

Magnetics 4 Freaks: Alles rund um den Elektromagnetismus WS25/26



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

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Ulm; Forschungsprofessor für elektromagnetische Systeme, Institutedirektor des Instituts für Digitalisierung und elektrische Antriebe (IDA) und
Magnetics4Freaks
Institut für schnelle mechatronisch Systeme (ISM); Reinhold-Würth-Hochschule Campus Künzelsau; Daimlerstraße 22; 74653 Künzelsau



Willkommen an der
Reinhold-Würth-
Hochschule in
Künzelsau

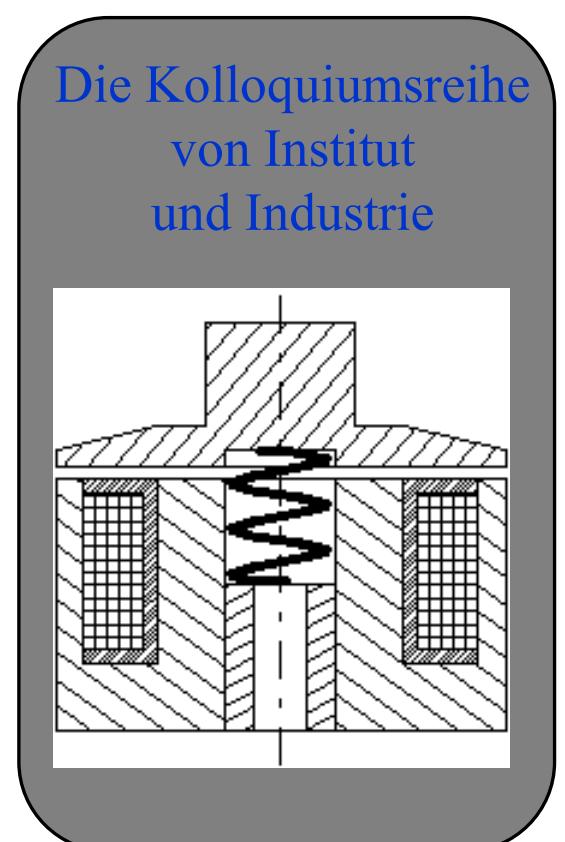


Foto: Wilhelm Feucht

Programm Wintersemester 2025/26:

Mittwoch, 05. November 2025

16.30 bis 18.00 Uhr

Mathematische Grundlagen, Maxwellgleichungen, magnetisches und permanentmagnetisches. Geklärt wird zudem die Frage: „Was haben ein Festtagsbraten und ein Elektromagnet gemeinsam?“



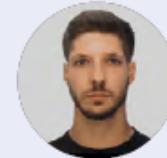
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Ulm
Hochschule Heilbronn, Campus Künzelsau,
Reinhold-Würth-Hochschule

Schwerpunktgebiet in der Theorie der elektromagnetischen Felder und der elektromagneto-mechanischen Wandler im Masterschwerpunkt Elektromagnetische Systeme (EMS).

Mittwoch, 12. November 2025

16.30 bis 18.00 Uhr

Optimierungsworkflow mit Motor-CAD und optiSLang



Florian Servas
Studium der Elektrotechnik Campus Künzelsau,
Reinhold-Würth-Hochschule

Im Rahmen seiner Bachelorarbeit beschäftigte er sich mit der Motoroptimierung und der Konzeptentwicklung für Hocheffizienzmotoren bei der ZIEHL-ABEGG SE. Aktuell führt er sein Elektrotechnikstudium im Master fort.

Mittwoch, 17. Dezember 2025

16.30 bis 18.00 Uhr

Einführung in die Variationsrechnung – wie lösen wir das 17.30 Uhr-Problem?



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

Schwerpunktgebiet in der Theorie der elektromagnetischen Felder und der elektromagneto-mechanischen Wandler im Masterschwerpunkt Elektromagnetische Systeme (EMS).

Mittwoch, 07. Januar 2026

16.30 bis 18.00 Uhr

Fortsetzung Variationsmethode – mit mathematischer Beschleunigung



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

Schwerpunktgebiet in der Theorie der elektromagnetischen Felder und der elektromagneto-mechanischen Wandler im Masterschwerpunkt Elektromagnetische Systeme (EMS).

Campus:

IDA -News

INSTITUT FÜR DIGITALISIERUNG UND ELEKTRISCHE ANTRIEBE

Durchgeföhrter IDA-Infotag am 13.03.25:

- 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: Ilmenauer Magnettag

Save the Date - **IMT 2026** – 9. Ilmenauer Magnettag

wir freuen uns sehr, Ihnen mitteilen zu können, dass der **9. Ilmenauer Magnettag** am **18. März 2026** in Ilmenau stattfinden wird. Er wird durch das **Fachgebiet Mechatronik der Technischen Universität Ilmenau** veranstaltet.

Der Ilmenauer Magnettag ist eine der führenden Fachtagung für angewandte Forschung und Entwicklung im Bereich elektromagnetischer Antriebssysteme und bringt Forscher, Entwickler, Prüfspezialisten sowie Anwender aus der Industrie zusammen.

In diesem Jahr findet die Veranstaltung in **Kooperation mit Prof. Dr. Jürgen Ulm (Hochschule Heilbronn - Campus Künzelsau - Reinhold-Würth-Hochschule)** statt.

Darüber hinaus ist am Vortag, dem **17. März 2026**, einen **Magnetik Grundlagen Workshop** geplant, der eine ideale Grundlage für die anschließende Fachtagung bietet.

Bitte merken Sie sich diese Termine vor. Weitere Informationen, einschließlich Agenda und Anmeldung, folgen in Kürze.

Wir freuen uns darauf, Sie in Ilmenau begrüßen zu dürfen!

Veranstaltungen: Workshop Elektrische Maschinen

Workshop Elektrische Maschinen

Theoretische Grundlagen und Laborübungen am Prüfplatz für elektrische Maschinen

Beginn:
16.07.2026 - 09:00 Uhr



Ende:
17.07.2026 - 15:00 Uhr

Dauer:
2,0 Tage

Inhouse anfragen

VeranstaltungsNr.: **35695.00.005**

Leitung

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Ulm

Hochschule Heilbronn

[**Alle Referent:innen**](#)

Inhaltsverzeichnis

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

Inhaltsverzeichnis

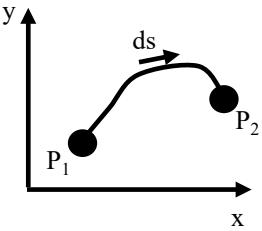
- 1. Mathematische Grundlagen**
- 2. Maxwell-Gleichungen**
- 3. Anwendungsbeispiele der Maxwell-Gleichungen**
- 4. Gemeinsamkeiten von Festtagsbraten und Magneten**

1. Mathematische Grundlagen: Linien, Flächen und Volumen

Linien:

Kurven- Linienintegral:

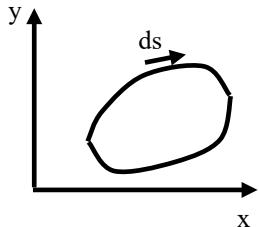
Der Integrationsweg ist eine Kurve.



$$W = \int_{P1}^{P2} \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s}$$

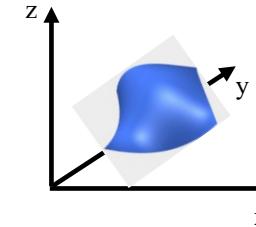
Umlauf- Kreisintegral:

Ein Umlaufintegral ist ein Kurvenintegral über einen geschlossenen Integrationsweg.



$$S = \oint_s \bar{A} \cdot d\bar{s}$$

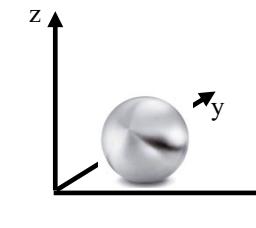
Integral über eine Fläche:



$$O = \iint_s f(x, y) dxdy$$



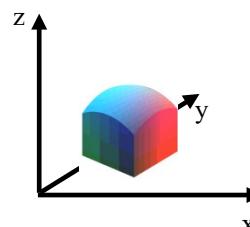
Integral über eine geschlossene Fläche:



$$O = \iint_A \dots dA$$

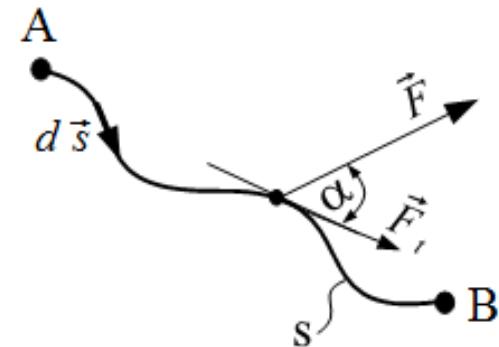


Volumen- Dreifachintegral:

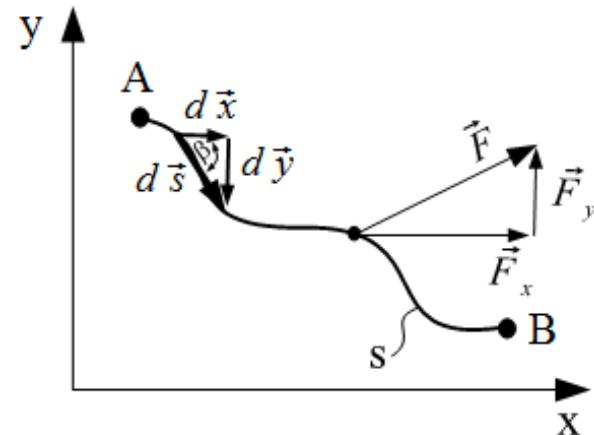


$$V = \iiint_{x y z} f(x, y, z) dzdydx$$

1. Mathematische Grundlagen



$$W = \int_s \vec{F} \cos \alpha \, d\vec{s} \\ = \int_s \vec{F}_t \, d\vec{s}$$



$$d\vec{s} = d\vec{x} + d\vec{y} \\ = \cos \beta \, d\vec{s} + \sin \beta \, d\vec{s} \\ = (\cos \beta + \sin \beta) d\vec{s} \\ = \left(\frac{dx}{ds} + \frac{dy}{ds} \right) d\vec{s}$$

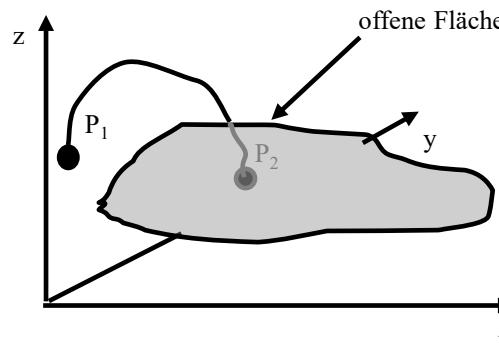
$$W = \int_s \left(\vec{F}_x \frac{dx}{ds} + \vec{F}_y \frac{dy}{ds} \right) d\vec{s} \\ dW = \vec{F}_x \, dx + \vec{F}_y \, dy$$

1. Mathematische Grundlagen: Linien, Flächen und Volumen

Flächen:

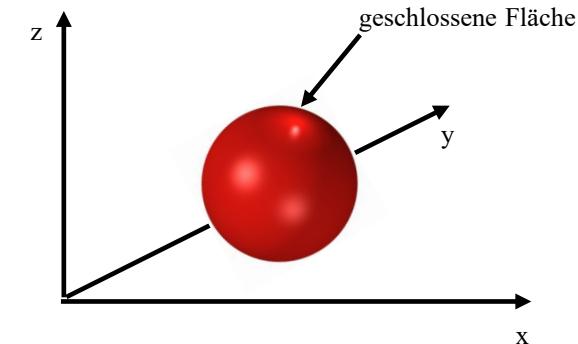
Offene Fläche:

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.

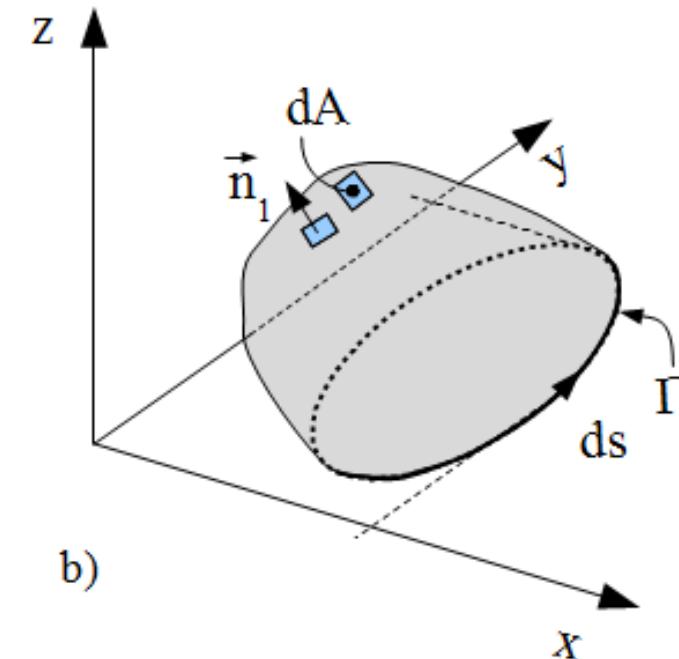
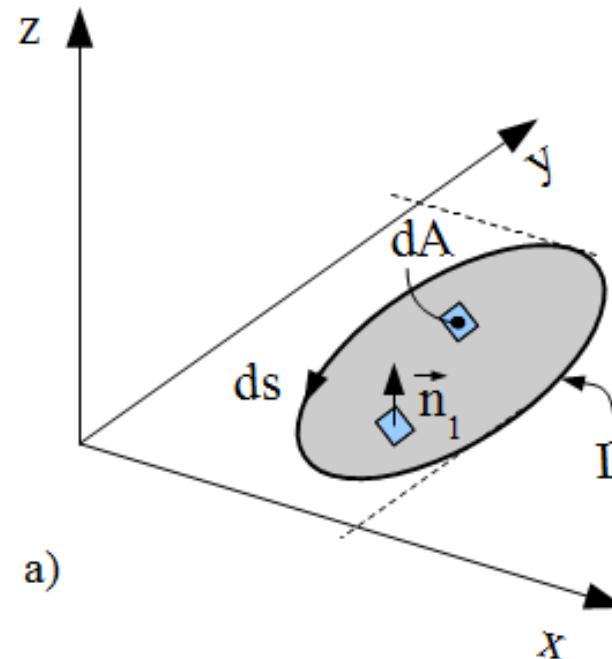


Beispiel: Kugel

1. Mathematische Grundlagen: Linien, Flächen und Volumen

Zusammenhang zwischen Rand- und der Flächenintegral:

$$\oint_{\Gamma} \dots \, ds = \iint_A \dots \, dA$$



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.

$$\iint_{\partial\Omega} \dots dA = \iiint_{\Omega} \dots dV$$

- des Gauß'schen Integralsatzes

$$\iint_{\partial\Omega} \vec{F} \, d\vec{A} = \iiint_{\Omega} \operatorname{div} \vec{F} \, dV$$

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.

$$\int_{\partial\Gamma} \dots dl = \oint_{\Gamma} \dots dA$$

- des Stoke'schen Integralsatzes

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

1. Mathematische Grundlagen: Integrale

$$\oint \dots ds = \iint \dots dA$$

Amper's law:

$$\oint \vec{H} ds \vec{n} = \iint \operatorname{rot} \vec{H} dA$$

Faraday's law:

$$\oint \vec{E} ds \vec{n} = \iint \operatorname{rot} \vec{E} dA$$

Example open Area:
 Euclidian plane

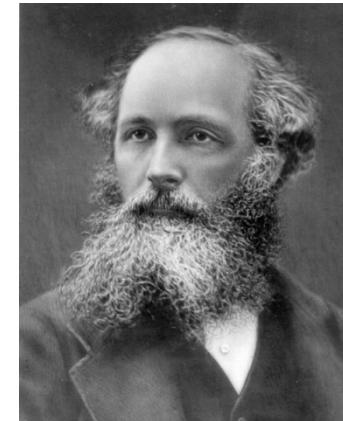
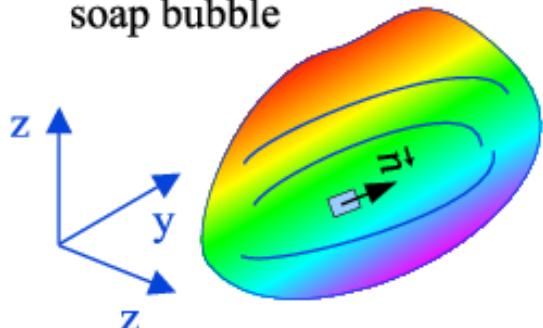


$$\iint \dots dA = \iiint \dots dV$$

Gauß law:

$$\iint \vec{D} dA = \iiint \operatorname{div} \vec{D} dV$$

Example closed Area:
 soap bubble



James Clerk Maxwell
 (1831 – 1879)
 Begründer der Elektrodynamik

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.



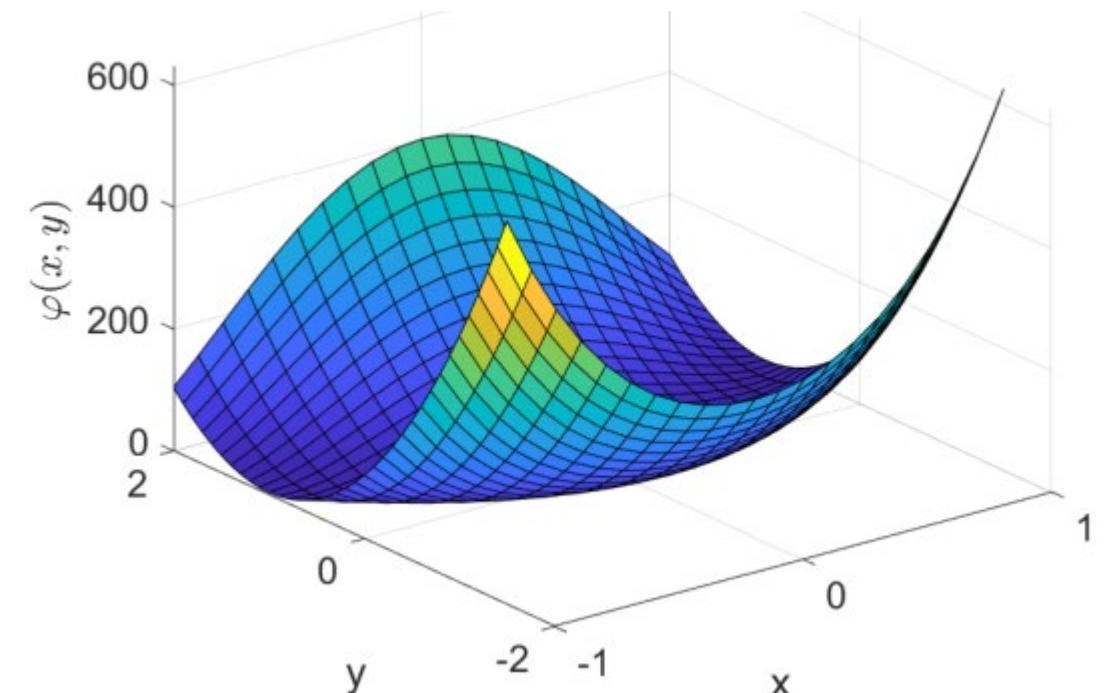
Richard P. Feynman
(1918 – 1988)
Physik-Nobelpreisträger

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.

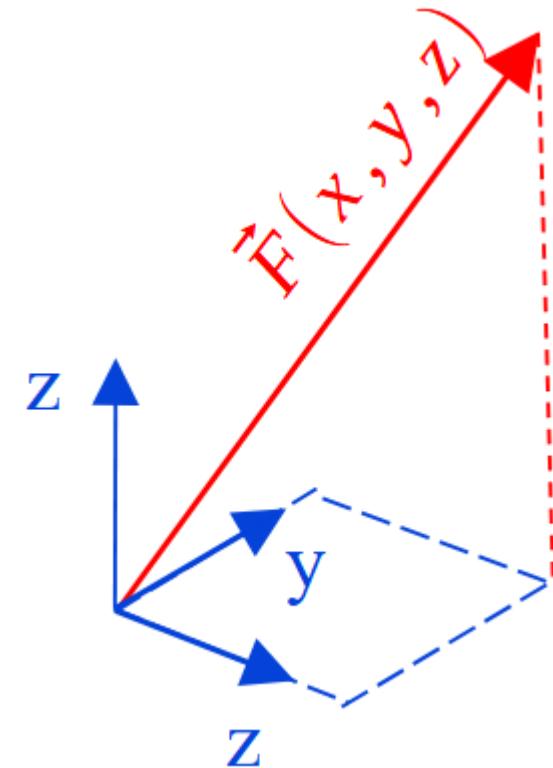
A Treatise on Electricity and Magnetism; J. C. Maxwell
Vol. I , Art. 11.



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.

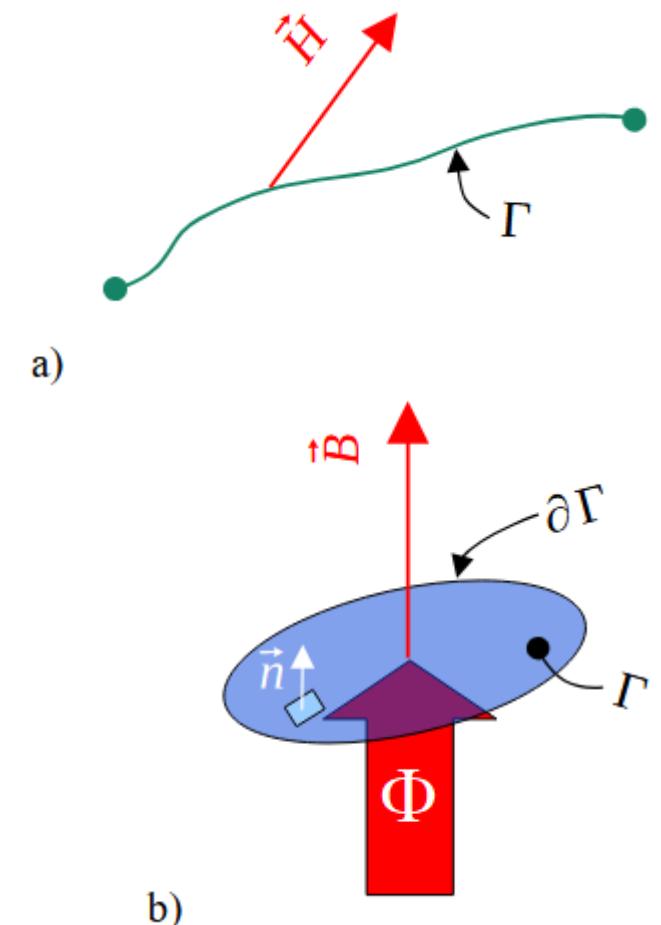


1. Mathematische Grundlagen: Skalare und Vektoren

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.

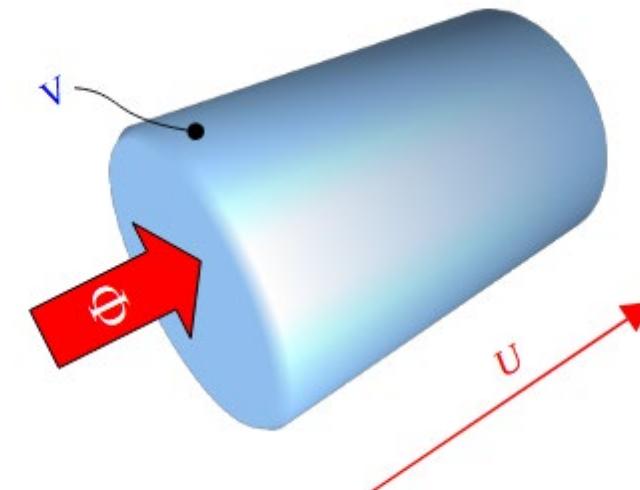
A Treatise on Electricity and Magnetism; J. C. Maxwell Vol. I , Art. 12.



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

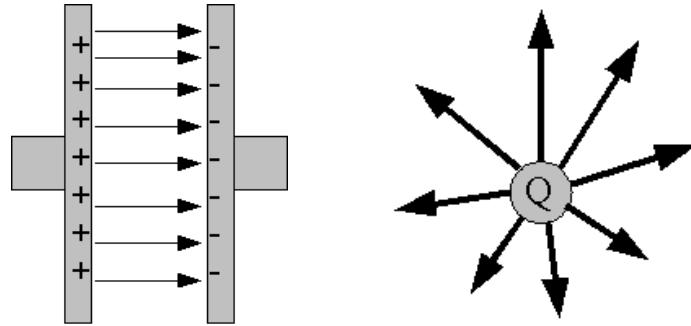
3. Anwendungsbeispiele der Maxwell-Gleichungen

4. Gemeinsamkeiten von Festtagsbraten und Magneten

2. Maxwell-Gleichungen: Systematik der Felder

Quellenfelder (wirbelfreie Felder):

- elektrostatische Felder

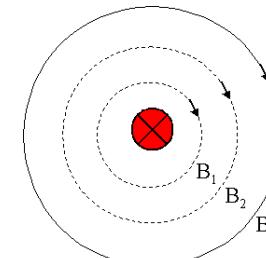
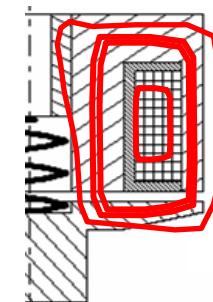


Eigenschaft:

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	Stationäre Felder
	Elektrostatisches Feld im Nichtleiter $\text{rot } \vec{E} = 0; \text{div } \vec{D} = \rho; \vec{D} = \epsilon \vec{E}$
	Elektrostatisches Feld im Leiter $\vec{E} = 0; \vec{D} = 0$
	Magnetisches Feld $\text{rot } \vec{H} = 0; \text{div } \vec{B} = 0; \vec{B} = \mu \vec{H}$
Stationäres elektrisches Feld	Stationäres elektrisches Feld $\text{rot } \vec{E} = 0; \text{div } \vec{D} = \rho; \text{div } \vec{J} = 0; \vec{J} = \kappa \vec{E}; \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} = 0$
	Magnetisches Feld stationärer Ströme $\text{rot } \vec{H} = \vec{J}; \text{div } \vec{B} = 0; \vec{B} = \mu \vec{H}; \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = 0$

Zeitabhängige Felder	Quasistationäre Felder	Elektrisches Feld
		Elektrostatisches Feld im Nichtleiter $\text{rot } \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}; \text{div } \vec{D} = \rho; \vec{D} = \epsilon \vec{E}$
		Magnetisches Feld stationärer Ströme $\text{rot } \vec{H} = \vec{J}; \text{div } \vec{B} = 0; \vec{B} = \mu \vec{H}; \vec{J} = \kappa \vec{E}$
Schnell veränderliche Felder		Elektromagnetisches Feld stationärer Ströme $\text{rot } \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}; \text{div } \vec{D} = \rho; \vec{D} = \epsilon \vec{E}$
		Magnetisches Feld stationärer Ströme $\text{rot } \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}; \text{div } \vec{B} = 0; \vec{B} = \mu \vec{H}; \vec{J} = \kappa \vec{E}$

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

$$c^2 \operatorname{rot} \vec{B} = \frac{\vec{J}}{\varepsilon_0} + \frac{\partial \vec{E}}{\partial t},$$

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

$$\operatorname{div} \vec{B} = 0,$$

$$\operatorname{div} \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon}.$$

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

2. Maxwell-Gleichungen: Differenzial- und Integralform

$$c^2 \operatorname{rot} \vec{B} = \frac{\vec{J}}{\varepsilon_0} + \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

$$\operatorname{rot} \vec{B} = \frac{1}{c^2 \varepsilon_0} \vec{J} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

$$\operatorname{rot} \vec{B} = \frac{\vec{J} \mu_0 \varepsilon_0}{\varepsilon_0} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$

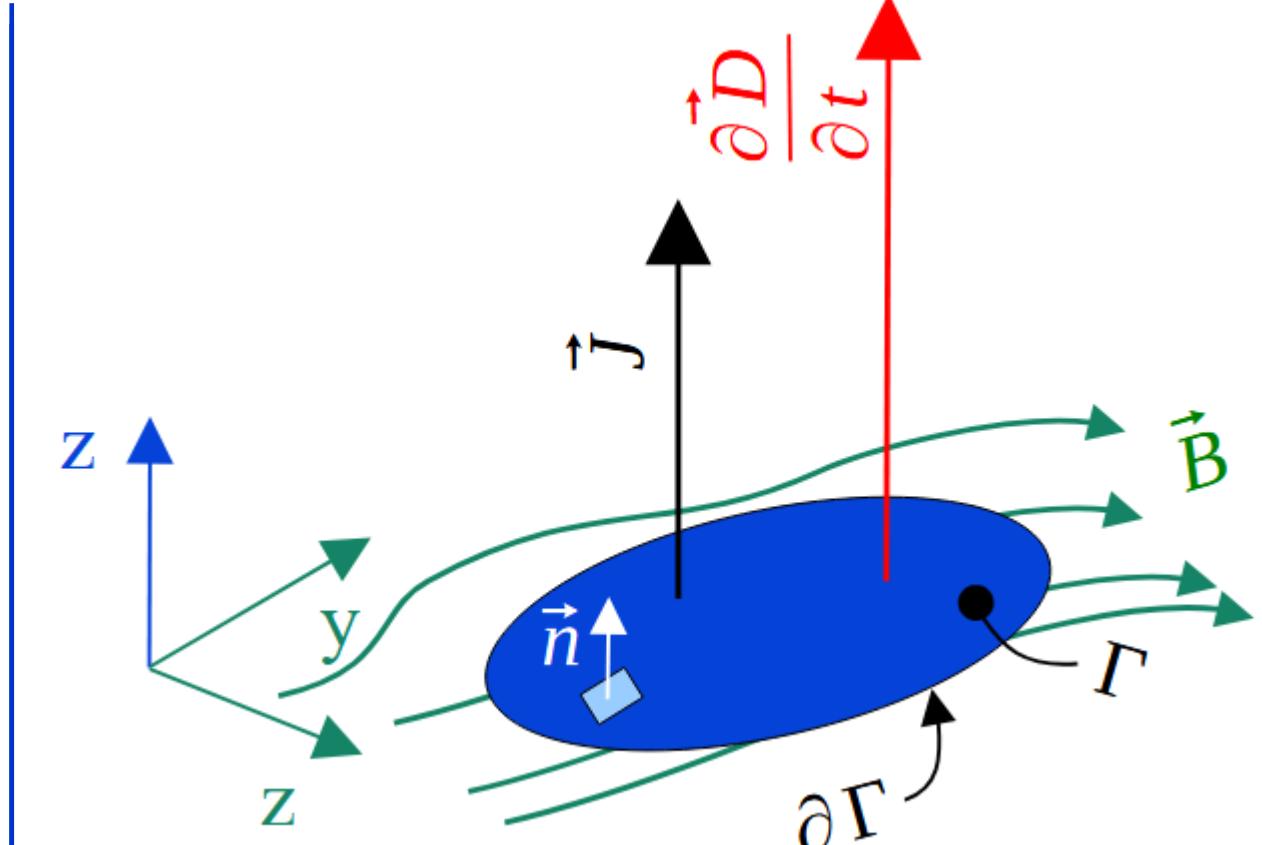
$$\operatorname{rot} \vec{B} = \mu_0 \left[\vec{J} + \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right]$$

Anwendung des Stoke'schen Satzes:

$$\iint_{\Gamma} \operatorname{rot} \vec{B} d\vec{A} = \mu_0 \iint_{\Gamma} \left[\vec{J} + \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right] d\vec{A}$$

$$\oint_{\partial\Gamma} \vec{B} d\vec{A} = \mu_0 \iint_{\Gamma} \left[\vec{J} + \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right] d\vec{A}$$

$$\oint_{\partial\Gamma} \vec{H} d\vec{s} = \iint_{\Gamma} \left[\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right] d\vec{A}$$



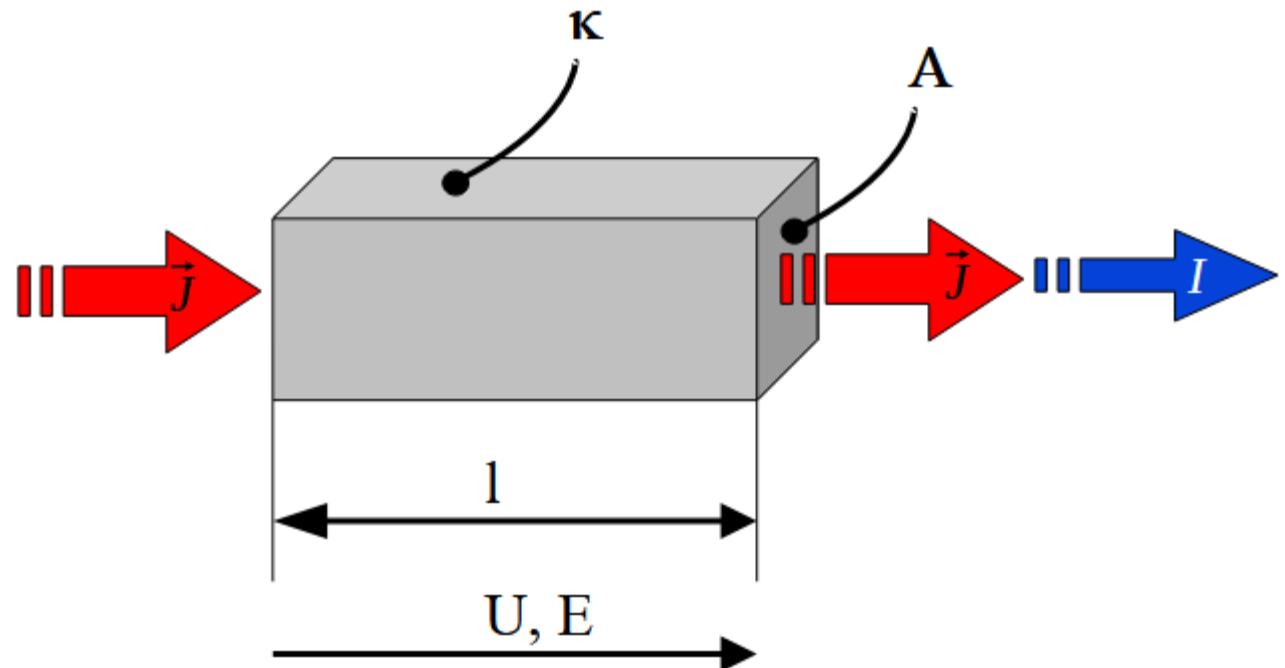
Inhaltsverzeichnis

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

3. Anwendungsbeispiele der Maxwell-Gleichungen: Widerstand

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

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

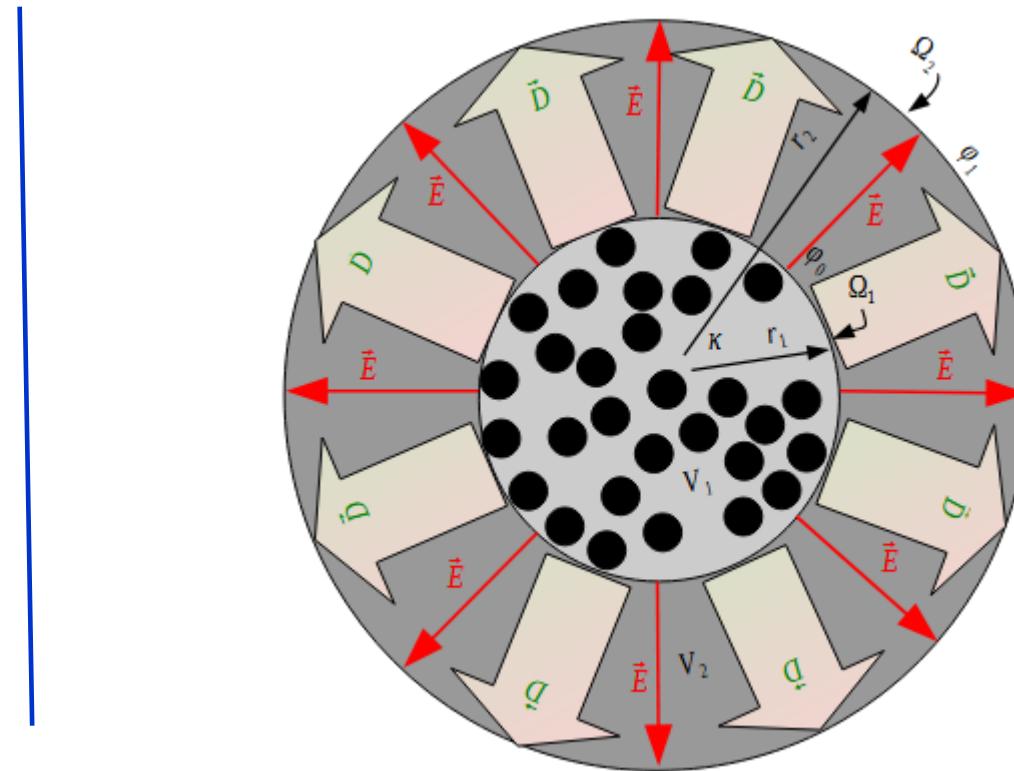


3. Anwendungsbeispiele der Maxwell-Gleichungen: Kondensator

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

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

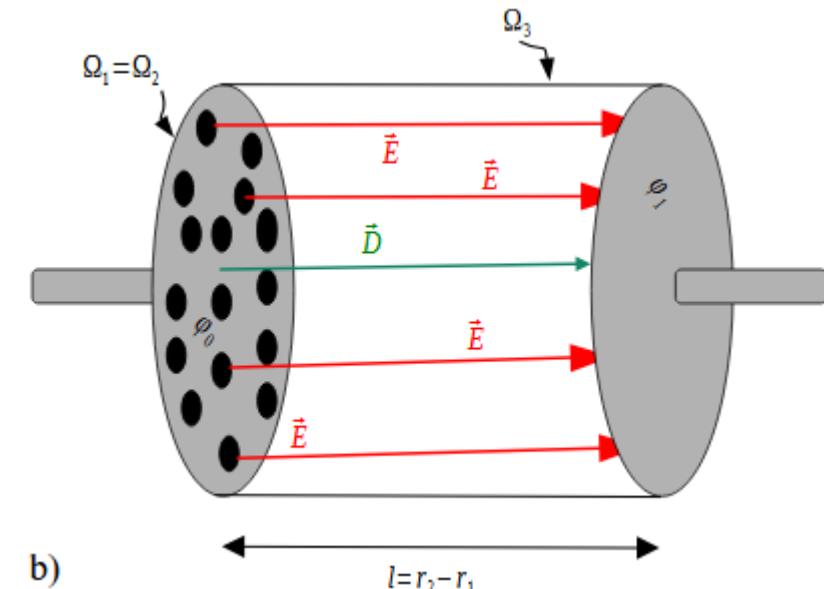
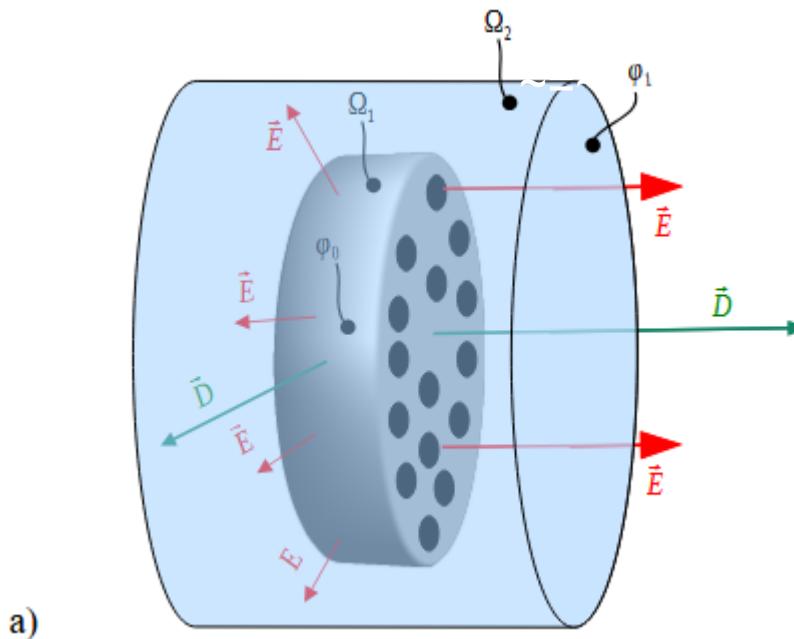
$$\underbrace{C}_{1/R_c} \underbrace{\int_{\Gamma} E \, dl}_{U} = \underbrace{\iint_{\Omega} D \, dA}_{I}$$



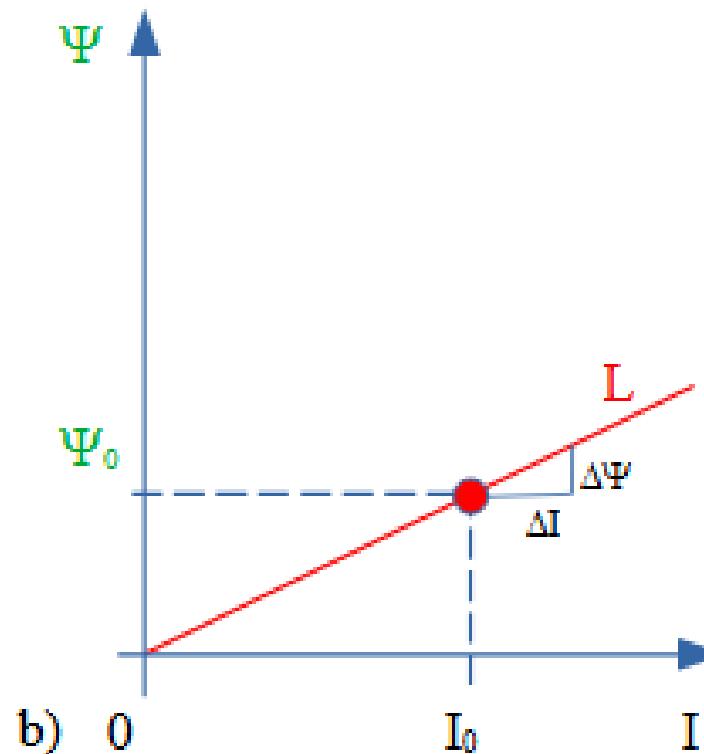
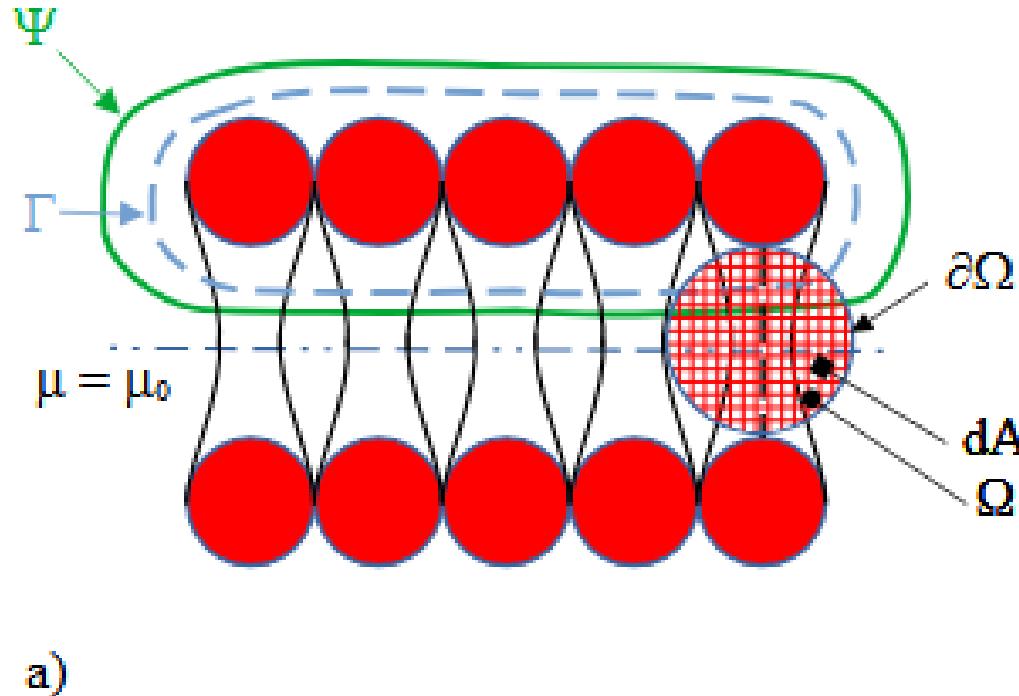
3. Anwendungsbeispiele der Maxwell-Gleichungen: Kondensator

$$C = \frac{\oint_{\Omega} D \, dA}{\int_{\Gamma} E \, dl} = \frac{\epsilon E \oint_{\Omega} dA}{E l}$$

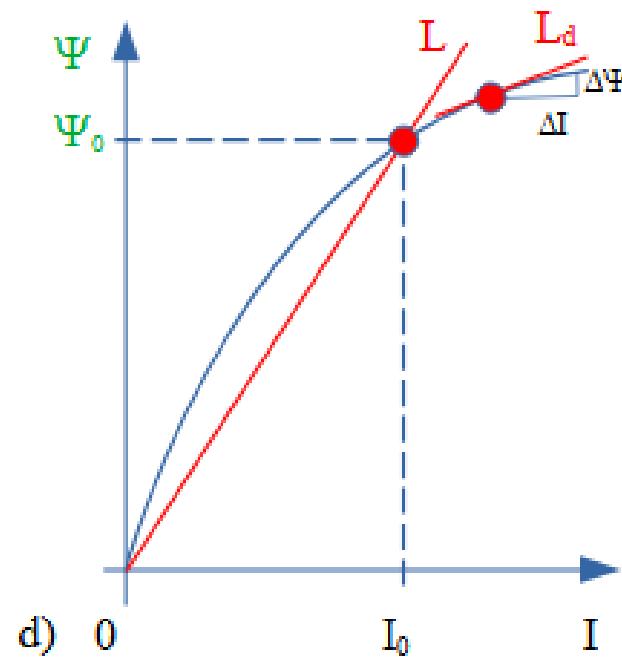
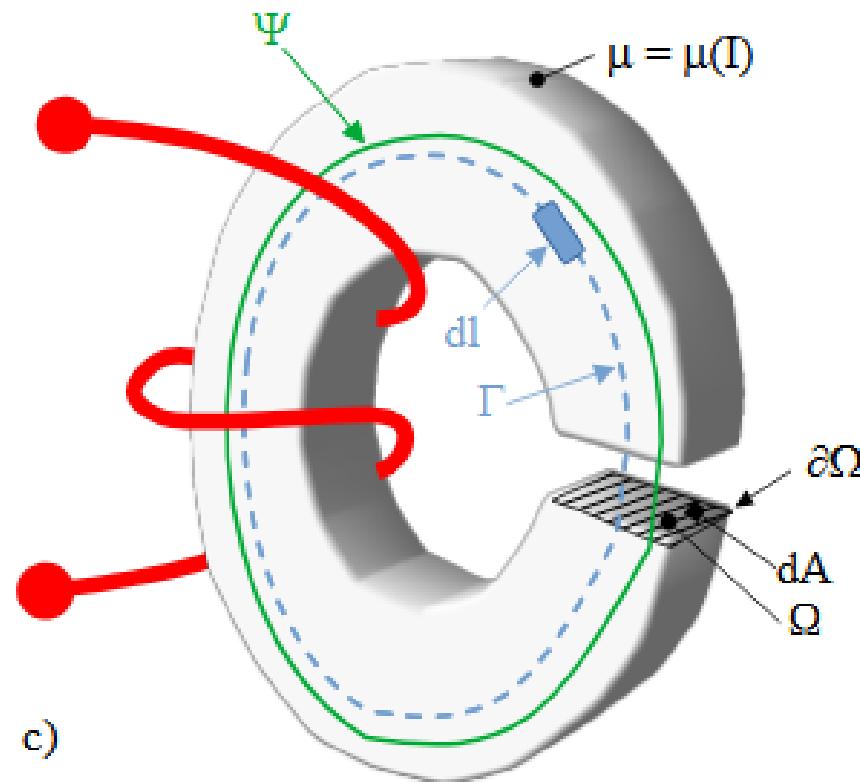
$$\underbrace{C}_{1/R_c} \underbrace{\int_{\Gamma} E \, dl}_{U} = \underbrace{\oint_{\Omega} D \, dA}_{I}$$



3. Anwendungsbeispiele der Maxwell-Gleichungen: Induktivität



3. Anwendungsbeispiele der Maxwell-Gleichungen: Induktivität



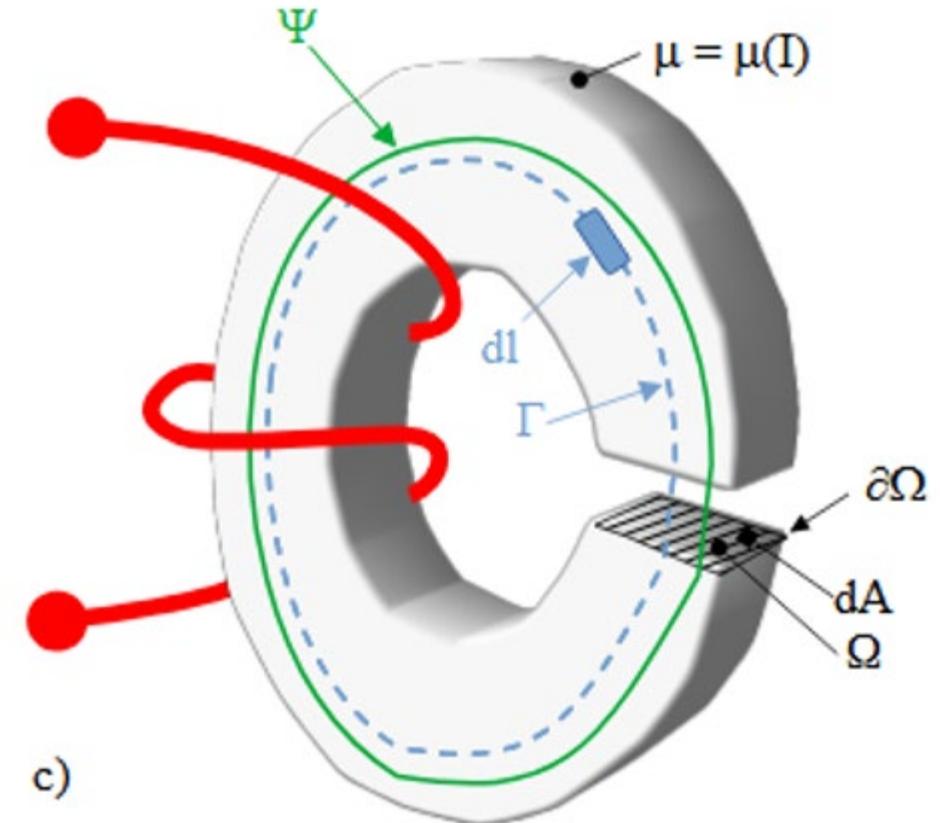
3. Anwendungsbeispiele der Maxwell-Gleichungen: Induktivität

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

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

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

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



Inhaltsverzeichnis

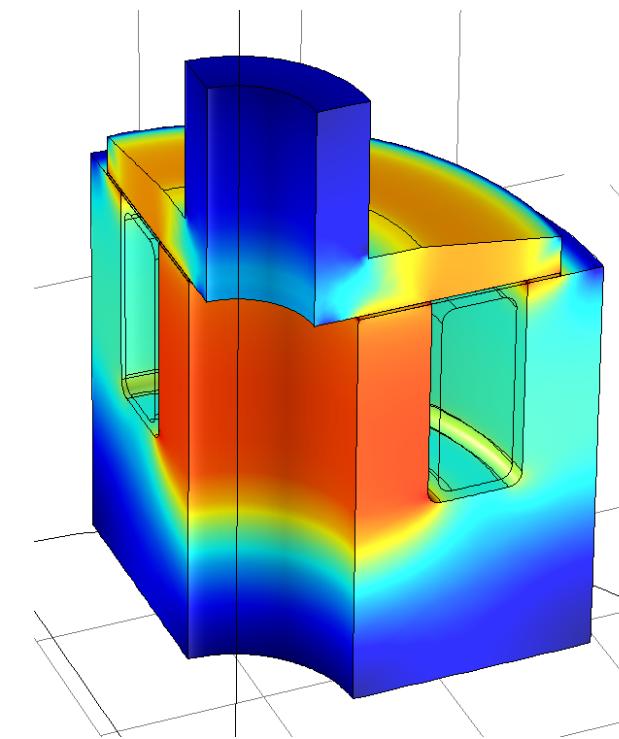
1. Mathematische Grundlagen
2. Maxwell-Gleichungen
3. Anwendungsbeispiele der Maxwell-Gleichungen
- 4. Gemeinsamkeiten von Festtagsbraten und Magneten**

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:

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

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

Faraday'sches Gesetz:

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

...einsetzen...

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

Beziehung der Vektoranalysis aus Formelsammlung:

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

...einsetzen..

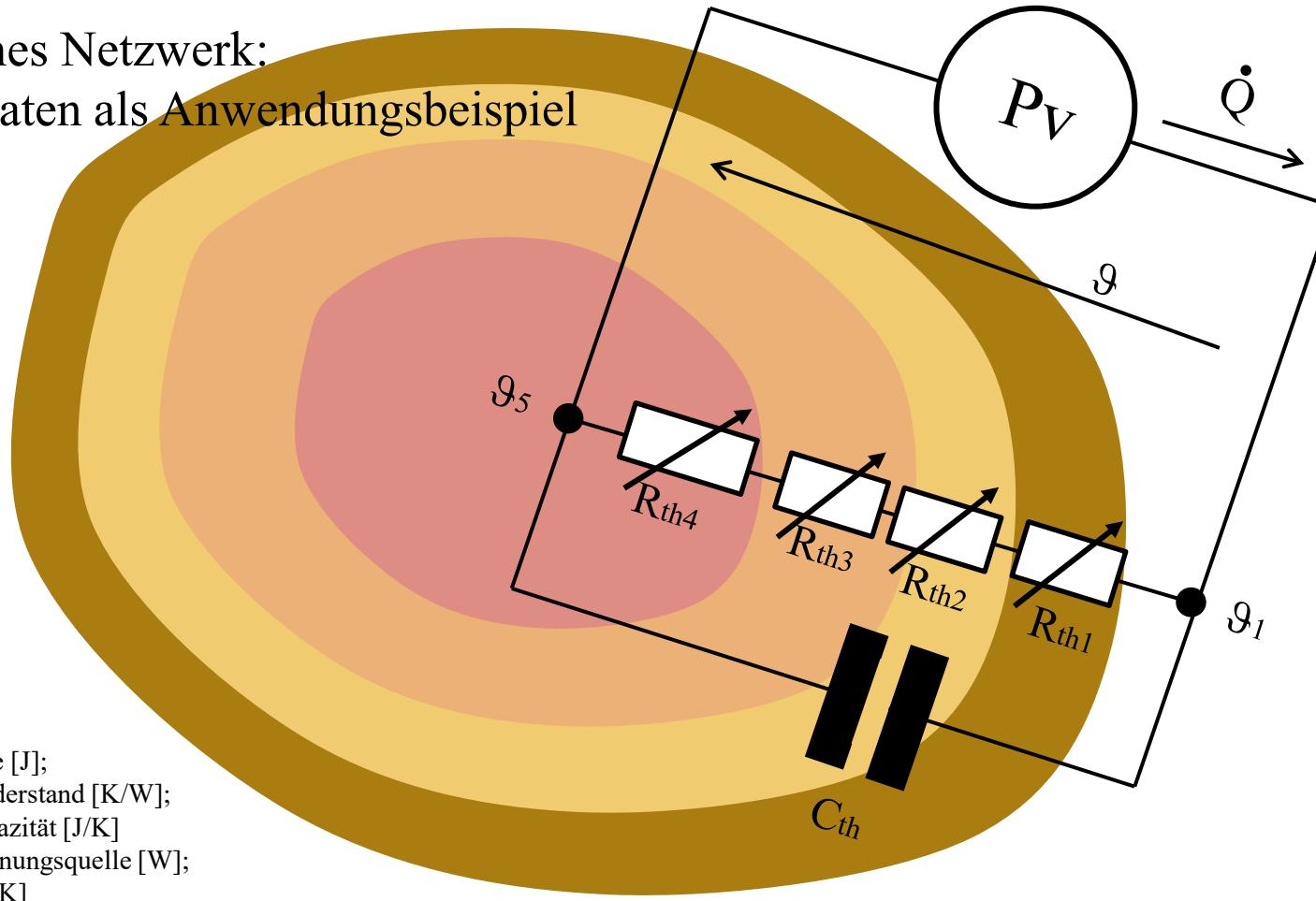
$$\frac{1}{\kappa \mu_0} (-\Delta \vec{B}) = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

...durch Umstellen folgt die **Diffusionsgleichung**...

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

4. Gemeinsamkeiten von Festtagsbraten und Magneten

Thermisches Netzwerk:
 Festtagsbraten als Anwendungsbeispiel



Legende:
 Q = Wärmemenge [J];
 R_{th} = Wärmewiderstand [K/W];
 C_{th} = Wärmekapazität [J/K]
 P_V = therm. Spannungsquelle [W];
 ϑ = Temperatur [K]

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:

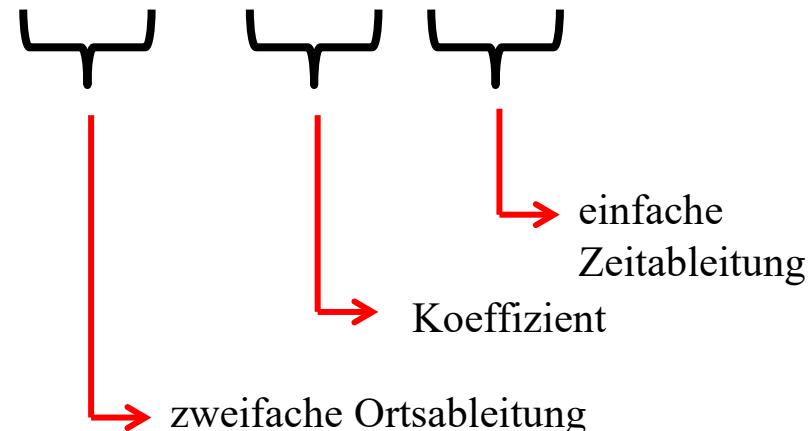
ρ = Dichte [kg/m^3];
 λ = Wärmeleitfähigkeit [$\text{W}/(\text{m K})$];
 c = spezifische Wärmekapazität [$\text{J}/(\text{kg K})$]
 x = Weg [m];
 ϑ = Temperatur [K]
 t = Zeit [s]

Angaben für Kupfer:

$\rho = 8960 \text{ kg}/\text{m}^3$; $\lambda = 384 \text{ W}/(\text{m K})$; $c = 383 \text{ J}/(\text{Kg K})$;
 Koeffizient = $8936 \text{ s}/\text{m}^2$

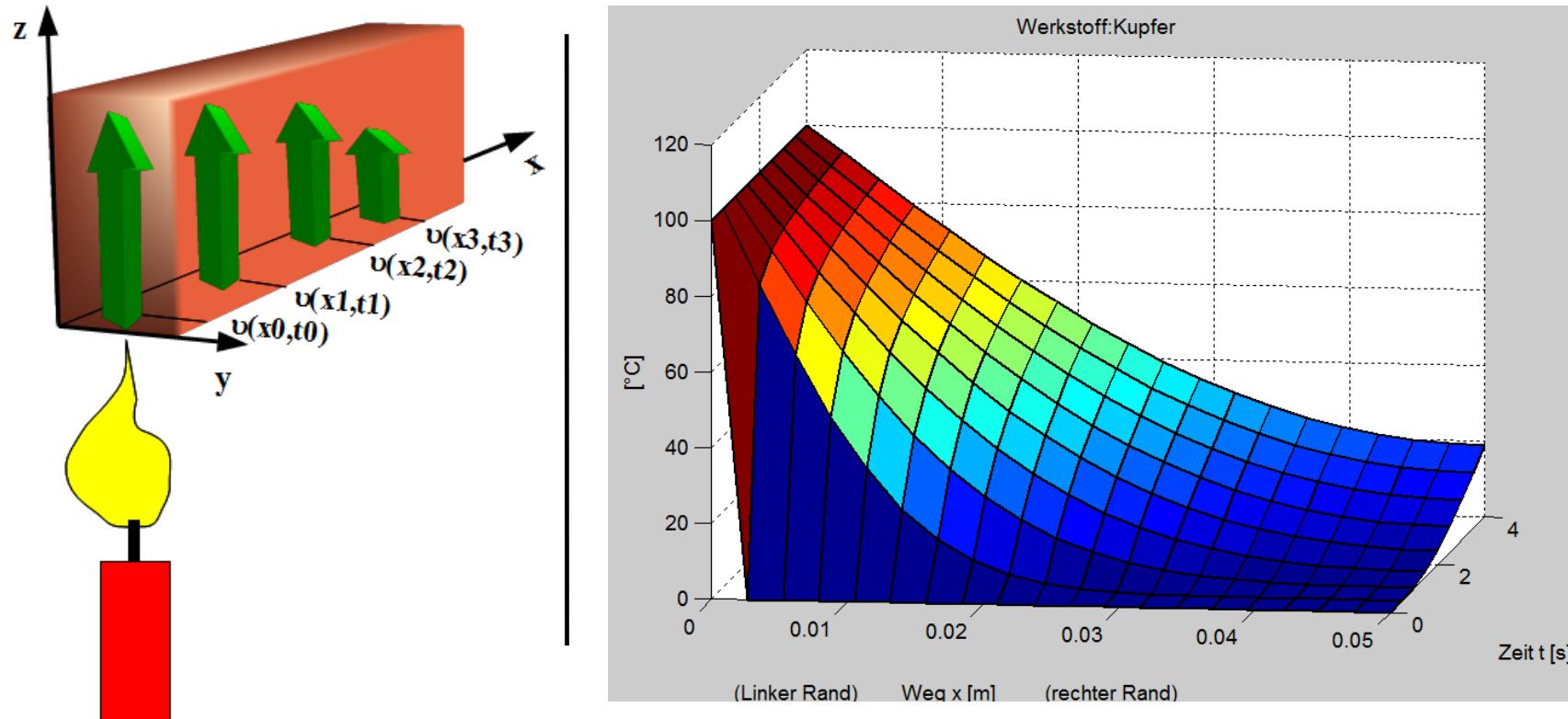
Eindimensionale
 Wärmeleitungsgleichung

$$\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} = \frac{\rho c}{\lambda} \cdot \frac{\partial \vartheta}{\partial t}$$



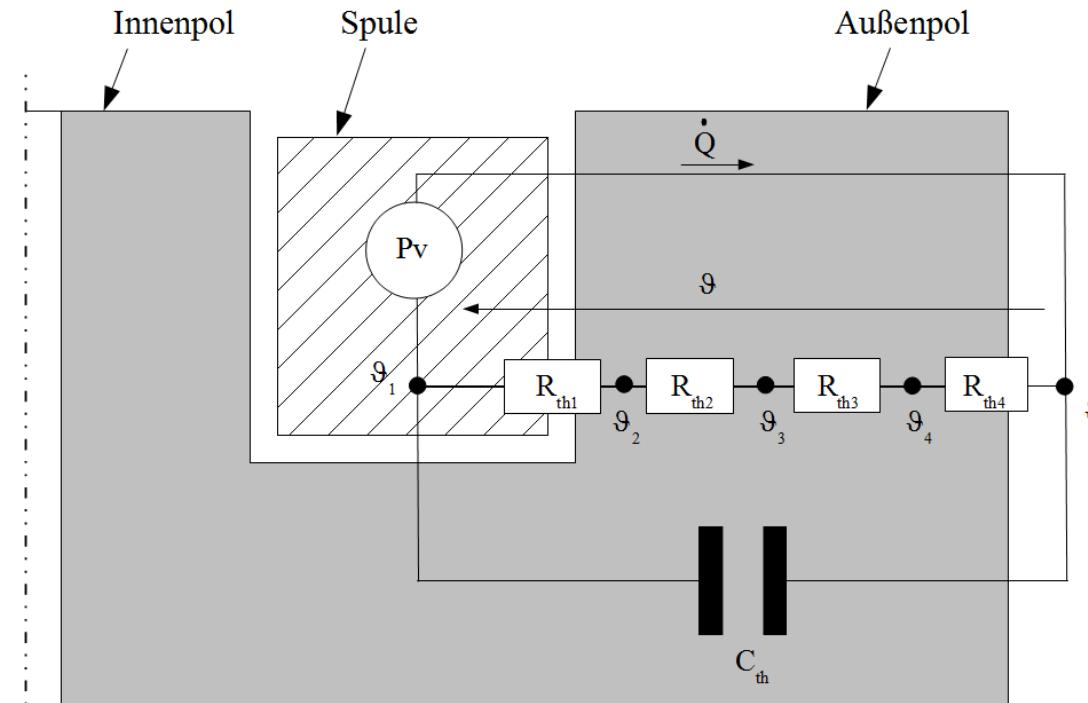
4. Gemeinsamkeiten von Festtagsbraten und Magneten

Beispiel einer linearen, eindimensionalen Temperaturdiffusion in Kupfer



4. Gemeinsamkeiten von Festtagsbraten und Magneten

Thermisches Netzwerk: Elektromagnet als Anwendungsbeispiel

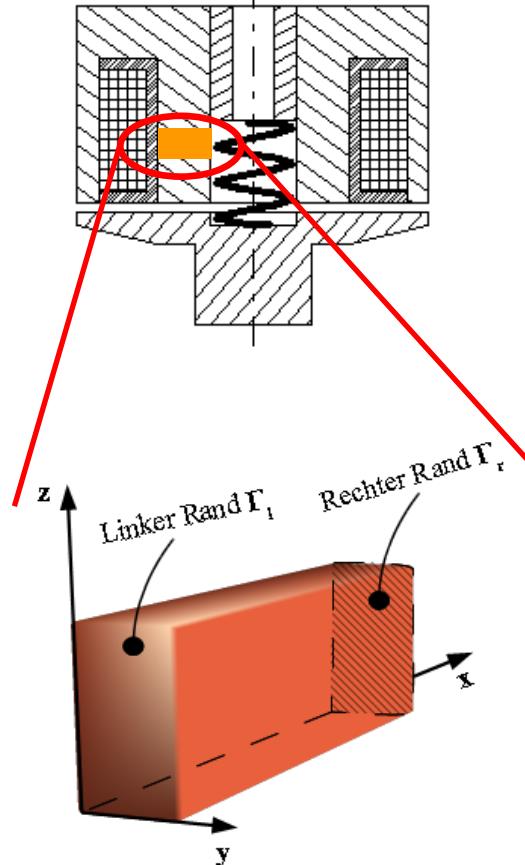


Legende:

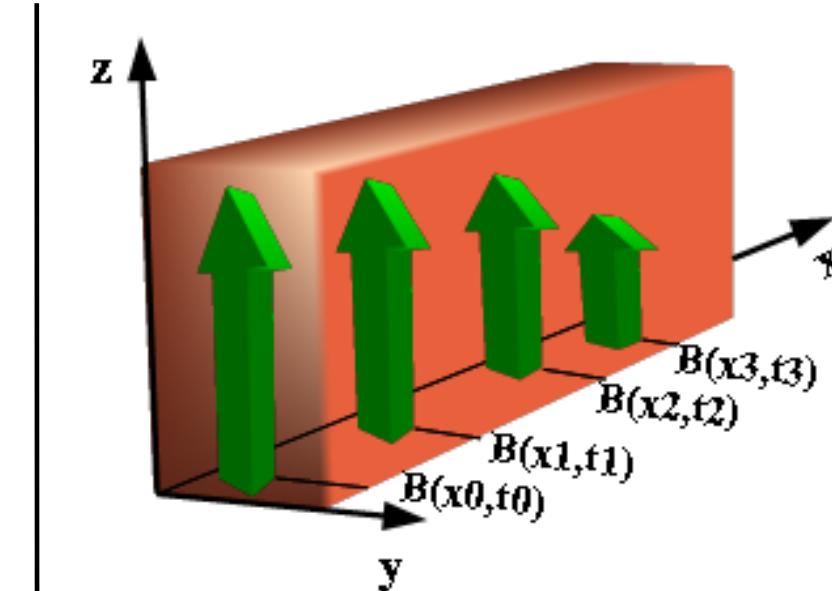
Q = Wärmemenge [J]; R_{th} = Wärmewiderstand [K/W];
 C_{th} = Wärmekapazität [J/K]; Pv = therm. Spannungsquelle [W];
 ϑ = Temperatur [K]

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/m^2];
 x = Weg [m];
 μ = Permeabilität [$\text{Vs}/(\text{Am})$];
 κ = spezifische elektrische Leitfähigkeit [$\text{A}/(\text{Vm})$];
 Angaben für Kupfer:
 $\kappa = 58 \cdot 10^6 \text{ A}/(\text{Vm})$; $\mu = 1,256 \cdot 10^{-6} \text{ Vs}/(\text{A m})$;
 Koeffizient = $73 \text{ s}/\text{m}^2$

Eindimensionale
 Felddiffusionsgleichung

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

zweifache Ortsableitung

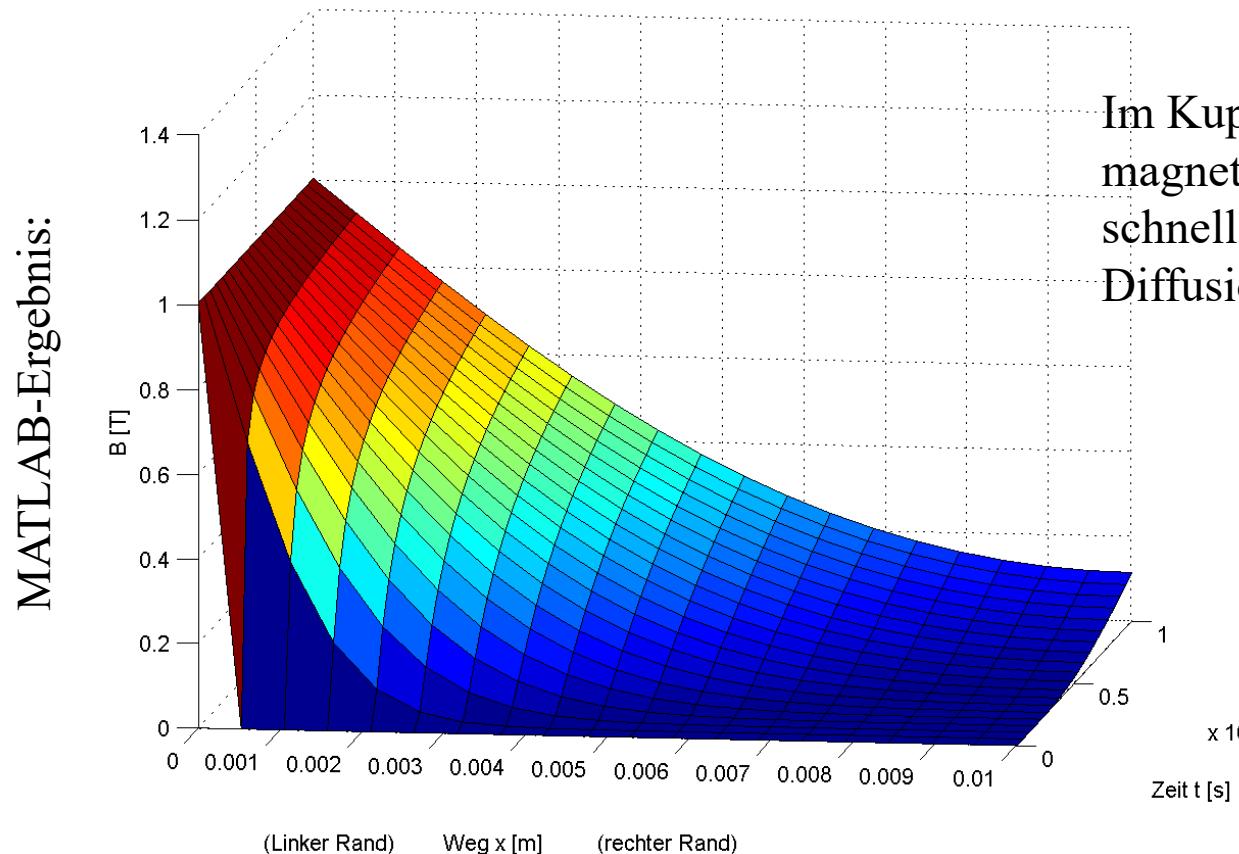
einfache Zeitableitung

Koeffizient

4. Gemeinsamkeiten von Festtagsbraten und Magneten

Beispiel einer linearen, eindimensionalen Felddiffusion in Kupfer

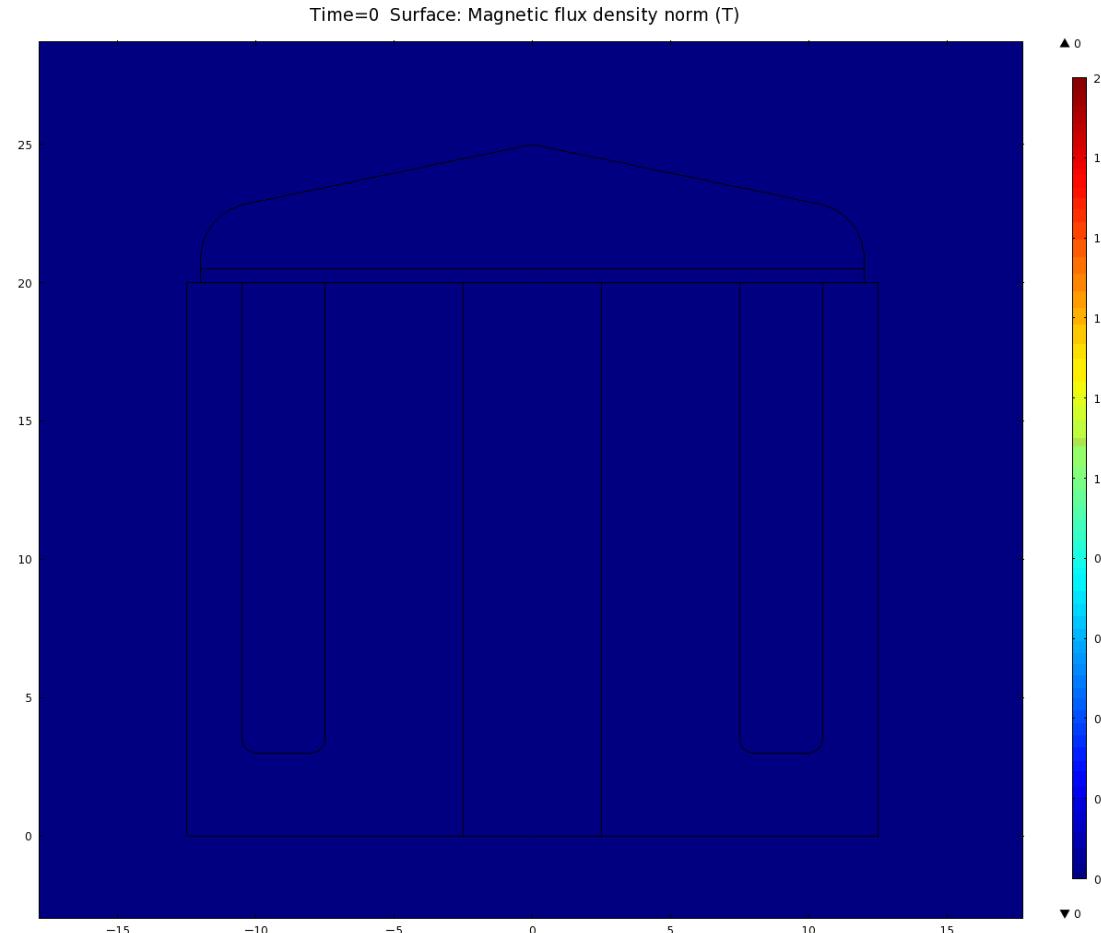
Werkstoff: Kupfer $\kappa / \kappa_0 = 1$



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

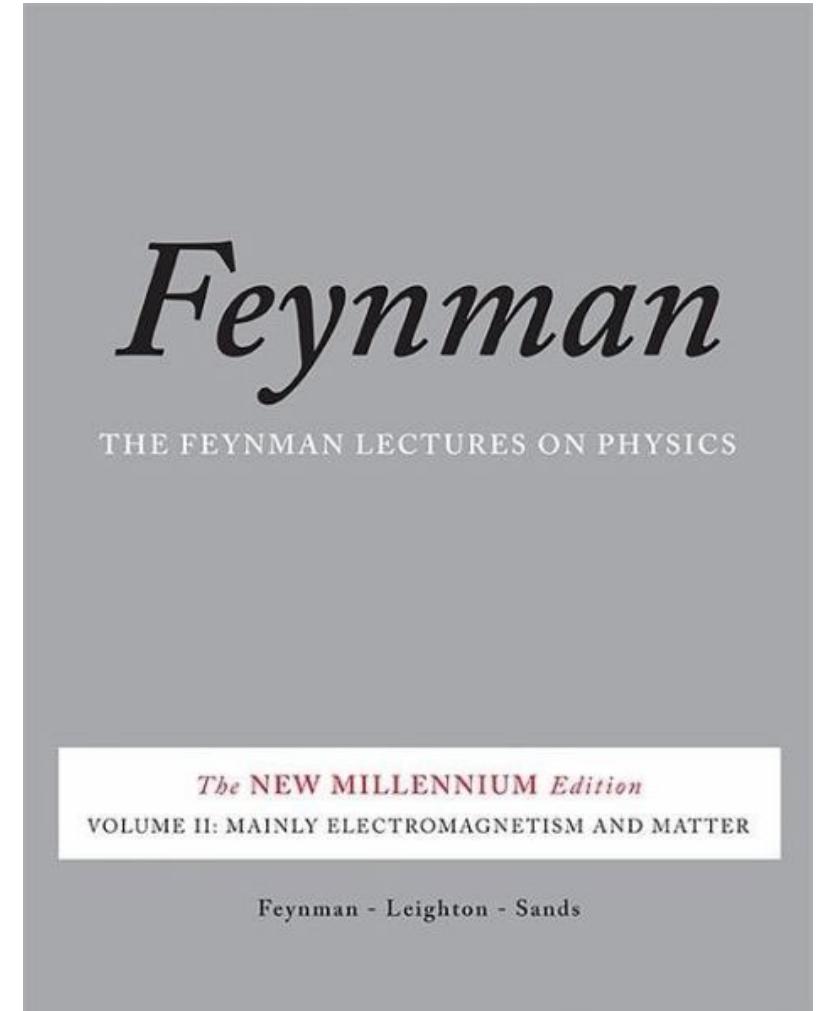
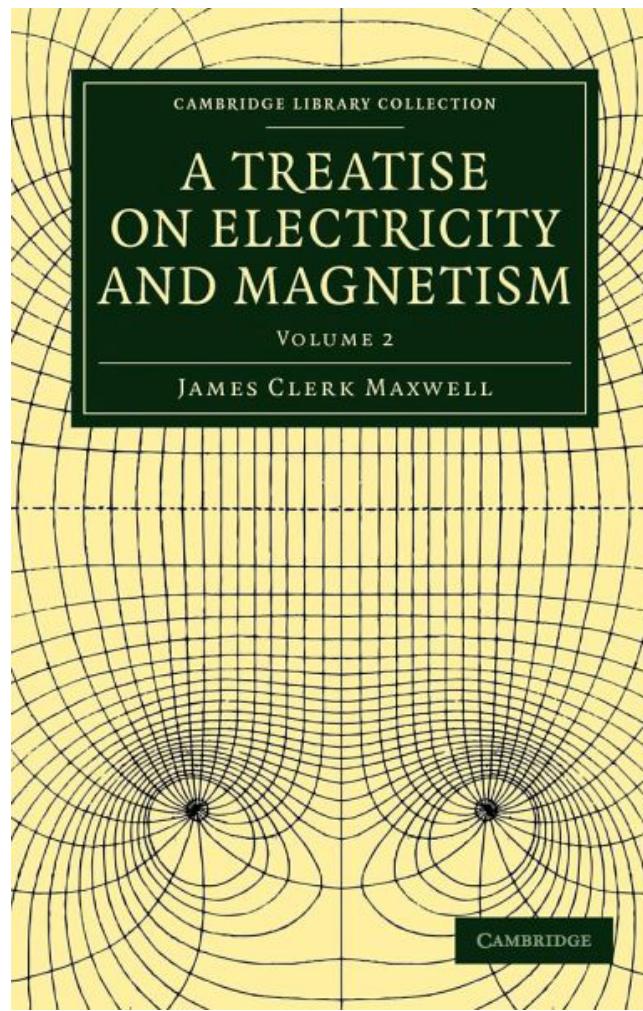
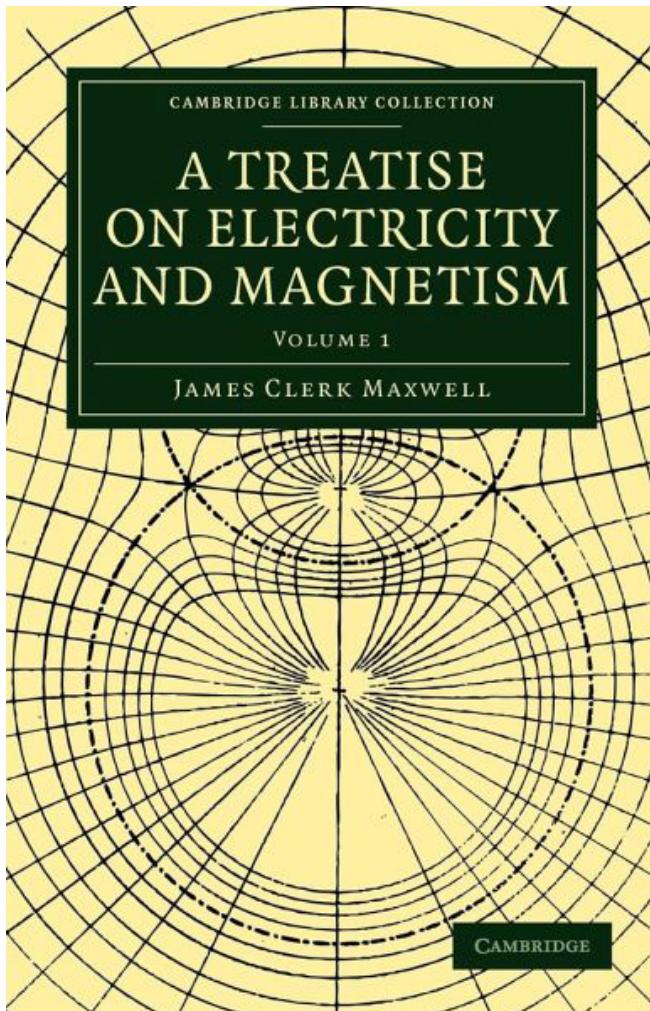
4. Gemeinsamkeiten von Festtagsbraten und Magneten

Beispiel einer nichtlinearen
zweidimensionalen Felddiffusion im
Eisen

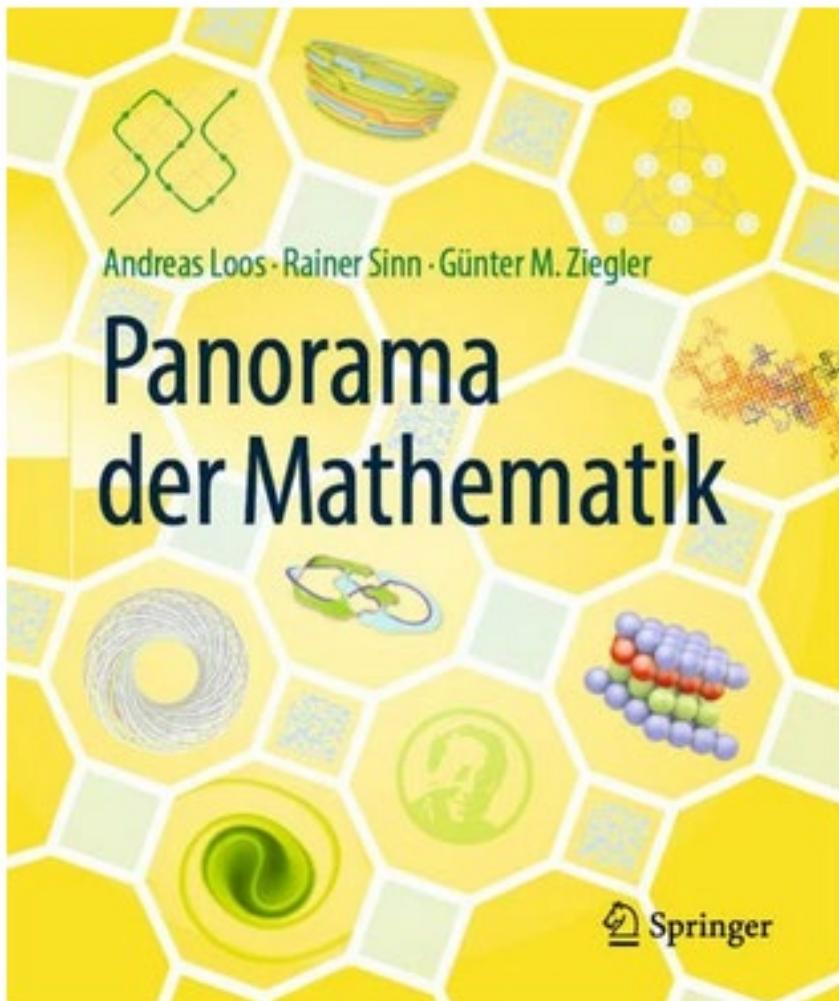


Quelle: Dipl.-Ing. (FH) Oliver Vogel

Literaturempfehlung:



Literaturempfehlung:

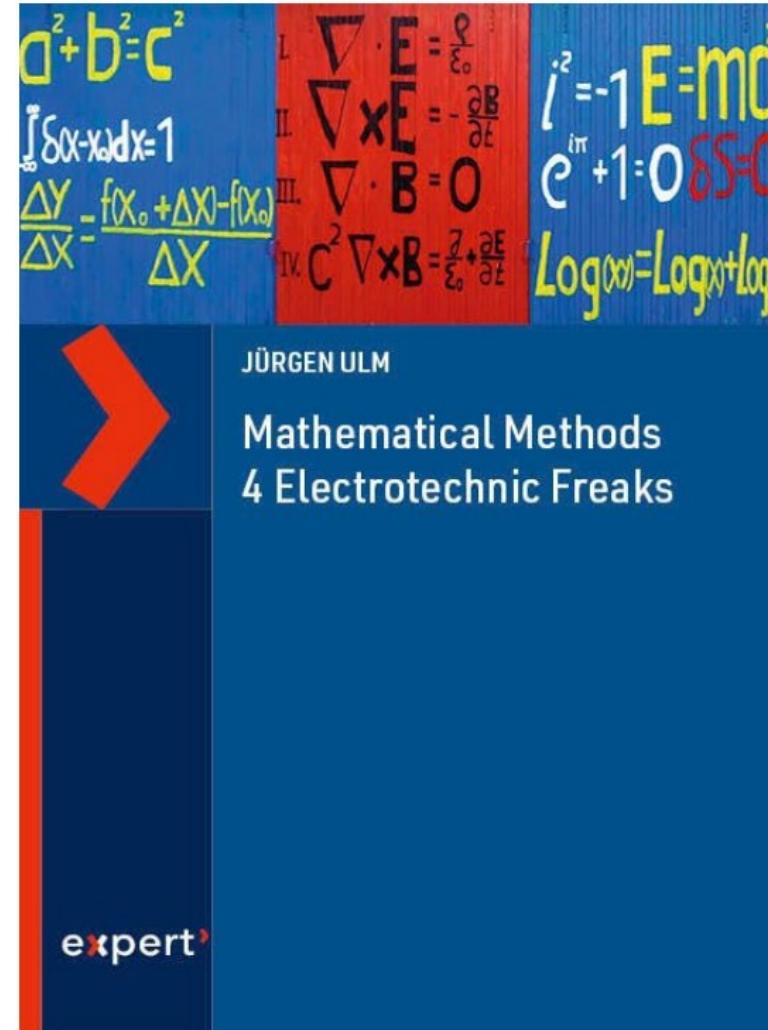


Für Mathematik-Interessierte und für diejenigen, welche wissen möchten, wie Mathematik entstanden ist, wozu sie dem Menschen von Nutzen ist und damit im Alltag nicht mehr wegzudenken ist.

Sehr lehrreiche, populärwissenschaftliche Literatur!!

<https://www.spektrum.de/rezension/buchkritik-zu-panorama-der-mathematik/2070207>

Literaturempfehlung:



Programm Wintersemester 2025/26:

Mittwoch, 05. November 2025
16.30 bis 18.00 Uhr

Mathematische Grundlagen, Maxwellgleichungen, magnetisches und permanentmagnetisches. Geklärt wird zudem die Frage: „Was haben ein Festtagsbraten und ein Elektromagnet gemeinsam?“



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Ulm
Hochschule Heilbronn, Campus Künzelsau,
Reinhold-Würth-Hochschule
Schwerpunktgebiet in der Theorie der elektromagnetischen Felder und der elektromagneto-mechanischen Wandler im Masterschwerpunkt Elektromagnetische Systeme (EMS).

Mittwoch, 17. Dezember 2025
16.30 bis 18.00 Uhr

Einführung in die Variationsrechnung – wie lösen wir das 17.30 Uhr-Problem?



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Ulm
Hochschule Heilbronn, Campus Künzelsau,
Reinhold-Würth-Hochschule
Schwerpunktgebiet in der Theorie der elektromagnetischen Felder und der elektromagneto-mechanischen Wandler im Masterschwerpunkt Elektromagnetische Systeme (EMS).

Mittwoch, 12. November 2025
16.30 bis 18.00 Uhr

Optimierungsworkflow mit Motor-CAD und optiSLang



Florian Servas
Studium der Elektrotechnik Campus Künzelsau,
Reinhold-Würth-Hochschule
Im Rahmen seiner Bachelorarbeit beschäftigte er sich mit der Motoroptimierung und der Konzeptentwicklung für Hocheffizienzmotoren bei der ZIEHL-ABEGG SE. Aktuell führt er sein Elektrotechnikstudium im Master fort.

Mittwoch, 07. Januar 2026
16.30 bis 18.00 Uhr

Fortsetzung Variationsmethode – mit mathematischer Beschleunigung



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Ulm
Hochschule Heilbronn, Campus Künzelsau,
Reinhold-Würth-Hochschule
Schwerpunktgebiet in der Theorie der elektromagnetischen Felder und der elektromagneto-mechanischen Wandler im Masterschwerpunkt Elektromagnetische Systeme (EMS).

Magnetics 4 Freaks: Alles rund um den Elektromagnetismus WS25/26



Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!
Danke!

Willkommen an der
Reinhold-Würth-
Hochschule in
Künzelsau

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

