Zusammenfassung NuS I

René Zurbrügg

1 Allgemeines

1.1 Einheiten

	Einheit	Bedeutung
$\vec{B}$	Vs/m^2	Magnetische Flussdichte
B_r	Vs/m^2	Remanenz
C	$As/V = F$	Kapazität
$\vec{D}$	As/m^2	Elektr. Flussdichte, el. Erregung
$\vec{E}$	V/m	Elektrische Feldstärke
G	$1/\Omega = A/V$	Elektr. Leitwert
$\vec{H}$	A/m	Magn. Feldstärke
H_c	A/m	Koerzitivfeldstärke
I	A	Gleichstrom
I_K	A	Kurzschlussstrom
i	A	Zeitabhängiger Strom
$\vec{J}$	A/m^2	(räuml. vert.) Stromdichte
$\vec{J}$	Vs/m^2	Magn. Polarisation
$\vec{J}$	Vsm	Magn. Dipolmoment
k		Koppelfaktor
L	Vs/A	Induktivität
$\vec{M}$	A/m	Magnetisierung
$\vec{m}$	Am^2	Magnetisches Moment
N		Windungszahl
P	$VA = W$	Leistung
p_V	W/m^3	Verlustleistungsdichte
$\vec{P}$	As/m^2	Dielektr. Polarisation
$\vec{p}$	Asm	Elektr. Dipolmoment
Q	$As = C$	Ladung, Punktladung
R	$V/A = \Omega$	Ohmscher Widerstand
R_m	A/Vs	Magn. Widerstand
U	V	Gleichspannung
u	V	Zeitlich veränderliche Spannung
ü		Übersetzungsverhältnis
V_m	A	Magnetische Spannung
W	$VAs = J$	Energie
w	WAs/m^3	Energiedichte
Φ	Vs	Magnetischer Fluss
Λ_m	Vs/A	Magnetischer Leitwert
Θ	A	Durchflutung
Ψ	As	Elektr. Fluss

	Einheit	Bedeutung
α	$1/K$	Temperaturkoeffizient
χ		Dielekt. & magn. Suszeptibilität
ε	As/Vm	Dielektrizitätskonstante
ε_r		Dielektrizitätszahl
φ		Phasenwinkel
φ_e	V	Elektrostatisches Potential
η		Wirkungsgrad
κ	A/Vm	Spezifische Leitfähigkeit
λ	As/m	Linienladungsdichte
μ	Vs/Am	Permeabilität
μ_e	m^2/Vs	Beweglichkeit der Ladungsträger
ρ	As/m^3	Raumladungsdichte
ρ_R	Vm/A	Spezifischer Widerstand
σ	As/m^2	Flächenladung
σ		Streugrad
ω	$1/s \cdot 2\pi$	Kreisfrequenz

1.2 SI-Präfixe

	Name	Wert
T	$Tera$	10^{12}
G	$Giga$	10^{9}
M	$Mega$	10^{6}
k	$Kilo$	10^{3}
h	$Hekto$	10^{2}
da	$Deka$	10^{1}
d	$Dezi$	10^{-1}
c	$Zenti$	10^{-2}
m	$Mili$	10^{-3}
μ	$Mikro$	10^{-6}
n	$nano$	10^{-9}
p	$Piko$	10^{-12}

1.3 Konstanten

Elementarladung	e	$+1.602 \cdot 10^{-19}$	As
Dielektrizitätskonst.	ε_0	$8.854 \cdot 10^{-12}$	$\frac{As}{Vm}$
Magn. Permeabilität	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7}$	$\frac{Vs}{Am}$
Ruhemasse Elektron	$m_{0,e}$	$9.1094 \cdot 10^{-31}$	kg
Ruhemasse Proton	$m_{0,p}$	$1.6726 \cdot 10^{-27}$	kg
Lichtgeschwindigkeit	$c_{Vak.}$	$2.99792 \cdot 10^{8}$	$\frac{m}{s}$

2 Elektrostatik

2.1 Ladungsdichten

- *Linienladungsdichte:* $\lambda = \frac{dQ}{dl} = \left[\frac{As}{m}\right], Q = \int_l \lambda dl$
  $\rightarrow Q = \lambda \cdot l$, falls λ konstant.
- *Flächenladungsdichte:* $\sigma = \frac{dQ}{dA} = \left[\frac{As}{m^2}\right], Q = \iint_A \sigma dA$
  $\rightarrow Q = \sigma \cdot A$, falls σ konstant.
- *Raumladungsdichte:* $\rho = \frac{dQ}{dV} = \left[\frac{As}{m^3}\right], Q = \iiint_V \rho dV$
  $\rightarrow Q = \rho \cdot V$, falls ρ konstant.

2.2 Grundgrössen

- **E-Feld einer Punktladung:** $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2} \quad \left[\frac{V}{m}\right]$
- **Kraft mehre. zweier Ladungen:** $\vec{F} = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}\vec{e}_r \quad [N]$
- **E-Feld Punktldgn:** $\vec{E}(\vec{r}_p) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\sum_k \frac{Q_k}{|\vec{r}_p-\vec{r}_k|^2}\frac{\vec{r}_p-\vec{r}_k}{|\vec{r}_p-\vec{r}_k|}$
- **E-Feld ∞-langer Leiter:** $E = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0}\frac{\lambda}{r_\perp}$
- **Spannung, Innen-/Aussenleiter:** $\vec{E}(\rho) = \frac{Q}{2\pi\varepsilon l}\frac{1}{\rho}\vec{e}_\rho$
  $$U = \int_{r_1}^{r_2}\vec{E}(\rho)d\vec{\rho} = \int_{r_1}^{r_2}\frac{Q}{2\pi\cdot\varepsilon\cdot l}\frac{1}{\rho}d\rho = \frac{Q}{2\pi\cdot\varepsilon\cdot l}\ln\left|\frac{r_2}{r_1}\right|$$
- **Elektr. Flussdichte** $\vec{D}(\vec{r}) = \varepsilon_0\cdot\varepsilon_r\cdot\vec{E}(\vec{r}) = \varepsilon\cdot\vec{E}(\vec{r}) \quad \left[\frac{As}{m^2}\right]$

2.2.1 Arbeit & Potential (1-33)

$W_{P_1\rightarrow P_2} = -\int_{P_1}^{P_2}\vec{F}\cdot d\vec{s}$ weg-unabhängig
$W_e = -Q\int_{P_1}^{P_2}\vec{E}\cdot d\vec{s} = Q(\varphi(P_2)-\varphi(P_1)) = -U_{12}Q$
$\rightarrow [W] = Ws = J, [P] = \frac{J}{s} = W$

Potential:
Oftmals $P_{ref} = \infty$
$\varphi(P_1) = \frac{W(P_{ref}\rightarrow P_1)}{Q_1} = -\int_{P_{ref}}^{P_1}\vec{E}\cdot d\vec{s} \quad [V]$
Punktladung: $\varphi_\infty(r) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon r}$

2.2.2 Spannung

$U_{12} = \varphi(P_1)-\varphi(P_2) = \int_{P_1}^{P_2}\vec{E}\cdot d\vec{s} = \frac{W_{12}}{Q}$
Falls E Konst und Weg Parallel:
$U_{AB} = \pm|\vec{E}|\cdot|AB|$

2.3 Das Gauss'sche Gesetz (1-45)

$$\boxed{\oint_A \vec{D}(\vec{r})d\vec{A} = \oint_A \vec{e}_r D(r)\vec{e}_r dA = Q \rightarrow}$$

Falls D und A senkrecht:

$$\boxed{|Q| = |\vec{D}(r)|\cdot A}$$

E-Feldlinien von idealen Leitern, stehen senkrecht auf der Oberfläche.

2.4 Kondensator (1-61)

$$\boxed{C = \frac{Q}{U} = \frac{\oiint_A \vec{D}\cdot d\vec{A}}{\int_s \vec{E}\cdot d\vec{s}} = \frac{\oiint_A \sigma dA}{\int_s \vec{E}\cdot d\vec{s}} \quad [F] = [\frac{As}{V}]}$$

Einfache Kondensatorentladung: $U = U_0 e^{\frac{-t}{RC}}$

- **Plattenkondensator:**
  $E = \frac{D}{\varepsilon} = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{Q}{\varepsilon A}, \quad U = Ed \rightarrow C = \frac{Q}{U} = \frac{\varepsilon A}{d}$

  Das Feld einer Platte ist $E/2$
- **Kugel(schalen)kondensator: (1-62)(1-73)**
  $U_{ab} = \int_{r_i}^{r_a}\vec{E}\cdot d\vec{s} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon}\int_{r_i}^{r_a}\frac{1}{r^2}dr = \frac{Q}{4\pi\varepsilon}\frac{r_a-r_i}{r_a r_i} = \frac{Q}{C} \rightarrow C = 4\pi\varepsilon\frac{r_i r_a}{r_a-r_i}$
- **Vielschichtenkondensator aus n Platten:**
  $C_{ges} = (2n-1)C$
- **Zylinderkondensator**
  $C = \frac{Q}{\int_{R1}^{R2}\frac{Q}{2\pi l\varepsilon r d\vec{r}}} = \frac{2\pi\varepsilon l}{\ln\frac{R_2}{R_1}}$
  Für unendlich dünne Platten: $D = \sigma/2$
- **Parallelschaltung von Kondensatoren**
  $C_{ges} = \sum_i C_i \underbrace{=}_{2Kond.} C_1 + C_2$
- **Serienschaltung von Kondensatoren**
  $C_{ges} = (\sum_i \frac{1}{C_i})^{-1} \underbrace{=}_{2Kond.} \frac{C_1\cdot C_2}{C_1+C_2}$

2.5 Energie im E-Feld (1-70)(1-72)

$$\boxed{W_e = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2}QU = \frac{1}{2}CU^2 = \iiint_V \frac{1}{2}\vec{E}\cdot\vec{D}dV}$$

3 Elektr., stationäres Strömungsfeld

3.1 Strom

$$I = \frac{dQ}{dt} = \iint_A \vec{J} \cdot d\vec{A}, \quad [I] = A, \quad J = \frac{dI}{dA}, \quad [J] = \frac{A}{m^2}$$

Stat. Strömungsfeld, wenn I konst.: $\oiint_A \vec{J} \cdot d\vec{A} = 0$ (1-86)

- **Spezifische Leitfähigkeit:**
  Driftgeschw. $\vec{v}_{Drift} = -\mu_e \vec{E}$ wobei $\mu_e =$ "Beweglichkeit"
  $\vec{J} = \vec{V}_{Drift} \rho = \vec{v} nq = \underbrace{-\rho \mu_e}_{\kappa} \vec{E}, \quad \kappa =$spez.Leitf., $[\kappa] = \frac{A}{Vm} = \frac{1}{\Omega m}$
- **Spezifischer Widerstand:** $\rho_R = \frac{1}{\kappa}$, $[\rho_R] = \Omega m = \frac{Vm}{A}$
- **Temperaturabhängigkeit:**
  $\rho_R(T) = \rho_{R,20°C}(1 + \alpha(T - 20°C))$
- **Ohmsches Gesetzt:** $\boxed{U = R \cdot I}$, $[R] = \frac{V}{A} = \Omega$
  $\vec{J} = \kappa \vec{E}, \quad R = \frac{U}{I} = \frac{l}{\kappa A} = \frac{\rho_R l}{A} = \frac{\int_S \vec{E} \cdot d\vec{s}}{\kappa \iint_A \vec{E} \cdot d\vec{A}}$
- **Leitwert:** $\boxed{G = \frac{1}{R}}$ $[G] = S$ (Siemens)

3.2 Sprungstellen bei Materialübergängen (1-99)

- *Normalkomponenten.:* $\boxed{J_{n1=J_{n2}}}$, $\boxed{\kappa_1 E_{n1} = \kappa_2 E_{n2}}$
  Die Normalkomponente der Stromdichte ist stetig.
- *Tangentialkomp.:* $\boxed{E_{t1} = E_{t2}}$, $\boxed{\frac{J_{t1}}{J_{t2}} = \frac{\kappa_1}{\kappa_2}}$
  Die Tangentialkomponente des E-Feldes ist stetig.

3.3 Energie und Leistung (1-102)

$W_e = \int_0^t P(\tau) d\tau$ und $P(t) = \frac{dW_e}{dt}$

$P = UI = I^2 R = U^2 / R$

Verlustleistungsdichte: $p_V = \frac{dP}{dV} = \vec{E} \cdot \vec{J}$

$P = \iiint_V p_V dV = \iiint_V \vec{E} \cdot \vec{J} dV$