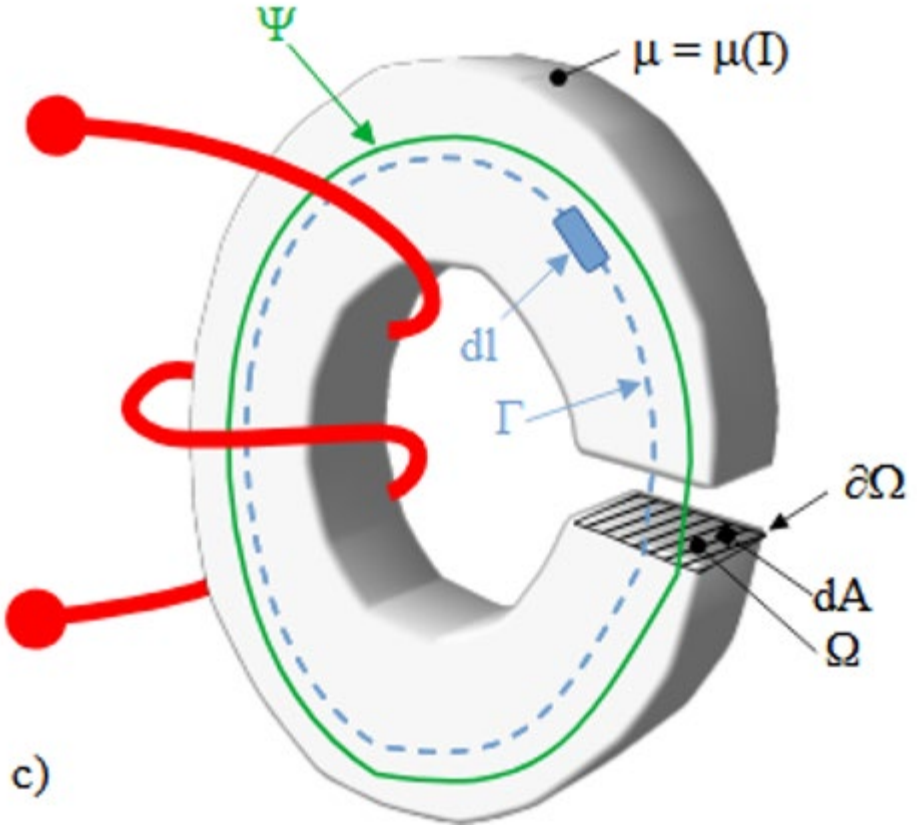
3. Anwendungsbeispiele der Maxwell-Gleichungen: Induktivität

$$L = \frac{\iint_\Omega B \; dA}{\oint_{\partial\Gamma} H \; dl}$$

$$= \frac{\mu \; H \iint_\Omega dA}{H \; l}$$

$$= \frac{\mu \; A}{l} = \frac{\Psi}{I}.$$

$$\underbrace{L}_{1/R_L} \underbrace{\oint_{\partial\Gamma} H \; dl}_{U_m} = \underbrace{\iint_\Omega B \; dA}_{I}$$



Inhaltsverzeichnis

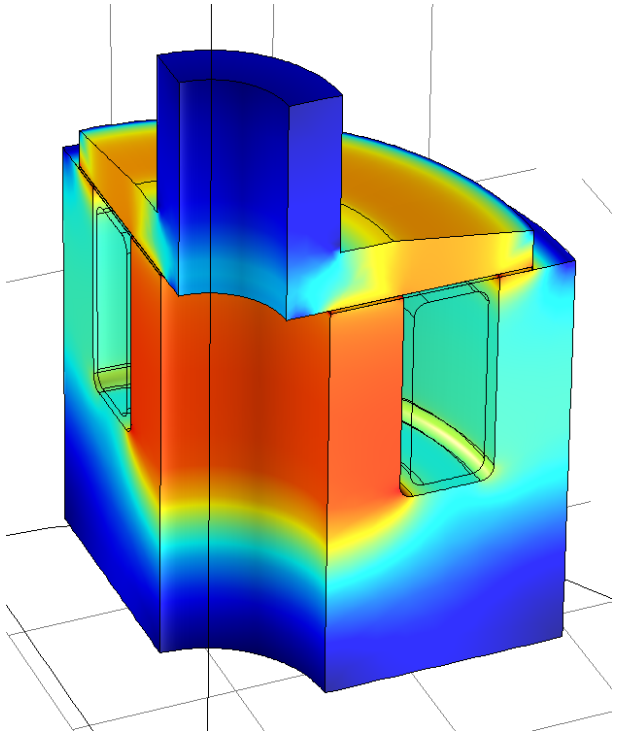
1. Mathematische Grundlagen
2. Maxwell-Gleichungen
3. Anwendungsbeispiele der Maxwell-Gleichungen
4. **Gemeinsamkeiten von Festtagsbraten und Magneten**

4. Gemeinsamkeiten von Festtagsbraten und Magneten

Festtagsbraten



Magnet



4. Gemeinsamkeiten von Festtagsbraten und Magneten

Definition der Diffusion:

„Ein stattfindender Ausgleichsvorgang von Konzentrationsunterschieden“

Diffusionsvorgänge in der Natur:

Osmose als Beispiel einer einseitigen Diffusion von Wassermolekülen durch eine semipermeable Membran in Richtung der niedrigeren Konzentration (bei Regen platzen die Kirschen auf).

Regen durchdringt die trockene Erde (niedrigere Konzentration). Bei Trockenheit verdunstet das Wasser im Boden. Die niedrigere Konzentration ist in der Luft zu finden (Beispiel einer zweiseitigen Diffusion).

Diffusionsvorgänge in der Technik:

Wärmeleitung von Warm nach Kalt, magnetische Feldausbreitung in Magnetwerkstoffen in Richtung niedrigerer Flussdichte.

4. Gemeinsamkeiten von Festtagsbraten und Magneten - Diffusionsgleichung

Ampere'sche Gesetz:

$$rot\vec{B} = \vec{J}\,\mu_0 = \kappa\,\vec{E}\,\mu_0$$

$$\vec{E} = \frac{1}{\kappa\,\mu_0}\,rot\vec{B}$$

Faraday'sches Gesetz:

$$rot\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$$

…einsetzen…

$$\frac{1}{\kappa\,\mu_0}\,rot\;rot\vec{B} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$$

Beziehung der Vektoranalysis aus Formelsammlung:

$$rot\;rot\vec{B} = grad\;\underbrace{div\vec{B}}_{=0} - \Delta\vec{B}$$

…einsetzen..

$$\frac{1}{\kappa\,\mu_0}\left(-\Delta\vec{B}\right) = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$$

…durch Umstellen folgt die **Diffusionsgleichung…**

$$\Delta\vec{B} = \kappa\,\mu_0\,\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$$

4. Gemeinsamkeiten von Festtagsbraten und Magneten

Wärmeleitung:

Differenzialgleichung 2‘ter Ordnung gekennzeichnet durch zwei Orts-ableitungen und eine Zeitableitung.

Die Temperatur ist eine skalare Größe.

Legende:
ρ= Dichte [kg/m³];
λ = Wärmeleitfähigkeit [W/(m K)];
c = spezifische Wärmekapazität [J/(kg K)]
x = Weg [m];
ϑ= Temperatur [K]
t = Zeit [s]

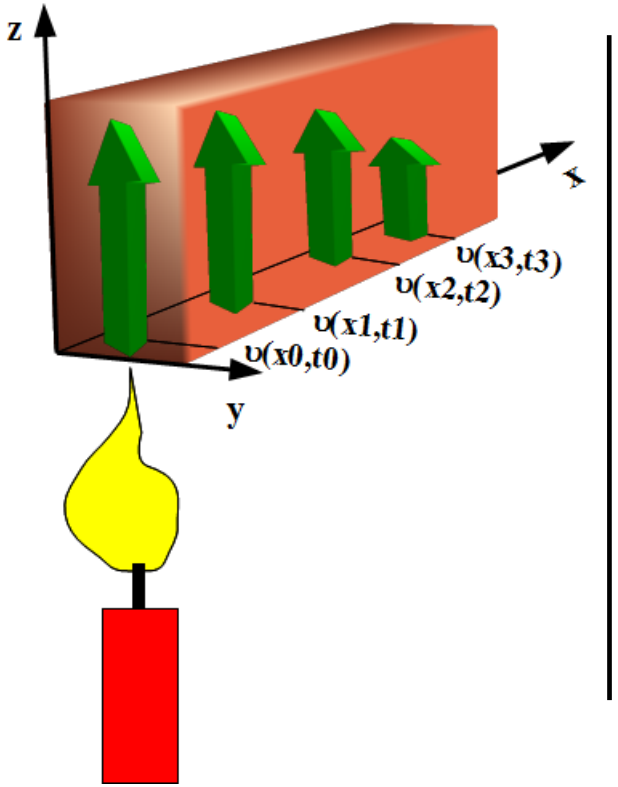
Angaben für Kupfer:
ρ = 8960 kg/m³; λ = 384 W/(m K); c = 383 J/(Kg K);
Koeffizient = 8936 s/m²

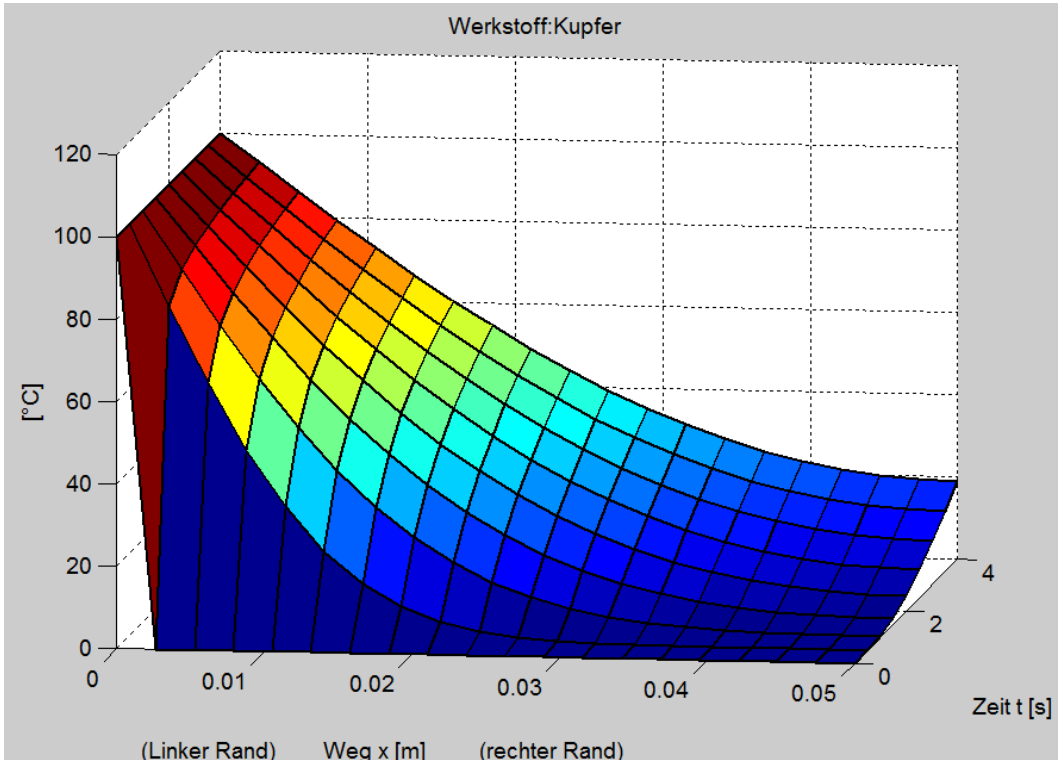
Eindimensionale Wärmeleitungsgleichung

$$\underbrace{\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2}}_{\text{zweifache Ortsableitung}} = \underbrace{\frac{\rho\, c}{\lambda}}_{\text{Koeffizient}} \cdot \underbrace{\frac{\partial \vartheta}{\partial t}}_{\text{einfache Zeitableitung}}$$

4. Gemeinsamkeiten von Festtagsbraten und Magneten

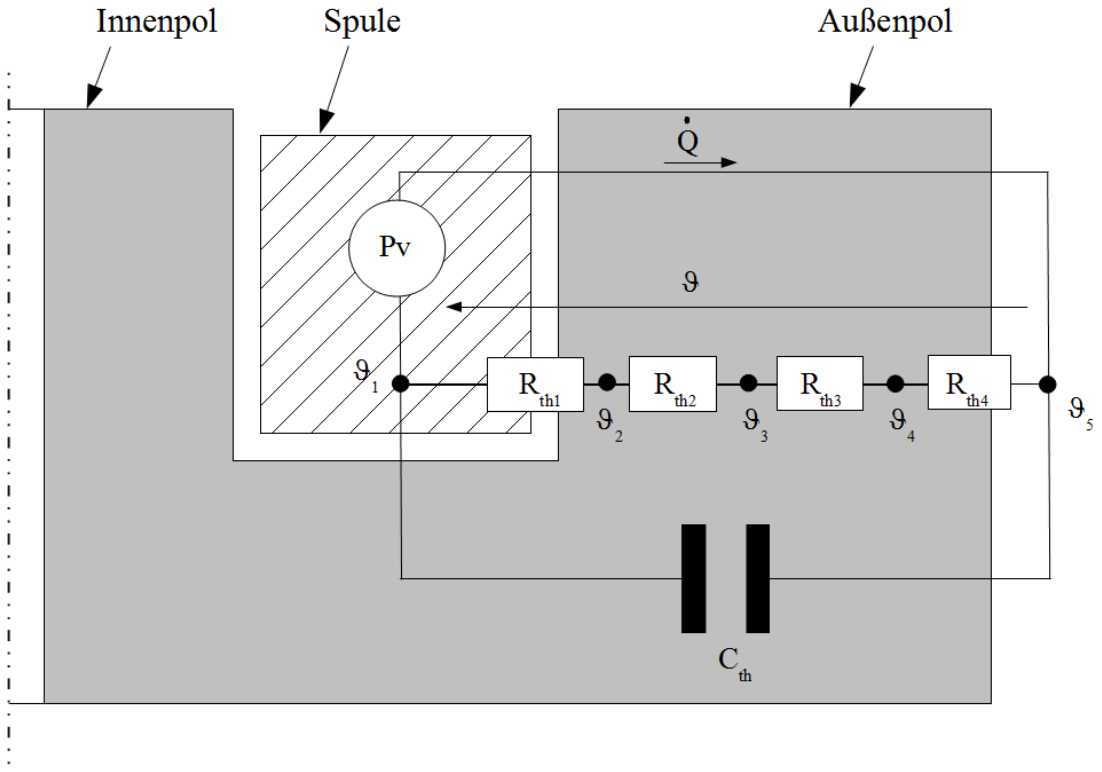
Beispiel einer linearen, eindimensionalen Temperaturdiffusion in Kupfer





4. Gemeinsamkeiten von Festtagsbraten und Magneten

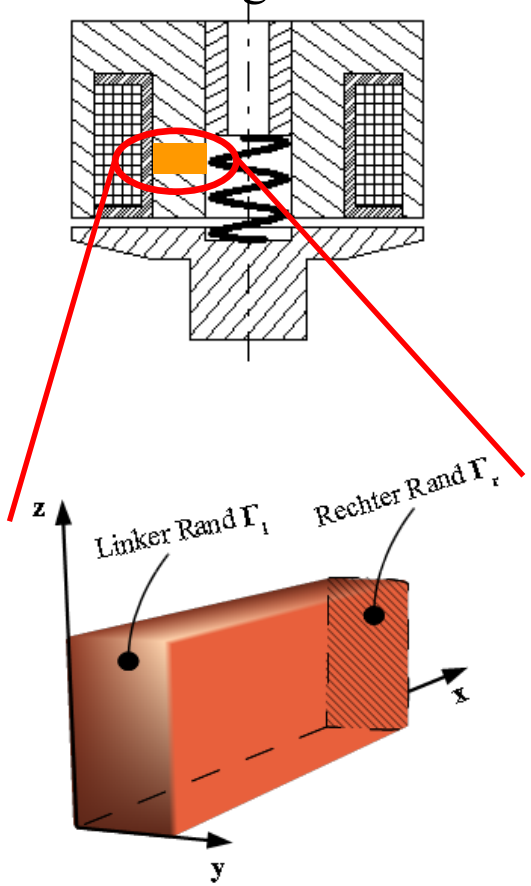
Thermisches Netzwerk: Elektromagnet als Anwendungsbeispiel



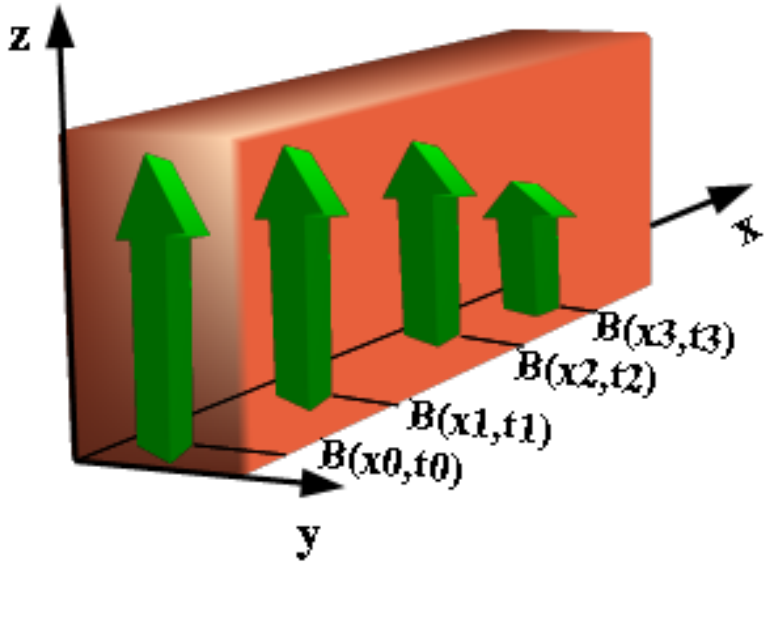
Legende:
Q= Wärmemenge [J]; Rth = Wärmewiderstand [K/W];
Cth = Wärmekapazität [J/K]; Pv = therm. Spannungsquelle [W];
ϑ = Temperatur [K]

4. Gemeinsamkeiten von Festtagsbraten und Magneten

Vom Elektromagneten …



… zur Felddiffusion



4. Gemeinsamkeiten von Festtagsbraten und Magneten

Felddiffusion:

Differenzialgleichung 2‘ter Ordnung gekennzeichnet durch zwei Orts-ableitungen und eine Zeitableitung.

Die Flussdichte ist eine vektorielle Größe.

Legende:
B = magnetische Flussdichte [Vs/m²];
x = Weg [m];
μ = Permeabilität [Vs/(Am)];
κ = spezifische elektrische Leitfähigkeit [A/(Vm)];
Angaben für Kupfer:
κ = 58 1E6 A/(Vm) ; μ = 1,256 1E-6Vs/(A m);
Koeffizient = 73 s/m²

Eindimensionale Felddiffusionsgleichung

$$\frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial x^2} = \mu \cdot \kappa \cdot \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

zweifache Ortsableitung

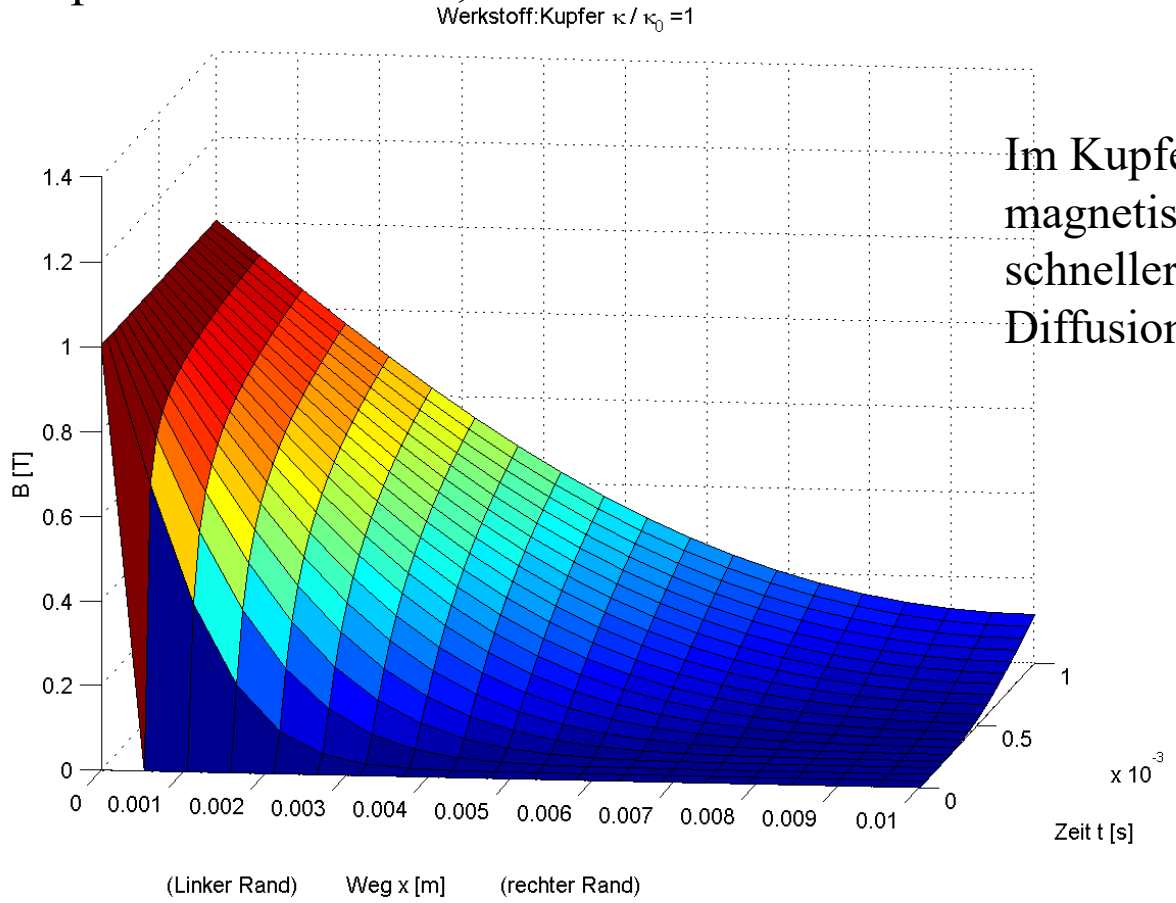
Koeffizient

einfache Zeitableitung

4. Gemeinsamkeiten von Festtagsbraten und Magneten

Beispiel einer linearen, eindimensionalen Felddiffusion in Kupfer

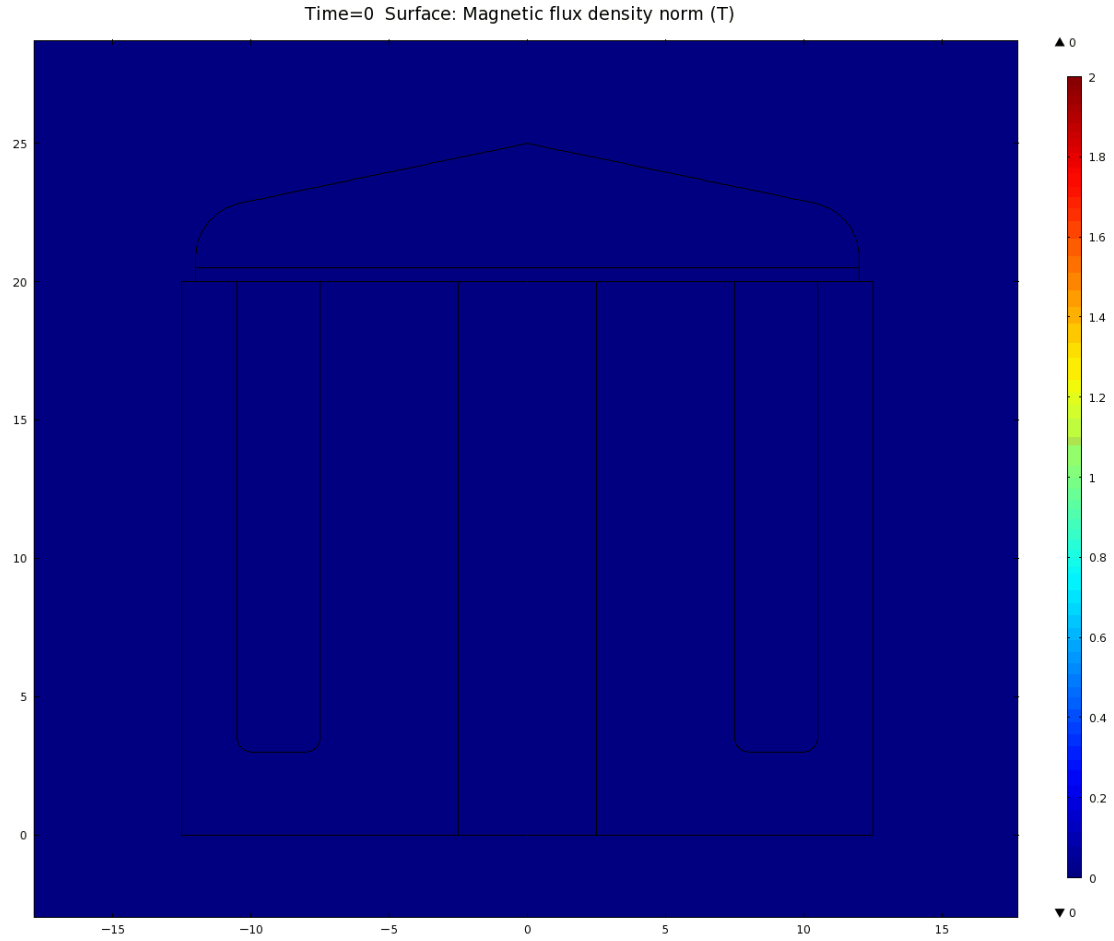
MATLAB-Ergebnis:



Im Kupfer verläuft die magnetische Felddiffusion 122 x schneller als die thermische Diffusion!

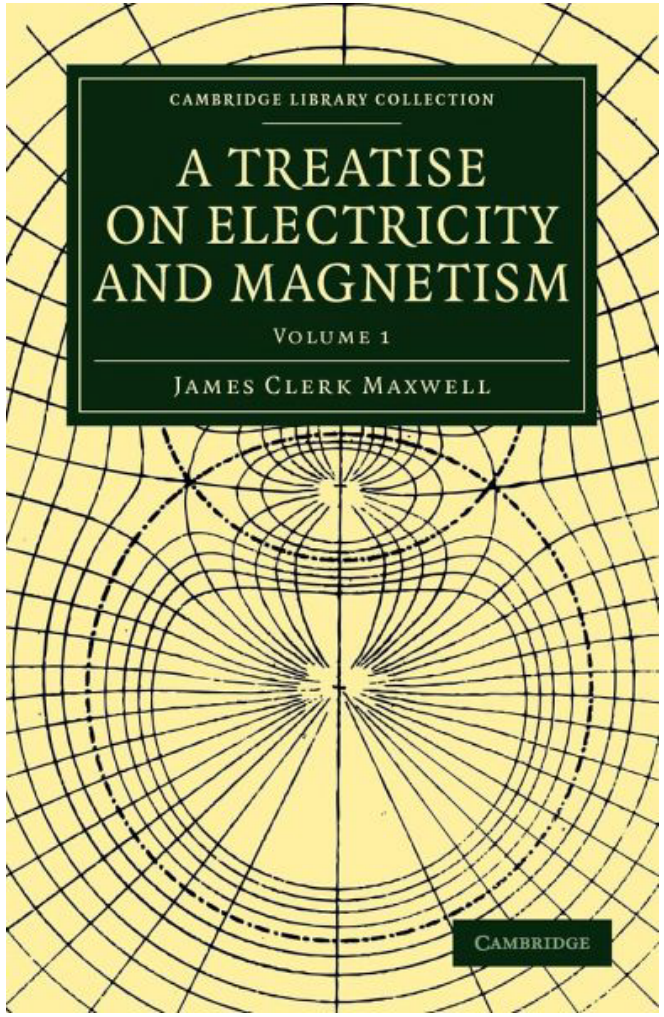
4. Gemeinsamkeiten von Festtagsbraten und Magneten

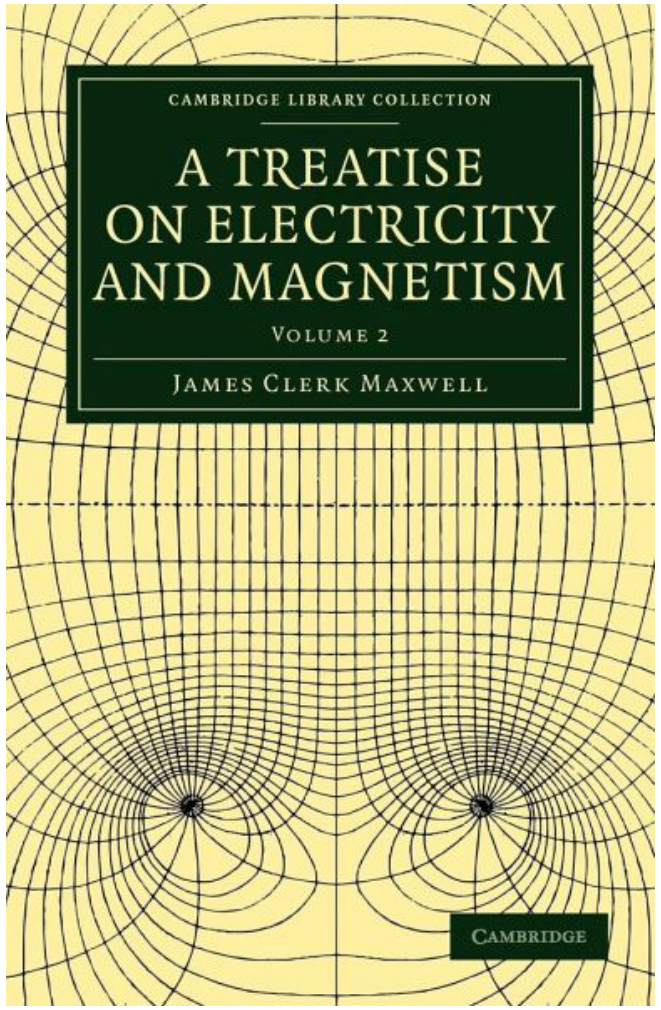
Beispiel einer nichtlinearen zweidimensionalen Felddiffusion im Eisen

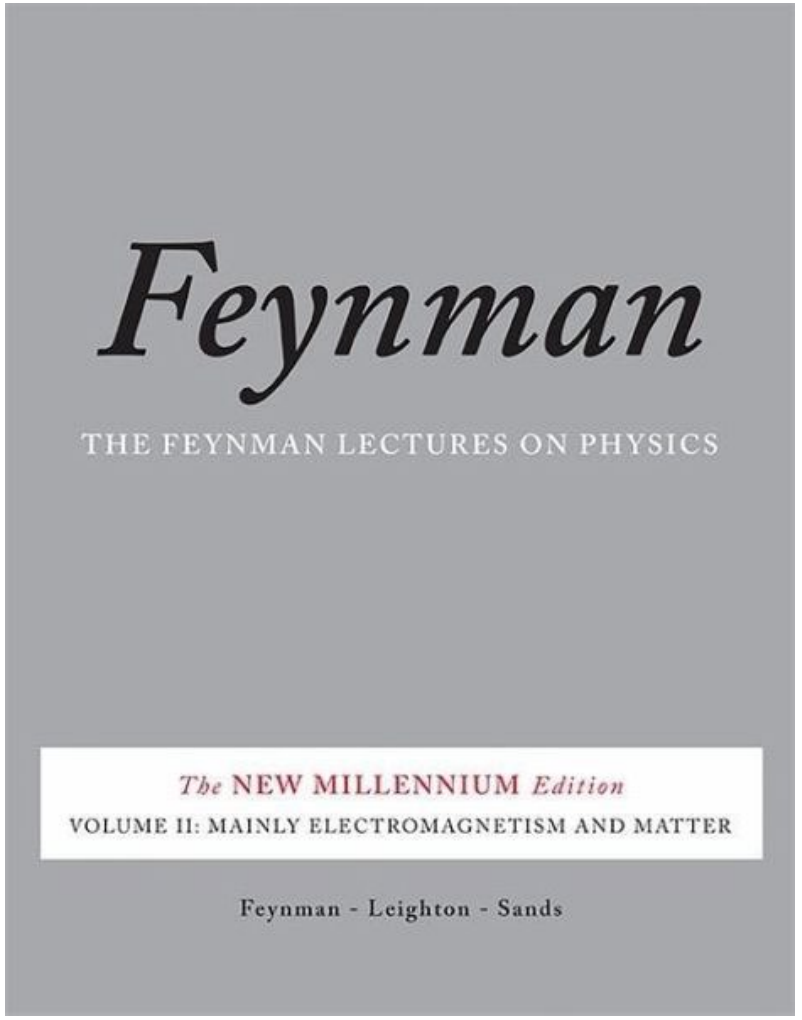


Quelle: Dipl.-Ing. (FH) Oliver Vogel

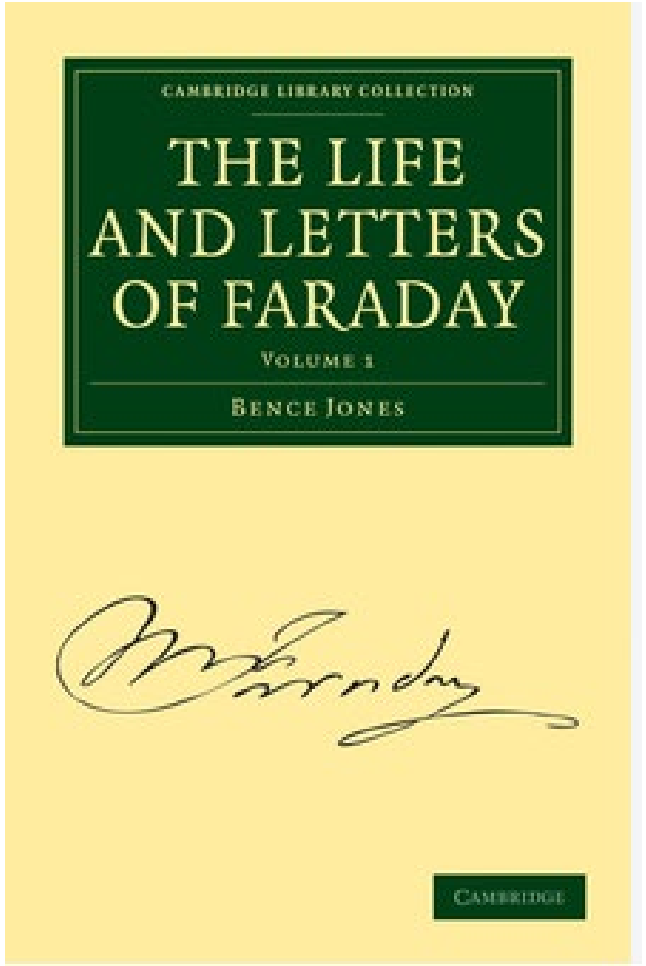
Literaturempfehlung:

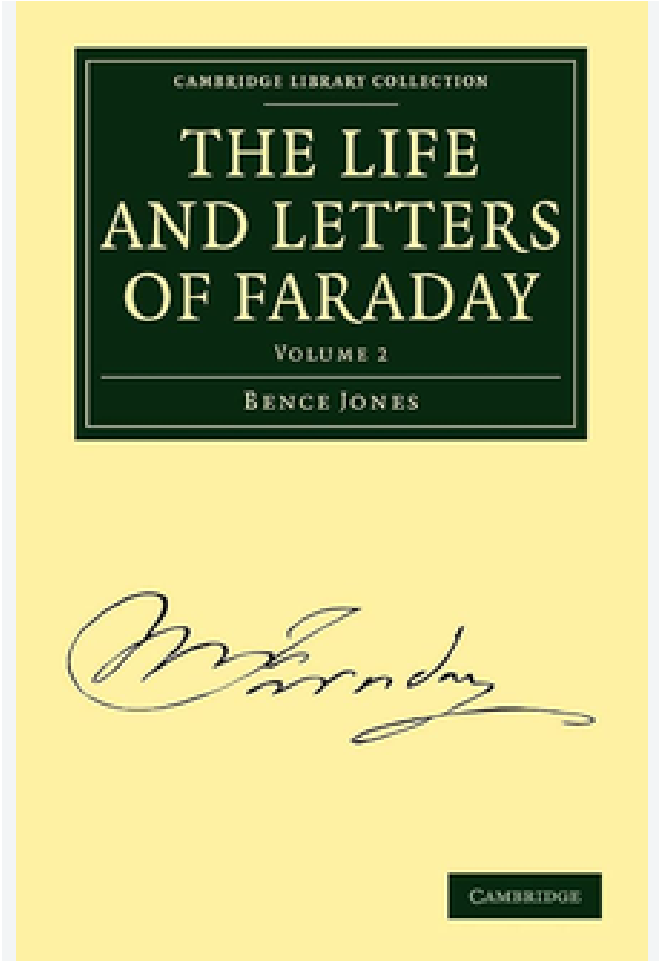






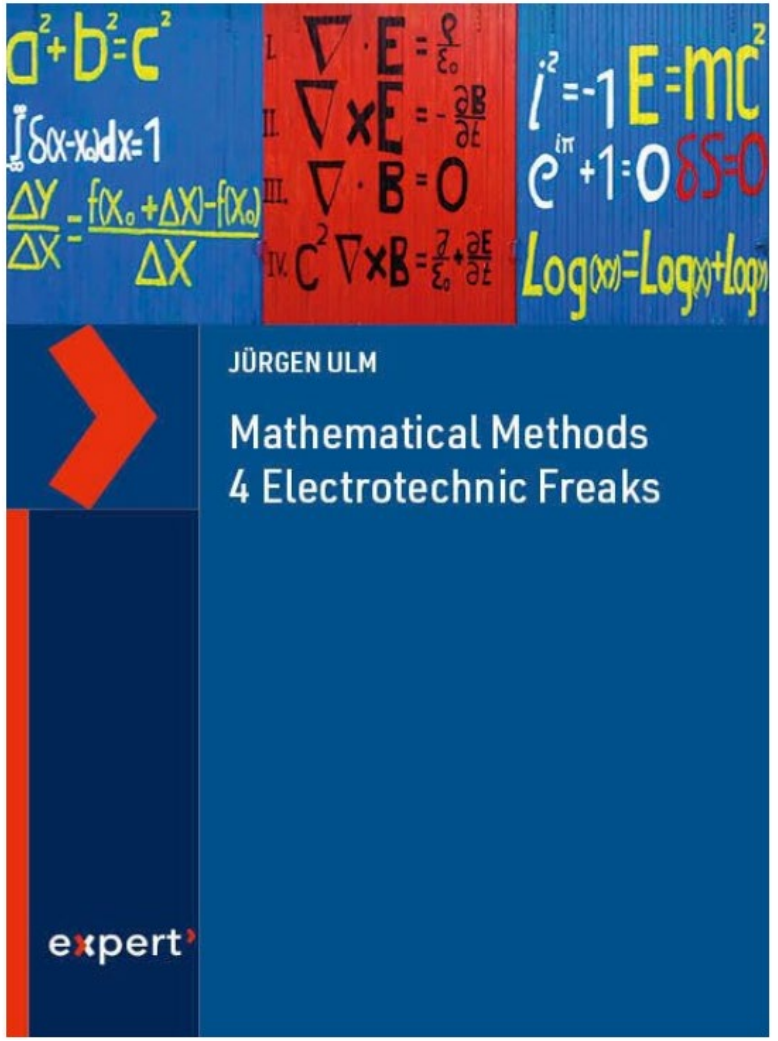
Literaturempfehlung:





Literaturempfehlung:





Wenn Ihnen das alles gefallen hat, dann kommen Sie zu uns!

Wir helfen Ihnen bei Problemlösungen und sind für Sie da!!

Wir freuen uns auf den Kontakt mit Ihnen!

IDA INSTITUT FÜR DIGITALISIERUNG UND ELEKTRISCHE ANTRIEBE
HOCHSCHULE HEILBRONN
Reinhold-Würth-Hochschule
Campus Künzelsau

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Ulm
Forschungsprofessor für elektromagnetische Systeme (EMS)
Stg: Elektrotechnik, Automatisierungstechnik & Elektromaschinenbau

Daimlerstraße 22 · 74653 Künzelsau
Telefon +49 (0)7940 1306 - 160
Telefax +49 (0)7940 1306 - 120
juergen.ulm@hs-heilbronn.de

Die Reinhold-Würth-Hochschule am Standort Künzelsau gilt als einer der innovativsten Technik- und Wirtschaftscampus der Region. Studierende profitieren hier von einer modernen Lernumgebung, enger Betreuung und einer starken Vernetzung mit der Industrie des Hohenloher Raums. Besonders die technischen Studiengänge bieten eine praxisnahe Ausbildung, die gezielt auf die Anforderungen zukünftiger Ingenieurinnen und Ingenieure ausgerichtet ist.

Im Bachelorbereich stehen zukunftsweisende Studiengänge zur Auswahl: **Automatisierungstechnik und Mechatronik**, **Elektrotechnik**, **Energy Systems Engineering and Management** sowie **Wirtschaftsingenieurwesen**. Sie verbinden ingenieurwissenschaftliche Grundlagen mit aktuellen Technologien – von Robotik über nachhaltige Energiesysteme bis hin zu digitalisierten Produktionsprozessen. Aufbauend darauf vertiefen die Masterstudiengänge **Elektrotechnik**, **International Master of Technical Innovation** sowie weitere spezialisierte Angebote das technische Know-how und eröffnen hervorragende Karrierechancen in Forschung, Entwicklung und Management.

Ein besonderer Masterschwerpunkt der Hochschule liegt im Bereich Elektromagnetische Systeme (EMS). Hier werden Themen wie elektrische Antriebe, Sensorik, Leistungselektronik und moderne Feldsimulationen nicht nur theoretisch vermittelt, sondern in Laboren und Projekten unmittelbar erfahrbar gemacht. Federführend prägt Prof. Dr.-Ing. Jürgen Ulm diesen Bereich mit seiner Forschung. Mit seiner Expertise in elektromagnetischen Feldern und innovativen Systemarchitekturen verbindet er wissenschaftliche Tiefe mit praxisnaher Anwendung. Studierende profitieren von seiner Forschungsnähe, spannenden Projektarbeiten und der Möglichkeit, an aktuellen industriellen Fragestellungen mitzuwirken.

Wer eine technisch fundierte, praxisorientierte und zugleich persönliche Hochschulausbildung sucht, findet in Künzelsau einen idealen Studienort – modern, regional vernetzt und mit klarer Ausrichtung auf die Technologien von morgen.



Programm Wintersemester 2026/27:

Mittwoch, 28. Oktober 2026
16.30 bis 18.00 Uhr
Online
150. Veranstaltung

Mathematische Grundlagen, Maxwellgleichungen, magnetisches und unmagnetisches.
195 Jahre Induktionsgesetz



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Ulm
Hochschule Heilbronn, Campus Künzelsau

Schwerpunktgebiet in der Theorie der elektromagnetischen Felder und der elektro-magneto-mechanischen Wandler im Master-schwerpunkt Elektromagnetische Systeme (EMS).

Montag, 2. November 2026
13.30 - 16.00 Uhr | Labor Co08
Präsenz

Einführung in die Oszilloskop-Messtechnik -
Teilnehmerzahl begrenzt



Felix Schulz, B. Eng.
Hochschule Heilbronn, Campus Künzelsau

Studium der Elektrotechnik an der Fachhoch-schule Aalen. Seit 2026 technischer Mitarbeiter im Elektrotechnik-Labor am Campus Künzelsau mit Schwerpunkt auf elektrotechnischen Labor-versuchen, Messtechnik und der praxisnahen Vermittlung der Studieninhalte

Mittwoch, 18. November 2026
16.30 bis 18.00 Uhr
Online

Induktivitätsmessung mit MagHyst: Vorgehensweise zu robusten Messergebnissen



Tobias Trella, M.Sc.
Hochschule Heilbronn, Campus Künzelsau

Seit März 2020 wissenschaftlicher Mitarbeiter am IDA. Seine Forschungs- und Entwicklungs-tätigkeiten umfassen insbesondere die Ausle-gung und Simulation elektro-magneto-mechani-scher Energiewandler.

Mittwoch, 16. Dezember 2026
16.30 bis 18.00 Uhr
Online

Auslegung und Entwurf von elektrischen Antrieben für Ventilatoren mit großer Stückzahl



Martin Baun, M.Sc.
Fa. ebm-papst Mulfingen

Seit 2008 beschäftigt im Bereich der Motorvor-entwicklung und seit 2016 leitet er die Innovati-onsgruppe für Motoren mit den Schwerpunkten Elektromagnetik und Isolation.

Mittwoch, 20. Januar 2027
16.30 bis 18.00 Uhr
Online

Baryzentrische Koordinaten mit Anwendung



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Ulm
Hochschule Heilbronn, Campus Künzelsau

Schwerpunktgebiet in der Theorie der elektromagnetischen Felder und der elektro-magneto-mechanischen Wandler im Master-schwerpunkt Elektromagnetische Systeme (EMS).

Magnetismus fasziniert - bleiben Sie neugierig!

Magnetics4Freaks richtet sich an all diejenigen, die dem Elektromagnetismus neugierig gegenüberstehen. Neben Vertretern aus Industrie und Hochschule kommen oftmals auch Studierende zu Wort, die aus ihrem Gebiet „Magnetisches“ begeistert vortragen.

hs-heilbronn.de/de/m4f

Die Teilnahme ist kostenfrei!

Magnetics 4 Freaks: Alles rund um den Elektromagnetismus WS 2026/27

150‘te Veranstaltung





Willkommen an der Reinhold-Würth-Hochschule in Künzelsau

Die Kolloquiumsreihe von Institut und Industrie

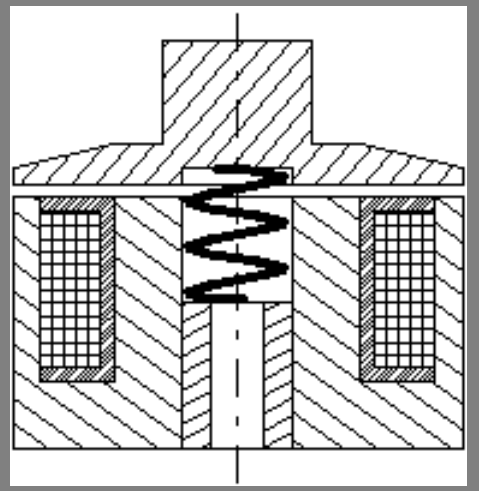


Foto: Wilhelm Feucht

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Ulm
Institut für schnelle mechatronische Systeme (ISM)
Institut für Digitalisierung und elektrische Antriebe (IDA)