

# Grundlagen der Elektrotechnik



## Magnetische Kräfte

TH-Köln 2020

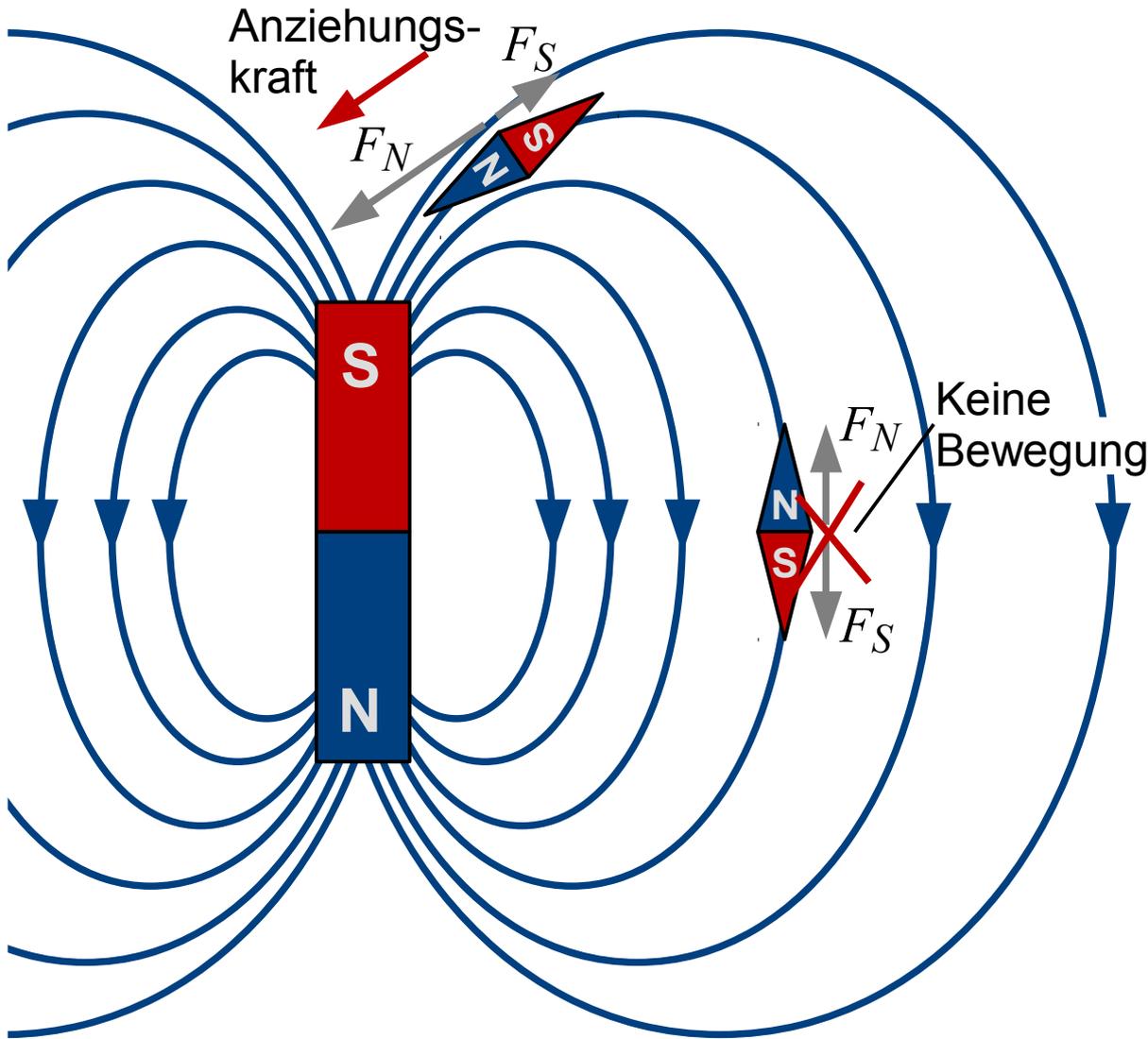
Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt

# Magnetische Kraft

- Allgemeines Prinzip der Magnetkraft
- Energiedichte des Magnetfeldes
- Prinzip der „Virtuellen Arbeit“
- Lorenzkraft

# Magnetkraft

Gegensätzliche Magnetpole ziehen sich an!



- Homogenes Magnetfeld:
  - Keine Bewegung
  - Nur Drehung
- Inhomogenes Magnetfeld:
  - Anziehung in Richtung größerer Dichte der Magnetfeldlinien
- Auch Eisen oder andere Ferromagnete

# Energiedichte des Magnetfeldes

Wieviel Energie lässt sich aus einem Magnetfeld herausziehen?

Energie  $W$  pro Volumeneinheit  $dV =$  Energiedichte  $w$

$$\begin{aligned}\text{Es gilt*}: \quad w &= \frac{W}{dV} = \frac{1}{2} \cdot B \cdot H \\ &= \frac{1}{2} \cdot \frac{B^2}{\mu_0 \cdot \mu_r}\end{aligned}$$

Für gesamte Energie in einem Volumenelement  $V$ :

$$\text{für homogenes Feld:} \quad W = V \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{B^2}{\mu_0 \cdot \mu_r}$$

$$\text{Allgemein::} \quad W = \frac{1}{2} \cdot \iiint_V \frac{B^2}{\mu_0 \cdot \mu_r} dV$$

\* Herleitung aus Energie einer Zylinderspule, siehe z.B.:

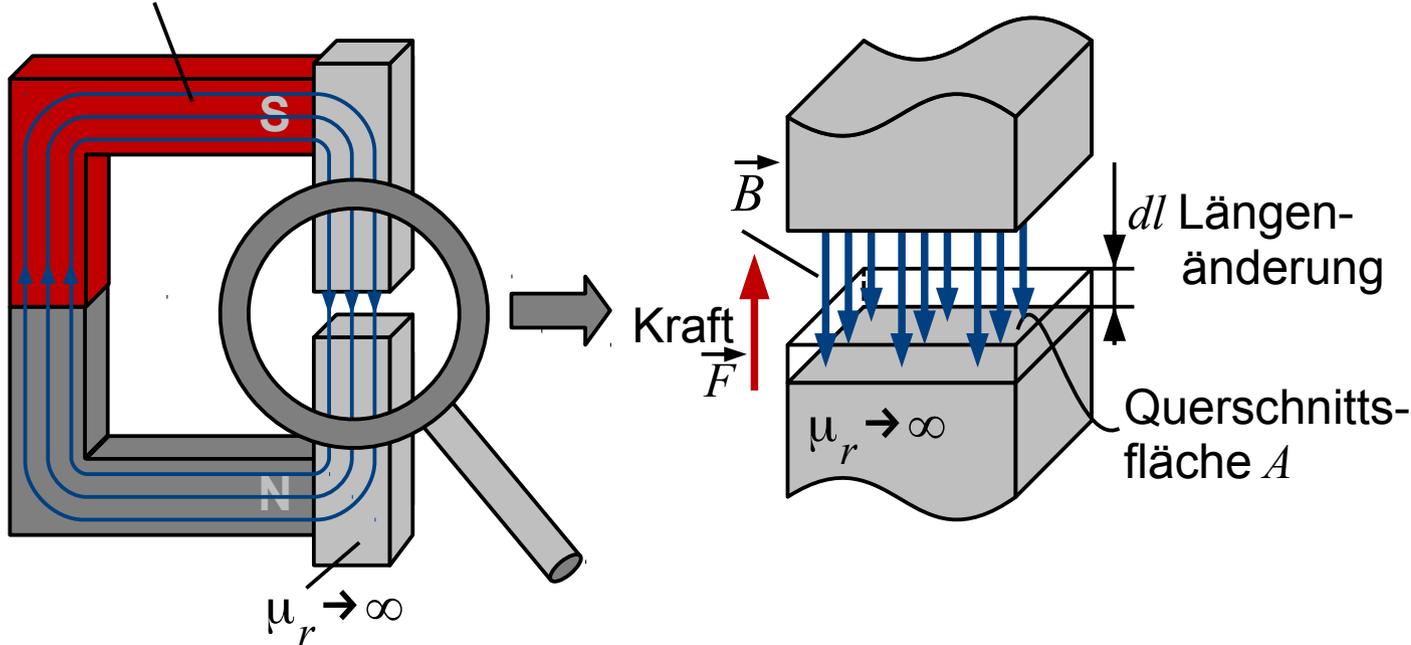
[https://de.wikipedia.org/wiki/Energiedichte#Energie\\_des\\_Magnetfeldes\\_einer\\_Spule\\_oder](https://de.wikipedia.org/wiki/Energiedichte#Energie_des_Magnetfeldes_einer_Spule_oder)  
<http://wwwex.physik.uni-ulm.de/lehre/gk3b-2002-2003/node32.html>

# Magnetkraft berechnen

## Prinzip der „virtuellen Arbeit“:

Kräfte wirken stets so, dass die Gesamtenergie abnimmt, wenn der Körper ihnen folgt.

Magnetische  
Flussdichte  $\vec{B}$



Energie-Unterschied:

$$\cancel{dW} = A \cdot \cancel{dl} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{B^2}{\mu_0}$$

Mechanische Energie:

$$\cancel{dW} = F \cdot \cancel{dl}$$

Vergleich:

$$F = A \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{B^2}{\mu_0}$$

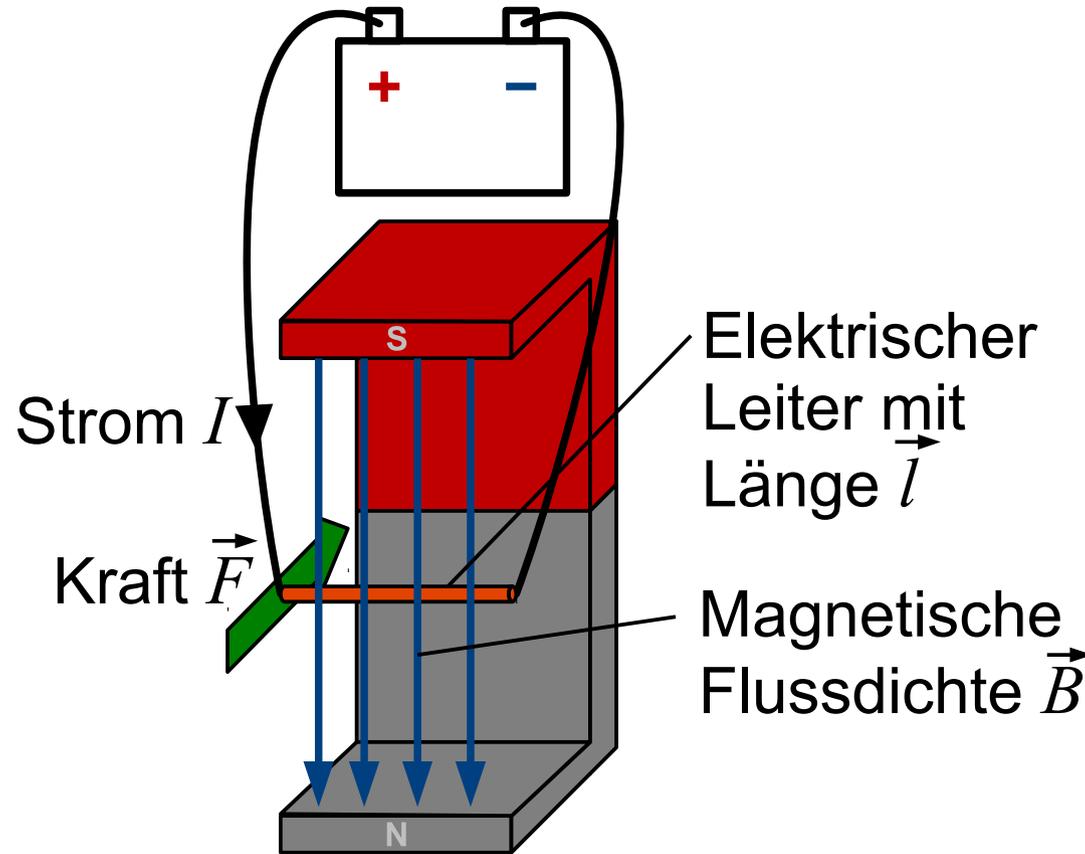
Allgemein:

$$F = \frac{dW}{dl}$$

# Lorenzkraft

*Beobachtung:*

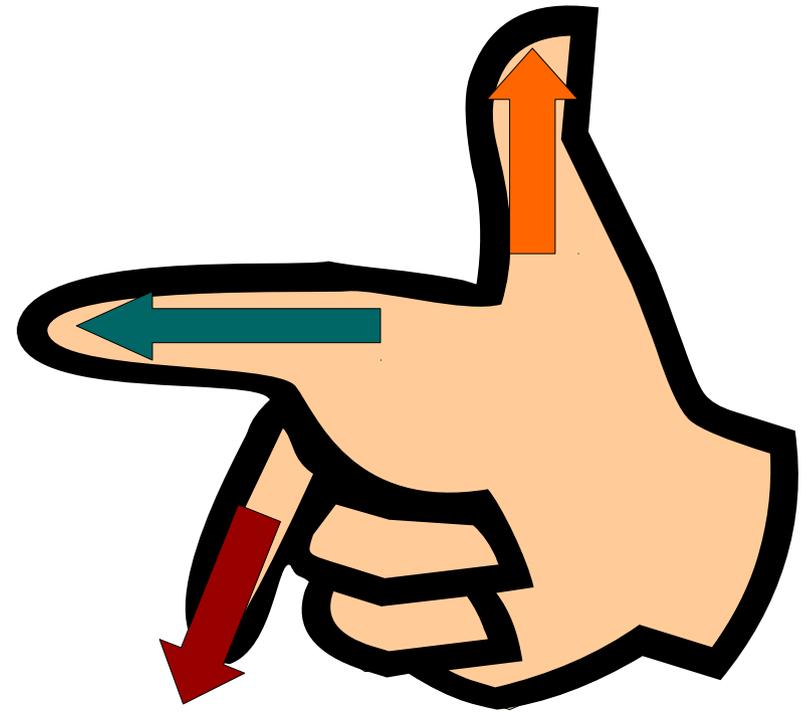
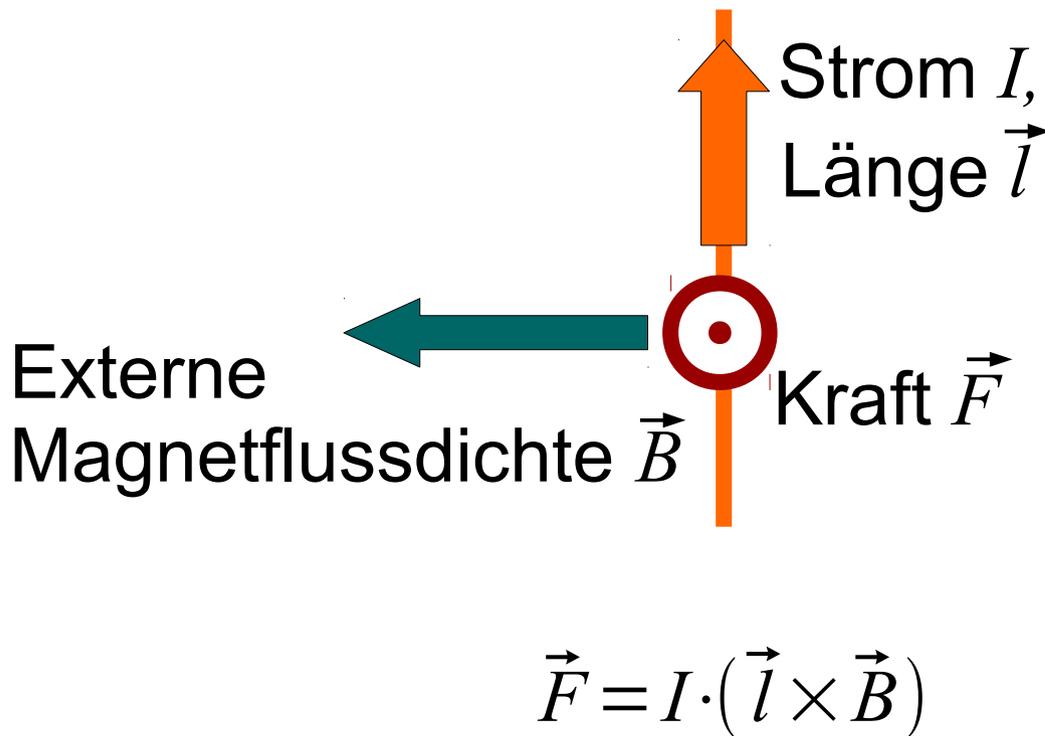
Auf einen stromdurchflossenen Leiter im Magnetfeld wirkt eine Kraft



$$\vec{F} = I \cdot (\vec{l} \times \vec{B})$$

# Lorenz-Kraft

Kraftwirkung auf stromdurchflossene Leiter im Magnetfeld



# Kontakt

## **Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt**

Professur Elektrische Netze

Institut für Elektrische Energietechnik,  
Fakultät für Informations-, Medien- und  
Elektrotechnik (F07)

Technische Hochschule Köln

Betzdorferstraße 2, Raum ZO 9-19

50679 Köln, Deutschland

Tel. +49 221 8275 2020

**[eberhard.waffenschmidt@th-koeln.de](mailto:eberhard.waffenschmidt@th-koeln.de)**

<https://www.th-koeln.de/>

[personen/eberhard.waffenschmidt/](https://www.th-koeln.de/personen/eberhard.waffenschmidt/)

