

Physik

Gravische und elektromagnetische Felder

Verortung, Formeln, Berechnungen

- ① Felder sind generelle Funktionen des Raumes (allgemein der Raumzeit: $f(\vec{r}, t)$).
- ② Sie geben die Kraftwirkung (tangential zur Feldlinie) für ein gedachtes (quasi unendlich schwach geladenes) Probeteilchen an, d.h. für jeden Punkt Betrag und Richtung (also eine Vektorgröße) einer bestimmten Kraft:
 - a) Gravitationsfeld – Schwerkraft: $\vec{g} = \vec{F}_G/m = G \cdot M/r^2 \cdot \vec{e}_r$;
 - b) Elektrisches Feld – Coulomb-Kraft: $\vec{E} = \vec{F}_{\text{Coulomb}}/q = \frac{-1}{4\pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r} \cdot Q/r^2 \cdot \vec{e}_r$ [Plattenkondensator: $|\vec{E}| = \frac{U}{d}$];
 - c) Magnetisches Feld – Lorentz-Kraft: $|\vec{B}_{\perp v}| = |\vec{F}_{\text{Lorentz}}|/|q \cdot v| = |\vec{F}_{\text{Lorentz}}|/|I \cdot s|$ [Spule: $|\vec{B}| = \frac{L \cdot I}{n \cdot A}$]

$[\vec{F}_{\text{Lorentz}} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B} = I \cdot \vec{s} \times \vec{B}$; zumeist wird \vec{B} mit dem Magnetfeld indentifiziert, ggf. auch \vec{H} ; es gilt: $\vec{B} = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \vec{H}$.
[Hier werden wir zuerst gravische Felder betrachten, da die Gravitation für uns anschaulicher ist und somit der Feldbegriff klarer wird, die wir aber sofort auch in Analogie zu elektrischen Feldern (\vec{E} ; nicht zu verwechseln mit der Energie E) betrachten, gefolgt von magnetischen Feldern ($|\vec{B}| = \frac{|\vec{F}|}{I \cdot s}$: magnetische Flussdichte [allgemein: $\vec{F} = I \cdot \vec{l} \times \vec{B}$]).
- ③ Felder werden durch entsprechende Feldlinien symbolisiert:
 - i) je dichter die Feldlinien, desto stärker das jeweilige Feld;
 - ii) Pfeile geben die Richtung der Kraft an (für Masse bzw. positive elektrische Ladung bzw. für gedachten magnetischen 'N'-Monopol; geladene Teilchen gyrieren um Magnetfeldlinien, vgl. Nordlicht);
 - iii) Feldlinien schneiden sich nie (Feldstärke 0 ist aber möglich bei $\vec{F}_{\text{res}} = \vec{0}$ – nur dort gibt es tatsächlich 'keine Feldlinien');
 - iv) Ausgangs- und Endpunkt (nicht notwendig beides) von Feldlinien sind 'Ladungen' (vgl. LB S. 12f+44f) – außer beim magnetischen Feld, bei dem Feldlinien immer geschlossen sind (siehe Ende des nächsten Punktes ④).
 - v) Homogene Felder haben parallele Feldlinien, die äquidistant sind (überall gleiche Stärke).
Beim elektrischen Feld gilt dies im Innern eines Plattenkondensators $[C = \frac{Q}{U} = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{A}{d}]$,
beim magnetischen Feld im Innern einer Helmholtz-Spule $[|\vec{B}| = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{n \cdot I}{l}]$ (vgl. FS, S. 80+100 – 103).
[Energie im Feld: Kondensator/Kapazität: $E_{\vec{E}} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$; Spule/Induktivität: $E_{\vec{B}} = \frac{1}{2} \cdot L \cdot I^2$; $L = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot n^2 \cdot A}{l}$].
 - vi) Elektrische Feldlinien stehen senkrecht auf leitenden Flächen – und im Innern leitender Flächen bzw. Gitter gibt es kein el. Feld durch äußere Ladungen (d.h. Abschirmung: *Faraday'scher Käfig*).
- ④ Gibt es zwei Ladungen ('+' und '-' bzw. *Pole* 'N' und 'S'), können sich Körper mit 'Ladungstrennung' (bzw. 'Magnetisierung') im Feld entsprechend ausrichten – entlang der Feldlinien, die dadurch quasi sichtbar werden (bei Wattebäuschchen/Grieskörner/Kunststofffasern bzw. Eisenspänen – indirekt auch in einer Nebelkammer).
Vorsicht: es gibt keine magnetischen Ladungen – so wie es keine magnetischen Monopole gibt (N-S hängen immer zusammen, es gibt keinen isolierten 'N'- oder 'S'-Monopol). Man sagt auch, Magnetfelder sind quellenfrei – bei einer geschlossenen Fläche (z.B. Kugelsphäre) gehen genau so viele Feldlinien hinein, wie auch heraustreten.
- ⑤ Einheitenbetrachtung:
 - a) $[|\vec{g}|] = \text{N/kg} = \text{m/s}^2$ (verträglich mit der Erdbeschleunigung $g \approx 9,81 \text{ m/s}^2$);
 - b) $[|\vec{E}|] = \text{N/C} = \text{kg} \cdot \text{m}/(\text{A} \cdot \text{s} \cdot \text{s}^2) = \text{W}/(\text{A} \cdot \text{m}) = \text{V/m}$ (anschaulich durch den Plattenkondensator);
 - c) $[|\vec{B}|] = \text{N}/(\text{A} \cdot \text{m}) = \frac{\text{kg}}{\text{A} \cdot \text{s}^2} = \frac{\text{V} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} = \frac{\text{Wb}}{\text{m}^2} = \text{T}$: Tesla.
- ⑥ Potential ('Möglichkeit' des unendlich schwach geladenen Probeteilchens):
 - a) $U = E_{\text{pot}}/m = |\vec{F}_G| \cdot r/m = |\vec{g}| \cdot r$ ($[U] = [v^2]$; $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$, wirkt plausibel);
 - b) $U = E_{\text{pot}}/q = |\vec{F}_{\text{Coulomb}}| \cdot r/q = |\vec{E}| \cdot r$ (unser bekannter Spannungs-Begriff U von *ugere* – treiben, mit Einheit Volt: V);
 - c) Das magnetische Potential ist schlecht handhabbar; im Elektromagnetismus gibt es neben dem skalaren auch ein Vektor-Potential.