

Übungsfragen und Übungsbeispiele

zu

Grundlagen der Elektrotechnik

Teil 01: Grundbegriffe der Elektrizität

Version 10.0

02. Oktober 2019

Version 10.0 Übernahme und neue Ordnung der Beispiele aus ähnlichen Lehrveranstaltungen

- A1. Erklären Sie in groben Zügen das Bohr/Sommerfeld'sche Atommodell!
- A2. Wie heißen die kleinsten Ladungsträger? Wie groß ist deren Ladung?
- A3. Können Ladungen erzeugt werden?
- A4. Was ist die Coulomb'sche Kraft?
- A5. In welche Richtung wirken Kräfte zwischen den Ladungsträgern?
- A6. Was ist der Unterschied zwischen einem Elektron und einem geladenem Ion mit der Ladung $-e$?
- A7. Was sind Valenzelektronen?
- A8. Was kann mit den Valenzelektronen bei einer Erhöhung der Temperatur passieren?
- A9. Was sind Leitungselektronen?
- A10. Wodurch werden aus Valenzelektronen Leitungselektronen?
- A11. Wer ist für den Stromtransport in Metallen zuständig?
- A12. Wie groß ist die Anzahl der Leitungselektronen in 1 cm^3 Aluminium? Welche Ladung stellt dies dar?
Anm.: Aus Periodensystem (www.periodensystem.info ...): rel. Atommasse = 26,981539 g/mol, Dichte 2,70 g/cm³,
Elektronen: K:2, L:8, M:3, Anzahl der Atome pro mol = $6,022 \cdot 10^{23}$ /mol (Avogadro - Konstante)
- A13. Gold besitzt folgende Elektronenverteilung in seinen 6 Bändern: K:2 L:8 M:18 N:32 O:18 P:1. Wie viele Valenzelektronen und Protonen besitzt ein neutrales Gold – Atom?
- A14. Von welchen Parametern hängt die Leitungselektronendichte in Metallen ab?
- A15. Wie hängt die Stromrichtung mit der Bewegungsrichtung der Ladungsträger zusammen?
- A16. Was ist die Driftgeschwindigkeit? Wie hängt diese mit der Stromstärke zusammen?
- A17. Die Ladung eines Elektrons ist $-e$, wobei $e = 1,602176634 \cdot 10^{-19} \text{ C}$. Wie viele Elektronen fließen ca. durch einen Metallleiterquerschnitt, wenn 10 Sekunden lang ein Strom von 0,2 mA Strom fließt?
- A18. Durch eine Halbleiterdiode fließt ein Strom von 1 A. Im Halbleitermaterial ($A = 1 \text{ mm}^2$) sind $\rho_+ = 10^{14} / \text{cm}^3$ freie positive und $\rho_- = 10^6 / \text{cm}^3$ freie negative Ladungsträger vorhanden. Die mittlere Geschwindigkeit der negativen Ladungsträger ist ca. 3x so groß wie die der positiven. Wie groß sind die Geschwindigkeiten?
- A19. Welche Ladungsmenge (in C) wird transportiert, wenn eine Glühbirne mit 2,4 A betrieben wird und 1 min lang leuchtet?
- A20. Welche Ladungsmenge wird transportiert, wenn das Autolicht (Spannung 12V, Leistung 50W) über Nacht 10 Stunden eingeschaltet bleibt? Wie viel elektrische Energie wird dabei verbraucht? (Anm.: $P = U \cdot I$)
- A21. Wie viele Elektronen könnte man in einem Leiterquerschnitt (Metall) in 1,6 s vorbeifließen zählen, wenn 10 mA Strom fließen?
- A22. In einem Halbleiter bewegen sich in 1 Sekunde $20 \cdot 10^9 / \text{s}$ positive und $5 \cdot 10^9 / \text{s}$ negative kleinste Ladungsträger in entgegengesetzte Richtungen. Wie groß ist die Stromstärke ($e = 1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)?
- A23. Was versteht man unter einem „Leiter“?
- A24. Wovon hängt die maximale Stromstärke in einem Leiter ab?
- A25. Wie hängt die Stromstärke mit den mittleren Driftgeschwindigkeiten zusammen?
- A26. Wie groß ist die mittlere Driftgeschwindigkeit in einem Aluminiumdraht von 1 mm^2 Querschnittsfläche für 1 A Stromstärke (Leitungselektronendichte = $\rho_e = 1,81 \cdot 10^{23} / \text{cm}^3$)?

- A27. *Wie hängen bei einem konstanten Gleichstrom die mittlere Ladungsträgergeschwindigkeit und der Leiterquerschnitt zusammen?*
- A28. *Welche(r) physikalische(n) Parameter änder(n/t) sich in einem Leiter bei der Erhöhung der Stromstärke?*
- A29. *Welche Größe ist die Beanspruchungsgröße eines Leitermaterials?*
- A30. *Wie groß darf die maximale Stromdichte in Metalleitern etwa sein?*
- A31. *Bei Metallen sind die Stromdichten immer wesentlich kleiner als 100 A/mm^2 . Wie groß ist die maximale Driftgeschwindigkeit (Leitungselektronendichte im Bereich $10^{23}/\text{cm}^3$)?*
- A32. *Ein Gleichstrom von $0,5 \text{ kA}$ soll über eine Freilandleitung übertragen werden, deren zulässige maximale Stromdichte 2 A/mm^2 nicht überschritten werden darf. Wie groß muss der Leitungsquerschnitt sein?*
- A33. *Metalle haben in der Größenordnung von 10^{23} freie Elektronen pro cm^3 . Wie groß ist die maximale Driftgeschwindigkeit, wenn die Stromdichte unter 10 A/mm^2 liegen muss?*
- A34. *Wie groß ist die mittlere Driftgeschwindigkeit in einem Aluminiumdraht von $2,5 \text{ mm}^2$ Querschnitt bei $0,0725 \text{ kA}$ Stromstärke ($e=1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $\rho_e=1,81 \cdot 10^{23}/\text{cm}^3$)?*
- A35. *Wie groß ist die mittlere Driftgeschwindigkeit in einem Kupferdraht von $2,5 \text{ mm}^2$ Querschnitt bei 12 A Stromstärke ($e=1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, $\rho_e=8,47 \cdot 10^{19}/\text{cm}^3$)?*
- A36. *Ein großer Teil von New York wurde bis in das 21. Jahrhundert über eine Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) mit $P=750 \text{ MW}$ und $U=500 \text{ kV}$ versorgt. Wie groß muss der Leitungsquerschnitt sein, wenn die maximale Stromdichte von 5 A/mm^2 nicht überschritten werden darf? (Anm.: $P=U \cdot I$)*
- A37. *Wie lautet der Zusammenhang zwischen Strom und Stromdichte in integraler Form?*
- A38. *Was ist ein „Erzeuger“? Beispiele!*
- A39. *Was ist ein „Verbraucher“? Beispiele!*
- A40. *Was versteht man unter dem Begriff Energie? Wie ist die elektrische Energie definiert?*
- A41. *Warum braucht man eine Hin- und eine Rückleitung zwischen Erzeuger und Verbraucher?*
- A42. *Was sind „Energieniveau“ und „Potential“?*
- A43. *Wie wird eine Potentialdifferenz genannt?*
- A44. *Gibt es ein vordefiniertes Potential mit Wert 0 V ?*
- A45. *Welche Energieränderung erfährt eine Ladung (1 C), die sich über einen Widerstand bewegt, an welchem die Spannung 5 V abfällt?*
- A46. *Wie wird die elektrische Leistung berechnet?*
- A47. *Was ist der Wirkungsgrad bei einem Energieumwandler (Gleichung, Beispiele)?*
- A48. *Ein Durchlauferhitzer ist für eine Durchflussmenge von $0,05 \text{ l}$ Wasser pro Sekunde zu dimensionieren. Das Wasser mit $c = 4187 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$ soll dabei um 40 ° erhitzt werden. Wie groß muss die Anschlussleistung sein, wenn ein Wirkungsgrad von $90 \text{ } \%$ angenommen wird?*
- A49. *Ein Kran soll ein Maximalgewicht von 11 t mit 20 cm/s heben können. Wie groß muss die Motorleistung sein, wenn gilt $\eta_{\text{Motor}}=98 \text{ } \%$ und $\eta_{\text{Mechanisch}}=60 \text{ } \%$? ($g=9,81 \text{ m/s}^2$)*
- A50. *Wirkungsgrade im Kraftwerk:
Energie der Kohle geht zu $95 \text{ } \%$ an den Kessel (Kesselwirkungsgrad),
thermischer Wirkungsgrad ($< \text{Carnot} - \text{Wirkungsgrad}$) = $50 \text{ } \%$,
Turbine, Dampfleitungen: Wirkungsgrad = $0,85$,
Generator (elektr. Maschine): Wirkungsgrad = $0,98$,*

*Eigenverbrauch des Kraftwerks: 6 %.
Wie hoch ist der Gesamtwirkungsgrad?*

- A51. *Ein Wasserkocher hat die elektrische Anschlussleistung (Nennleistung) von 1,2 kW und einen Wirkungsgrad von 75 %. Wie lange braucht er, um 1 l (~1kg) Wasser mit 20 °C zum kochen (100 °C) zu bringen (Anm.: spezifische Wärmekapazität des Wassers: $c = 4187 \text{ J / (kg * K)}$)?*
- A52. *Ein Wasserkocher braucht zum Erwärmen von 1l Wasser (=1kg) von 14°C auf 100°C 6 Minuten bei einer Leistungsaufnahme von 1200 W. Wie groß ist sein Wirkungsgrad (Anm.: spezifische Wärmekapazität des Wassers: $c = 4187 \text{ J / (kg * K)}$)?*
- A53. *Eine Pumpe (Wirkungsgrad $\eta=50 \%$) soll mit einer Bohrmaschine (Wirkungsgrad $\eta=60 \%$, Leistung 200W) einen überschwemmten Keller auspumpen (10.000 l Wasser, Pumphöhe = 2,5m). Wie lange braucht man dazu? Wie groß ist der Gesamtwirkungsgrad?*
- A54. *Die Heizspirale einer Kochplatte ist für 220 V dimensioniert. Durch eine Erhöhung der Spannung im Versorgungsnetz wird die Betriebsspannung auf 235 V erhöht. Um wie viel Prozent steigt dabei die Leistung?*
- A55. *Was ist eine Anode, was eine Kathode?*
- A56. *Wie viel Strom liefert eine Autobatterie (12V), wenn sie in 10 Stunden 2,16 MJ Energie abgibt?*
- A57. *Ein Mobiltelefon braucht im Standby – Betrieb durchschnittlich 10 mW Leistung. Der Akku (3,6V) liefert max. 1200 mAh. Wie groß ist die maximale gelieferte Ladungsmenge (in C) bzw. Energiemenge des Akkus? Wie groß ist der Energieverbrauch pro Stunde? Wie lange funktioniert das Telefon im Standby – Betrieb?*
- A58. *Welche Energieerhöhung erhält eine Ladung von $3 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ beim Durchlaufen eines Erzeugers mit der Quellenspannung von 5 V?*
- A59. *Wie viel Strom liefert ein Erzeuger, wenn er bei einer Spannung von 12 V in 10 s die Energie von 0,5 kJ abgibt?*
- A60. *Durch einen Autolüfter (12 V Netz) fließt während 4 Stunden der Strom von 2,5 A. Welche Energiemenge wird umgesetzt?*
- A61. *Wodurch werden Ladungen in einem Leiter bzw. Verbraucher (Widerstand, ...) bewegt?*
- A62. *Was ist die elektrische Feldstärke?*
- A63. *Wie hängt die elektrische Feldstärke mit der Spannung zusammen?*
- A64. *Wie groß ist die Kraft auf ein Elektron in einem 50 cm langen Leiter, an dem eine Spannung von 2V abfällt? ($e=1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)*
- A65. *Ein Strom geht zuerst durch einen Leiter, dann durch eine Lampe und wieder zurück durch einen zweiten Leiter. Die Stromstärke beträgt $I = 0,3 \text{ A}$, die umgesetzte Energie in 1 s wird gemessen zu:
Wärmeenergie des 1. Leitungsstückes $W_1 = 0,03 \text{ J}$, Wärmeenergie des 2. Leitungsstückes $W_2 = 0,06 \text{ J}$
Wärmeenergie+Lichtenergie der Lampe $W_L = 1,71 \text{ J}$
Wie groß ist die angelegte Spannung? Welche Feldstärken treten in den Leitern auf, wenn $L_1 = L_2 = 25 \text{ cm}$?
Welche Feldstärke tritt im Glühdraht der Lampe auf, wenn $L_L = 1 \text{ cm}$?*
- A66. *Ein Elektron wird in einem elektrischen Feld (6 kV/cm) um 4 mm in Richtung des höheren Potentials verschoben. Wie ändert sich dabei seine elektrische Energie? ($e=1,60218 \cdot 10^{-19} \text{ C}$)*
- A67. *Welche Kraft wird auf ein Elektron in einer Vakuumröhre der Länge 5 cm ausgeübt, wenn die Spannung 0,5 kV abfällt? Wie groß ist dabei die Beschleunigung des Elektrons ($m = 9,109534 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$)? Wie groß ist seine Geschwindigkeit nach den 5 cm? Wann kommt es da an? (Alles in der Annahme, das Elektron sei ungebremst!)*
- A68. *Welche Größen werden durch die „Beweglichkeit“ miteinander verknüpft?*
- A69. *Wie nennt man den Zusammenhang zwischen Stromdichte und elektrischer Feldstärke?*
- A70. *Wovon hängt die Leitfähigkeit eines Materials ab?*

Lösungswerte:

- A17. 10^{16} Elektronen ($1,25 \cdot 10^{16}$)
A18. $v_+ = 62,415 \text{ km / s}$, $v_- = 187,24 \text{ km / s}$
A19. 144 C
A20. $C = 150 \text{ kC}$, $W = 1,8 \text{ MJ}$
A21. 10^{17}
A22. 4 nA
A26. 0,0345 mm/s
A30. einige wenige A pro mm^2 (z.B. 5 A/ mm^2).
A31. $< 1 \text{ cm / s}$ (Abschätzungsaufgabe!)
A32. $2,5 \text{ cm}^2$
A33. 0,625 mm/s (Abschätzungsaufgabe!)
A34. 1 mm/s
A35. 34 cm/s
A36. 3 cm^2
A45. -5 J
A48. 9,3 kW
A49. 36,7 kW
A50. 37 %
A51. 6 min 12s
A52. 83,35 %
A53. 69 min = ca. 11/4 Stunden
A54. Erhöhung um 14,1 %!
A56. 5 A
A57. 432 Stunden = 18 Tage
A58. 1,5 mJ
A59. $I = 4,17 \text{ A}$
A60. 432 kJ
A64. $6,4 \cdot 10^{-19} \text{ N}$
A65. $U_1 = 0,1 \text{ V}$, $U_2 = 0,2 \text{ V}$, $U_L = 5,7 \text{ V}$, $U_{\text{ges}} = 6 \text{ V}$, $E_1 = 0,4 \text{ V/m}$, $E_2 = 0,8 \text{ V/m}$,
 $E_L = 570 \text{ V/m}$
A66. $-3,84 \cdot 10^{-16} \text{ J}$
A67. $F = 1,6 \cdot 10^{-15} \text{ N}$, $a = 1,76 \cdot 10^{15} \text{ m / s}^2 = 1,76 \text{ km / } \mu\text{s}^2$, $v = 13253 \text{ km / s}$, $t = 7,54 \text{ ns}$