

# Elektrizität und Magnetismus

## Coulomb-Gesetz

1. Zwei kleine Kugeln sind  $s = 50 \text{ cm}$  voneinander entfernt. Der Durchmesser der Kugeln kann gegenüber der Entfernung  $s$  vernachlässigt werden. Die eine Kugel trägt die Ladung  $Q_1 = 10^{-7} \text{ C}$ , die andere Kugel trägt die Ladung  $Q_2 = 5 \cdot 10^{-6} \text{ C}$ .  
Wie groß ist die Kraft  $F$ , welche die Kugeln aufeinander ausüben?
  
2. Zwei kleine Körper, die als geladene Massenpunkte mit gleichem Ladungsbetrag betrachtet werden können, üben in der gegenseitigen Entfernung  $e_1 = 10 \text{ cm}$  die Kraft  $F = 300 \text{ N}$  aufeinander aus.
  - a) Wie groß sind die Ladungen?
  - b) Wie groß würde die Kraft in der Entfernung  $e_2 = 20 \text{ cm}$  bzw. in der Entfernung  $e_3 = 50 \text{ cm}$  sein?
  
3. Eine Konkuktorkugel trägt die Ladung  $Q_1 = 2 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ . In ihrer Nähe hängt isoliert eine ungeladene Styroporkugel mit leitender Oberfläche. Die Mittelpunkte der Kugeln befinden sich gleich hoch über der Tischplatte und sind  $d = 20 \text{ cm}$  voneinander entfernt. Die Styroporkugel hat die Masse  $m = 1 \text{ g}$ .  
Wie groß ist die horizontale Anfangsbeschleunigung der Styroporkugel, wenn auf sie die Ladung  $Q_2 = 10^{-8} \text{ C}$  gebracht wird?
  
4. Zwei als Massenpunkte zu betrachtende Kugeln mit den Massen  $m_1$  und  $m_2$  tragen die positiven Ladungen  $Q_1$  und  $Q_2$ . Die beiden Kugeln ziehen sich mit der Gravitationskraft an und stoßen sich mit der elektrischen Kraft ab.
  - a) Berechnen Sie allgemein den Quotienten aus der elektrischen Kraft und der Gravitationskraft.
  - b) Wie groß ist dieser Quotient für den Fall:  $m_1 = m_2 = 1 \text{ g}$  und  $Q_1 = Q_2 = 10^{-12} \text{ C}$ ?
  
5. Nach dem Bohr – Atommodell des Wasserstoffatoms umkreist ein negatives Elektron den Atomkern, der aus einem positiven Proton besteht. Elektron und Proton tragen jeweils die Elementarladung  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .  
Der Radius der Elektronenkreisbahn ist  $r = 0,53 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ .
  - a) Berechnen Sie die elektrische Kraft zwischen Elektron und Proton.
  - b) Wie groß ist die Geschwindigkeit des Elektrons, wenn man die Ruhemasse  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$  in die Rechnung einsetzt?

# Elektrizität und Magnetismus

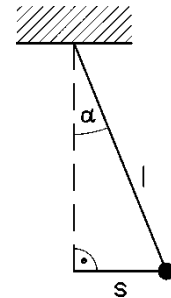
## Coulomb-Gesetz

6. In den Ecken eines Quadrats mit der Seitenlänge  $a$  befinden sich die Ladungen  $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4$ .

Wie groß ist die Kraft, mit der jeweils 3 Ladungen auf die vierte wirken?  
Welche Richtung hat diese Kraft?

7. Eine kleine Kugel mit leitender Oberfläche und der Masse  $m = 3 \text{ g}$  hängt an einem Isolierfaden der Länge  $l = 4 \text{ m}$  und trägt die Ladung  $Q = 10^{-8} \text{ C}$ .

Um welche Strecke  $s$  wird die Kugel aus ihrer ursprünglichen Lage abgelenkt, wenn ein Kugelkonduktor mit der gleichen Ladung an die Stelle ihres ursprünglichen Platzes gebracht wird?



Anm.: Der Ablenkungswinkel  $\alpha$  kann als so klein angenommen werden, dass in der Rechnung  $\sin(\alpha) \sim \tan(\alpha)$  gesetzt werden kann.

8. Zwei elektrisch leitende Kugeln mit gleichem Radius und gleicher Masse sind so an gleich langen isolierten Fäden mit gleichem Aufhängepunkt aufgehängt, dass sie einander berühren. Der Kugeldurchmesser kann gegenüber der Fadenlänge vernachlässigt werden.

Auf das Kugelpaar wird die Ladung  $Q$  gebracht. Die Kugeln stoßen sich ab und kommen in der gegenseitigen Entfernung  $s$  in eine neue Ruhelage.

Skizzieren Sie die gegebene Anordnung und stellen Sie eine Beziehung auf zwischen der Gesamtladung  $Q$ , der Fadenlänge  $\ell$ , der Kugelmasse  $m$  für eine Kugel und dem Abstand  $s$  der Kugeln.

Wie groß ist die Ladung  $Q$  jeder Kugel, wenn die Größen  $s = 10 \text{ cm}$ ,  $\ell = 1 \text{ m}$  und  $m = 2,4 \text{ g}$  gemessen wurden?

# Coulomb, el. Feld, Potenzial

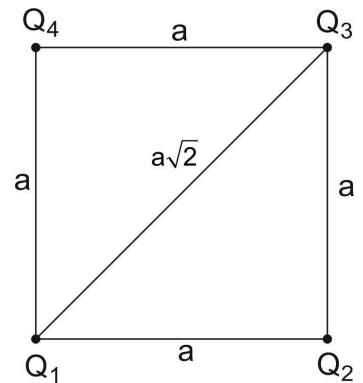
Klasse 11 / 12

1. Vier gleich große Ladungen  $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = Q$  sitzen verteilt in den Ecken eines Quadrats mit der Seitenlänge  $a$  und der Diagonalen  $d = a\sqrt{2}$ .

Bestimmen Sie in allgemeiner Form den Betrag der resultierenden Kraft  $\vec{F}_{\text{ges}}$  der sich ergibt, wenn die Ladungen  $Q_2, Q_3$  und  $Q_4$  auf  $Q_1$  wirken.

Eine aussagekräftige Zeichnung der Kraftpfeile ist erforderlich.

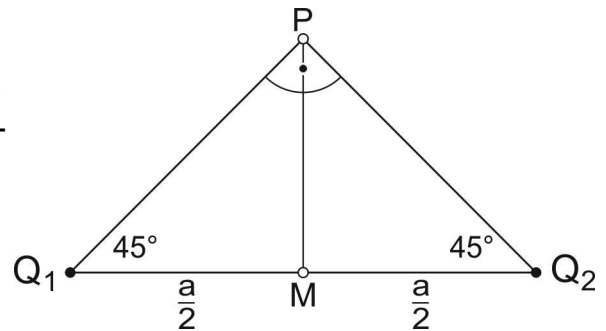
Welche Richtung hat diese resultierende Kraft  $\vec{F}_{\text{ges}}$  ?



2. Die beiden Ladungen  $Q_1 = 5 \cdot 10^{-8} \text{ As}$  und  $Q_2 = -3 \cdot 10^{-9} \text{ As}$  haben einen Abstand von 0,8 m.

- Berechnen Sie den Betrag der Kraft auf die Ladung  $Q_1$ .
- Berechnen Sie den Betrag der Kraft auf die Ladung  $Q_2$ .
- Berechnen Sie den Betrag der elektrischen Feldstärke im Mittelpunkt der Verbindungsstrecke zwischen  $Q_1$  und  $Q_2$ .

3. Die beiden positiven Punktladungen  $Q_1 = 3 \cdot 10^{-9} \text{ As}$ ,  $Q_2 = 6 \cdot 10^{-9} \text{ As}$  und ein Punkt P bilden ein gleichschenkelig-rechtwinkliges Dreieck  $\triangle Q_1 Q_2 P$  mit der Hypotenusenlänge  $a = 8 \text{ cm}$  (siehe Skizze rechts).

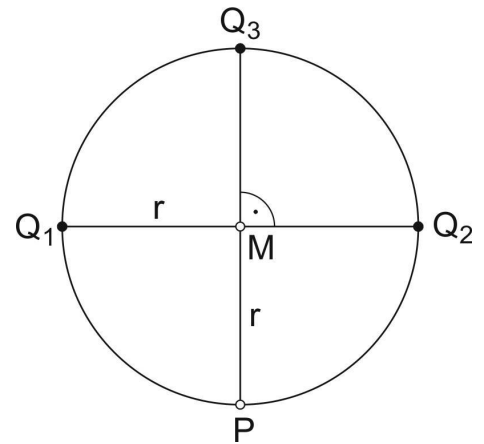


- Berechnen Sie den Betrag der elektr. Feldstärke im Punkt M.
- Welche Richtung hat die elektr. Feldstärke im Punkt M?
- Berechnen Sie das Potenzial im Punkt M für den Fall, dass das Potenzial im Unendlichen den Wert 0 V hat.
- Im Punkt M wird nun eine Ladung  $Q_3$  angebracht. Dies bewirkt, dass im Punkt P das Potenzial  $\varphi_P = 0 \text{ V}$  ist (Potenzial im Unendlichen: 0 V). Berechnen Sie die Ladung  $Q_3$ .

# Coulomb, el. Feld, Potenzial

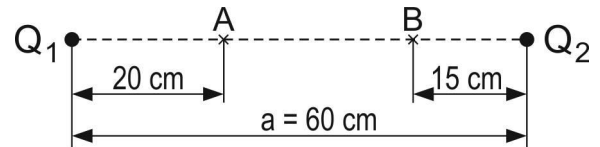
Klasse 11 / 12

4. Auf einem (gedachten) Kreis mit Radius  $r = 4,0 \text{ cm}$  sind die drei Punktladungen  $Q_1 = Q_2 = +75 \text{ nC}$  und  $Q_3 = -150 \text{ nC}$  vorhanden. Der Punkt P ist ladungsfrei, M ist der Kreismittelpunkt. (vgl. Bild rechts).



- Berechnen Sie die el. Feldstärke in M und in P.
- Berechnen Sie das el. Potenzial in M und in P.
- Berechnen Sie die el. Spannung zwischen M und P.
- Welche Arbeit ist zum Verschieben eines Elektrons von P nach M notwendig?

5. Zwei Punktladungen  $Q_1 = +6,0 \text{ nC}$  und  $Q_2 = -3,0 \text{ nC}$  haben einen Abstand von  $a = 60 \text{ cm}$ . Auf der Verbindungsstrecke zwischen  $Q_1$  und  $Q_2$  liegen die beiden Punkte A und B. (siehe Bild rechts).



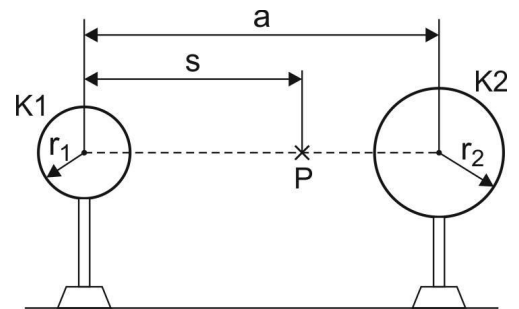
- Berechnen Sie das el. Potenzial in den Punkten A und B.
- Berechnen Sie die erforderliche Arbeit, um eine Probeladung  $q = 3,0 \cdot 10^{-15} \text{ C}$  von A nach B zu transportieren.
- Auf der Verbindungsstrecke zwischen den Ladungen  $Q_1$  und  $Q_2$  gibt es einen Punkt C mit dem Potenzial  $0 \text{ V}$ . Berechnen Sie den Abstand zwischen  $Q_1$  und C.
- Skizzieren Sie ein Feldlinienbild der beiden Ladungen  $Q_1$  und  $Q_2$ .

# Coulomb, el. Feld, Potenzial

Klasse 11 / 12

6. Zwei Kugeln K1 ( $r_1 = 2,0 \text{ cm}$ ) und K2 ( $r_2 = 3,0 \text{ cm}$ )

mit elektrisch leitenden Oberflächen sind im Abstand  $a = 80 \text{ cm}$  ortsfest und isoliert aufgestellt. Auf der Verbindungsstrecke der Kugelmittelpunkte befindet sich im Abstand  $s = 50 \text{ cm}$  zur Kugel K1 ein Punkt P.



K1 wird mit der Spannung  $U_1 = +250 \text{ V}$ ,

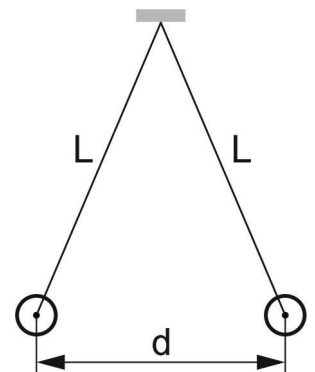
K2 wird mit der Spannung  $U_2 = -250 \text{ V}$  aufgeladen.

- Berechnen Sie die Größe der Ladungen  $Q_1$  und  $Q_2$  auf den Kugeln K1 und K2.
- Wie groß ist das von den beiden Ladungen hervorgerufene el. Potenzial im Punkt P?
- Nun wurde eine Probeladung  $q = 2,0 \cdot 10^{-15} \text{ As}$  aus großer Entfernung zum Punkt P transportiert. Welche Arbeit war dazu erforderlich?
- Die Probeladung  $q$  aus c) wird von P aus auf die Oberfläche der Kugel K1 gebracht. Berechnen Sie die Verschiebearbeit.

7. Zwei kleine gleiche Kugeln der Masse  $m = 2 \text{ g}$ , jeweils mit elektrisch leitender Oberfläche, tragen die gleiche Ladung  $Q = 20 \text{ nC}$ . Die beiden Kugeln, an masselosen Fäden hängend, stoßen sich gegenseitig ab. Ihr Mittelpunktabstand beträgt dabei  $d = 5,0 \text{ cm}$ .

Berechnen Sie die Fadenlänge  $L$  (Aufhängepunkt bis Kugelmittelpunkt).

Verwenden Sie für Ihre Rechnung die Näherung  $\tan \varphi = \sin \varphi$ ; zeigen Sie, nachdem das Endergebnis ermittelt wurde, dass diese Näherung gerechtfertigt ist.

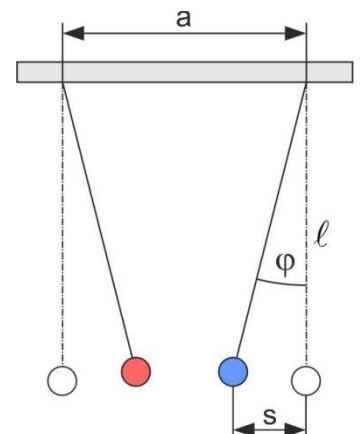


8. Zwei kleine Kugeln gleicher Masse ( $m = 1,0 \text{ g}$ ) hängen jeweils an  $\ell = 1,2 \text{ m}$  langen masselosen Fäden, die oben an der Befestigungsstelle den Abstand  $a$  haben. Die Ladungen  $Q = 4 \cdot 10^{-8} \text{ C}$  der Kugeln sind identisch, jedoch ist die eine Kugel positiv, die andere negativ geladen.

Durch die entgegengesetzte Polung ziehen sich die Kugeln an. Die Auslenkung  $s$  im Gleichgewichtszustand beträgt ein Viertel der Länge  $a$ .

Berechnen Sie den Befestigungsabstand  $a$ .

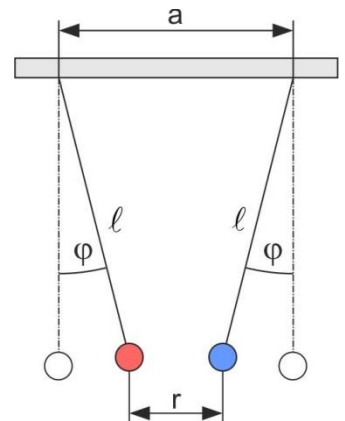
Verwenden Sie für Ihre Rechnung die Näherung  $\tan \varphi = \sin \varphi$



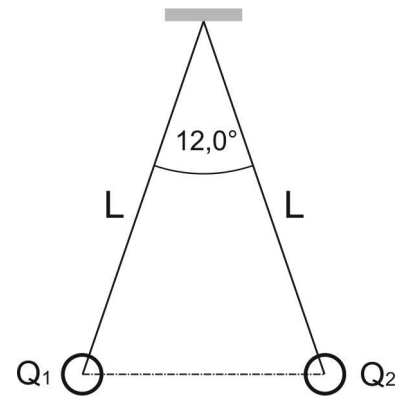
# Coulomb, el. Feld, Potenzial

Klasse 11 / 12

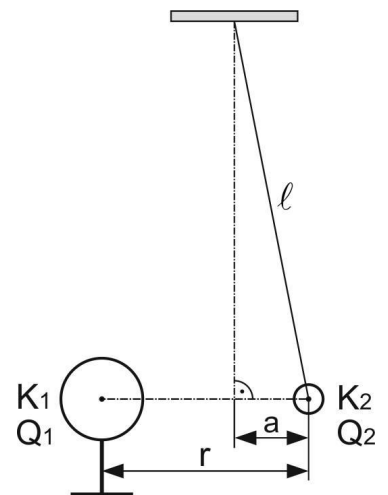
9. Zwei kleine Kugeln gleicher Masse (je 1,0 g) hängen jeweils an  $\ell = 1,0$  m langen masselosen Fäden, die oben an der Befestigungsstelle den Abstand  $a = 20$  cm haben.  
Die linke Kugel trägt die Ladung  $+4q$ , die rechte  $-1q$ . Beide ziehen sich unten auf  $r = 10$  cm Abstand an.
- Begründen Sie, weshalb beide Kugeln gleich weit ausgelenkt werden, obwohl sie unterschiedliche Ladungen besitzen.  
Zeichnen Sie die auf die Kugeln wirkenden Kräfte ein und berechnen Sie den Auslenkwinkel  $\varphi$ .
  - Berechnen Sie den Zahlenwert der Ladung  $q$ .
  - Welche Feldstärke erzeugt jeweils die eine Kugel am Ort der anderen?



10. Zwei kleine Kugeln mit elektrisch leitender Oberfläche, haben jeweils die Masse 1,5 g. Jede Kugel hängt an einem  $L = 2,0$  m langen masselosen Faden mit gemeinsamem Aufhängepunkt. Die Kugeln sind positiv geladen, die linke mit  $Q_1$ , die rechte mit  $Q_2 = 2,0 \cdot 10^{-7}$  C. Sie stoßen sich gegenseitig ab. Die beiden Fäden schließen an ihrem Aufhängepunkt einen Winkel von  $12,0^\circ$  ein.  
Berechnen Sie den Betrag der Ladung  $Q_1$ .



11. Neben einer isoliert aufgestellten Konduktorkugel  $K_1$  hängt an einem  $\ell = 2,0$  m langen, isolierten und nahezu masselosen Faden eine kleine Kugel  $K_2$  ( $m = 1,2$  g) mit leitender Oberfläche und der positiven Ladung  $Q_2 = 2,0 \cdot 10^{-9}$  C.  
Die Konduktorkugel wird nun positiv aufgeladen und erhält die Ladung  $Q_1$ . Dadurch wird die Kugel  $K_2$  aus ihrer Ruhelage um  $a = 3,5$  cm abgelenkt. Ihr Abstand zur Kugel  $K_1$  beträgt nun  $r = 8,0$  cm.
- Wie groß ist die elektrische Feldstärke  $E$ , die von der Ladung  $Q_1$  im Abstand  $r$  erzeugt wird?
  - Berechnen Sie den Betrag der Ladung  $Q_1$ .
  - Berechnen Sie das Coulombpotenzial  $\varphi_{K_1}$  auf der Kugeloberfläche von  $K_1$  mit  $\varphi_0 = 0$  im Unendlichen, wenn die Konduktorkugel einen Radius von  $r_{K_1} = 3,0$  cm hat.



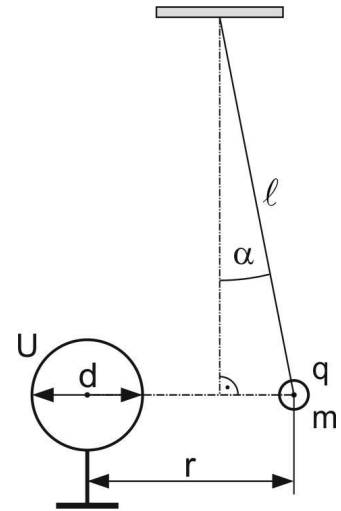
# Coulomb, el. Feld, Potenzial

Klasse 11 / 12

12. Neben einer großen Metallkugel ( $d = 15 \text{ cm}$ ) hängt an einem Faden der Länge  $\ell = 1,5 \text{ m}$  eine sehr kleine Kugel ( $m = 1,4 \text{ g}$ ) mit leitender Oberfläche und der Ladung  $q$ .

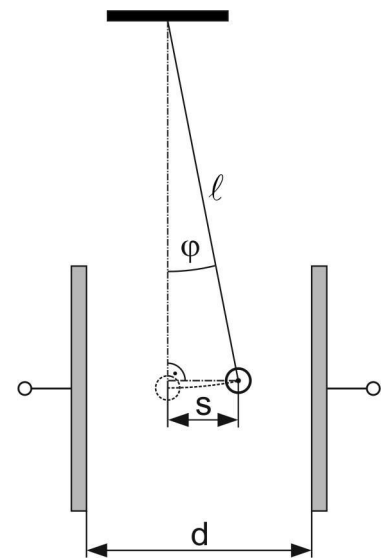
Nun lädt man die große Kugel mit der Spannung  $U = 8 \text{ kV}$  auf. Dadurch wird die kleine Kugel um den Winkel  $\alpha = 2,5^\circ$  ausgelenkt. Beide Kugeln haben nun den Abstand  $r = 22 \text{ cm}$ .

Berechnen Sie die Größe der Ladung  $q$ .



13. Im Inneren eines ungeladenen Plattenkondensators (Plattenabstand  $d = 10 \text{ cm}$ ) hängt an einem als masselos angenommenen Faden der Länge  $\ell = 1,0 \text{ m}$  eine kleine, elektrisch geladene Metallkugel ( $m = 0,5 \text{ g}$ ,  $Q = 5 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ ). Wird an den Kondensator die Spannung  $U$  angelegt, erfährt die Kugel durch die Wirkung des elektrischen Feldes eine seitliche Auslenkung um  $s = 2 \text{ cm}$ .

- Fertigen Sie eine Skizze des Versuchsaufbaus mit den beteiligten Kräften an. Sie können auch die Skizze rechts entsprechend ergänzen.
- Berechnen Sie die am Kondensator angelegte Spannung  $U$ .
- Der Kondensator wird nun von der Spannungsquelle getrennt. Verändert sich die Auslenkung  $s$ , wenn jetzt der Plattenabstand um  $5 \text{ cm}$  vergrößert wird? Begründung durch Rechnung.  
(Es sei vorausgesetzt, dass die Ladung unverändert und das elektrische Feld homogen bleibt.)



# Gleichstromkreise 1

1. Wie groß muss die Spannung sein, damit durch einen Leiter mit dem Widerstand  $R = 100 \Omega$  in der Zeit  $t = 1 \text{ h}$  die Ladung  $Q = 3\,600 \text{ C}$  fließt ?
  
2. Wie groß ist die Arbeit, die ein Gleichstrom verrichtet, wenn in der Zeit  $t = 5 \text{ min}$  die Ladung  $Q = 10 \text{ C}$  durch den Widerstand  $R = 30 \Omega$  fließt ?  
Wie hoch muss die angelegte Spannung sein ?
  
3. An eine Flachbatterie mit der Klemmenspannung  $U = 4,5 \text{ V}$  ist eine Glühlampe mit der Leistung  $P = 0,8 \text{ W}$  angeschlossen.
  - a) Wie groß ist die elektrische Ladung, die in einer Minute durch die Glühlampe fließt ?
  - b) Die beweglichen Ladungsträger sind in metallischen Leitern die Elektronen. Jedes Elektron hat eine negative Elementarladung vom Betrag  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ . Wie viele Elektronen treten in einer Minute in das eine Ende des Glühfadens ein bzw. aus dem anderen Ende aus ?
  
4. Ein Kassettenrecorder ist für Batteriebetrieb mit 6 hintereinander geschalteten Monozellen je  $1,5 \text{ V}$  bestückt. Bei Betrieb fließt ein Strom der Stärke  $0,25 \text{ A}$ . Bei dieser Belastung haben die Batterien eine Lebensdauer von 15 Stunden. Der Preis je Monozelle beträgt  $1,20 \text{ EUR}$ .
  - a) Berechne den Preis für eine Betriebsstunde !
  - b) Berechne den Preis für die Energie  $1 \text{ kWh}$  !

Der Recorder kann bei abgeschalteter Batterie auch über ein eingebautes Netzteil betrieben werden. Bei  $230 \text{ V}$  Spannung wird dem Netz dabei ein Strom der Stärke  $25 \text{ mA}$  entnommen. Die Elektrizitätswerke liefern die elektrische Energie  $1 \text{ kWh}$  für den Preis  $0,22 \text{ EUR}$ .

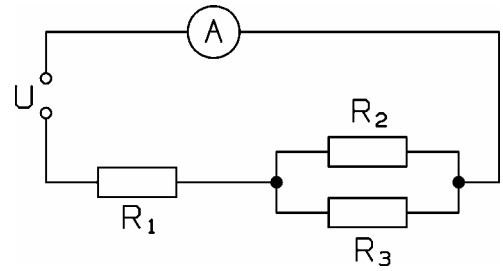
  - c) Berechne den Preis für eine Betriebsstunde !
  - d) Um welchen Faktor ist der Batteriebetrieb teurer als der Netzbetrieb ?
  
5. Eine Monozelle mit der Klemmenspannung  $1,5 \text{ V}$  wird ein Strom mit der Stärke  $I_1 = 2 \text{ mA}$  entnommen.
  - a) Wie groß ist der Widerstand  $R_a$  des an die Monozelle angeschlossenen Leiterkreises ?
  - b) In den Stromkreis wird ein Amperemeter mit dem inneren Widerstand  $R_i = 50 \Omega$  geschaltet. Welche Stromstärke  $I_2$  zeigt des Amperemeter an ?
  - c) Um wieviel Prozent hat sich die Stromstärke also durch das Einschalten des Amperemeters verändert ?



# Gleichstromkreise 1

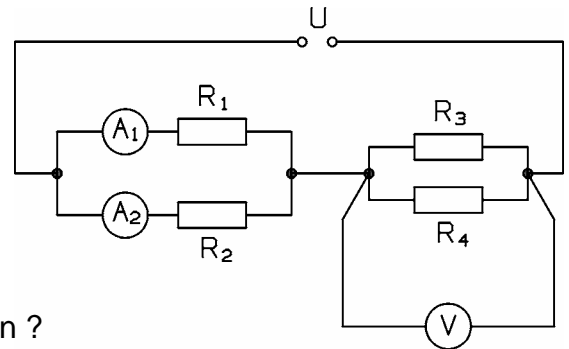
6. In der angegebenen Schaltung ist  $U = 10 \text{ V}$ ,  $R_1 = 20 \ \Omega$ ,  $R_2 = 25 \ \Omega$ .  
Das Amperemeter zeigt die Stromstärke  $I = 0,4 \text{ A}$  an.

Berechne den Widerstand  $R_3$  !



7. In der angegebenen Schaltung ist  $U = 6 \text{ V}$ ,  $R_1 = 20 \ \Omega$ ,  $R_2 = 30 \ \Omega$ ,  
 $R_3 = 40 \ \Omega$ ,  $R_4 = 10 \ \Omega$ .

- a) Welche Stromstärken  $I_1$  und  $I_2$  zeigen die Amperemeter  $A_1$  und  $A_2$  an ?  
b) Welche Spannung zeigt das Voltmeter an ?



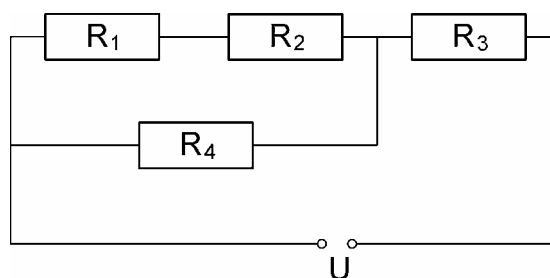
Anmerkung: Die Innenwiderstände der Instrumente sind zu vernachlässigen !

## Gleichstromkreise 2

1. An zwei in Reihe geschalteten Widerständen ( $R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 50 \Omega$ ) liegt die Spannung  $U = 12 \text{ V}$ . Berechne:
  - a) den Gesamtwiderstand  $R_g$  der Schaltung,
  - b) die Ströme in den Widerständen,
  - c) den Spannungsabfall an jedem Widerstand.
  
2. An zwei parallel geschalteten Widerständen ( $R_1 = 35 \Omega$ ;  $R_2 = 25 \Omega$ ) liegt eine Spannung von  $20 \text{ V}$ . Berechne:
  - a) den Gesamtwiderstand  $R_g$ ,
  - b) die Teilströme durch jeden Widerstand,
  - c) den Gesamtstrom.
  
3. Zwei Widerstände ( $R_1 = 25 \Omega$ ,  $R_2 = 10 \Omega$ ) sind parallel und mit einem weiteren Widerstand ( $R_3 = 40 \Omega$ ) in Reihe geschaltet. Die an der Schaltung anliegende Spannung beträgt  $24 \text{ V}$ . Berechne:
  - a) den Gesamtwiderstand,
  - b) den Gesamtstrom,
  - c) die Ströme in den Einzelwiderständen
  - d) die an den Einzelwiderständen anliegenden Teilspannungen.
  
4. Für eine Glühlampe ( $6 \text{ V} / 0,50 \text{ A}$ ) steht eine Spannungsquelle mit der konstanten Spannung  $U_q = 24 \text{ V}$  zur Verfügung. Berechne den Vorwiderstand  $R_v$  um den Betrieb der Lampe am  $24 \text{ V}$  zu ermöglichen.  
Zeichne eine Schaltskizze.
  
5. Für ein Fest wird eine Lampenkette aus mehreren in Reihe geschalteten Glühlampen aufgebaut.  
Wie viele Glühlampen muss man an das Netz ( $230 \text{ V}$ ) anschließen, wenn jede Lampe  $3,6 \text{ V}$  Betriebsspannung benötigt ?
  
6. Eine Glühlampe ( $17,5 \Omega$ ) und ein Widerstand ( $7,0 \Omega$ ) werden in Reihe an eine Spannungsquelle ( $3,5 \text{ V}$ ) angeschlossen.  
Wie groß ist die an der Lampe liegende Spannung ?

## Gleichstromkreise 2

7. Die beiden Enden eines Schiebewiderstands von  $120 \Omega$  liegen an einer Spannung von  $200 \text{ V}$ .
- Welche Teilspannungen können abgegriffen werden, wenn der Schleifer des Schiebewiderstands bei  $30 \Omega$  steht ?
  - Wie groß ist der durch den Schiebewiderstand fließende maximale Strom ?
8. Drei Widerstände ( $R_1 = 30 \Omega$ ,  $R_2 = 50 \Omega$ ,  $R_3 = 100 \Omega$ ) sind parallel geschaltet.
- Wie groß ist der Gesamtwiderstand ?
  - Welche Werte haben die Teilstromstärken in den Zweigen und die Gesamtstromstärke, wenn an den Enden der Widerstandskombination eine Spannung von  $120 \text{ V}$  anliegt ?
9. An eine Dreifach-Steckdose, die eine Netzspannung von  $230 \text{ V}$  liefert und deren Zuleitungskabel bis  $10 \text{ A}$  belastet werden darf, sollen ein Bügeleisen ( $40 \Omega$ ), ein Heizlüfter ( $75 \Omega$ ) und ein Haartrockner ( $115 \Omega$ ) angeschlossen werden.
- Welche Schaltung von Widerständen liegt hier vor ?
  - Zeige durch Rechnung, dass das gleichzeitige Betreiben der Geräte in unserem Beispiel auf diese Weise nicht zulässig ist.
  - Welchen Widerstand müsste der Haartrockner haben, damit auch er noch betrieben werden kann ?
10. Zwei Widerstände ( $R_1 = 50 \Omega$ ,  $R_2 = 100 \Omega$ ) sind in Reihe geschaltet und mit einer Spannungsquelle verbunden ( $U = 10 \text{ V}$ ).
- Berechne die Stromstärke in den einzelnen Widerständen.
  - Wie verändert sich dieser Strom, wenn zusätzlich ein Widerstand  $R_3 = 250 \Omega$  parallel zur Spannungsquelle geschaltet wird ? (Schaltskizze !)
11. Berechne den Gesamtwiderstand der Widerstandskombination in nachfolgender Abbildung:  $R_1 = 200 \Omega$ ;  $R_2 = 100 \Omega$ ;  $R_3 = 50 \Omega$ ;  $R_4 = 10 \Omega$ .



## Gleichstromkreise 3

1. Für eine Christbaumbeleuchtung stehen elektrische Kerzen mit je 5,8 V Betriebsspannung zur Verfügung.  
Wie sind die Kerzen zu schalten, damit sie an das 230 V-Netz angeschlossen werden können ? Wie viele Kerzen werden benötigt ?
2. Zwei Widerstände ( $R_1 = 1,2 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 0,6 \text{ k}\Omega$ ) sind hintereinander an eine Spannungsquelle mit einer Spannung von 230 V geschaltet.  
Berechne den Gesamtwiderstand, die Ströme in den Widerständen und die an den Einzelwiderständen anliegenden Spannungen. Schaltskizze !
3. Ein elektrisches Gerät mit den Anschlussdaten 50 V/4,5 A soll mit Hilfe eines Vorwiderstandes an das Netz (230 V) angeschlossen werden.  
Zeichne eine Schaltskizze und berechne den Vorwiderstand.
4. Ein für 110 V gebautes und von 1,0 A durchströmtes Gerät soll unter Vorschaltung eines Widerstandes  $R_v$  an die Spannung von 230 V angeschlossen werden.  
Wie groß muß  $R_v$  sein ?
5. Zwei Widerstände ( $R_1 = 20 \Omega$ ,  $R_2 = 60 \Omega$ ) sind in Reihe geschaltet. Sie werden von einem Strom  $I = 5 \text{ A}$  durchflossen.  
Berechne die Gesamtspannung und die an jedem Widerstand anliegende Spannung.
6. Der Spannungsabfall an einem 400 m langen Kupferkabel soll 20 V nicht übersteigen.  
Welchen Widerstand besitzt das Kabel, wenn ein Strom von 150 A durchfließt ?  
Welche Querschnittsfläche hat das Kabel ?
7. Bestimme den Spannungsabfall an einer 0,5 km langen Aluminiumleitung mit einer Querschnittsfläche von  $4,5 \text{ mm}^2$ , wenn sie von einem Strom  $I = 8 \text{ A}$  durchflossen wird ?
8. Drei Widerstände ( $R_1 = 60 \Omega$ ,  $R_2 = 40 \Omega$ ,  $R_3 = 20 \Omega$ ) sind in Reihe geschaltet.  
Die an der Schaltung anliegende Spannung beträgt 48 V.  
Wie groß sind der Gesamtwiderstand, die Stromstärke und die Spannungsabfälle an den Einzelwiderständen ?
9. Erkläre warum die Helligkeit der Zimmerbeleuchtung etwas geringer wird, wenn in der Wohnung ein elektrisches Heizgerät (hoher Stromverbrauch) eingeschaltet wird.
10. a) Berechne die Betriebsspannung eines Akkus ( $U_0 = 12 \text{ V}$ ,  $R_i = 0,4 \Omega$ ) bei einem Außenwiderstand von  $120 \Omega$ .  
b) Berechne den Kurzschlussstrom.
11. Der Anlasser eines Automotors benötigt einen Strom von 120 A. Die Starterbatterie hat eine Ruhespannung von 12 V und einen Innenwiderstand von  $0,03 \Omega$ .  
Wie groß ist die Betriebsspannung während des Anlasserbetriebes ?  
Wie groß ist der Widerstand des Anlassers ?

## Gleichstromkreise 4

1. Stelle die Gesetzmäßigkeiten für Spannung, Strom und Widerstand bei Reihen- und Parallelschaltung von Widerständen einander gegenüber.
2. Zwei Widerstände ( $R_1 = 50 \Omega$ ,  $R_2 = 200 \Omega$ ) sind parallel an eine Spannungsquelle ( $U = 230 \text{ V}$ ) angeschlossen. Berechne den Gesamtwiderstand, die Gesamtstromstärke und die Zweigströme.
3. Zwei Widerstände ( $R_1 = 20 \Omega$ ,  $R_2 = 80 \Omega$ ) sind parallel an eine Spannungsquelle angeschlossen. Durch den Widerstand  $R_1$  fließt ein Strom  $I_1 = 2,6 \text{ A}$ . Berechne:
  - a) die Stromstärke  $I_2$
  - b) den Gesamtstrom
  - c) den Gesamtwiderstand
  - d) die anliegende Spannung
4. Ein Strom von  $8 \text{ A}$  verzweigt sich in zwei Widerstände ( $R_1 = 2 \Omega$ ,  $R_2 = 60 \Omega$ ). Berechne die Zweigströme.
5. Ein Widerstand sollte  $2,50 \Omega$  haben. Eine Prüfung ergab jedoch einen Widerstandswert von  $2,54 \Omega$ .
  - a) Wie ist ein „Abgleichwiderstand“ zur Korrektur des Fehlers zu schalten? Begründe, skizziere.
  - b) Wie groß muss der Abgleichwiderstand sein?
6. Zwei Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  sind parallel geschaltet. Was ist über die Größe des Gesamtwiderstandes auszusagen, wenn
  - a)  $R_2 = R_1$ ,
  - b)  $R_2$  größer als  $R_1$  ist
  - c)  $R_2$  unendlich groß ist?
7. Drei Widerstände ( $R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 50 \Omega$ ,  $R_3 = 100 \Omega$ ) sind parallel geschaltet. Berechne den Gesamtwiderstand.
8. Drei Widerstände ( $R_1 = 20 \Omega$ ,  $R_2 = 100 \Omega$ ,  $R_3 = 250 \Omega$ ) und eine Spannungsquelle mit  $120 \text{ V}$  stehen zur Verfügung. Die Widerstände sind in folgender Weise zu schalten:
  - a) alle hintereinander,
  - b) alle parallel,
  - c)  $R_1$  und  $R_2$  hintereinander (in Reihe) und mit  $R_3$  parallel,
  - d)  $R_1$  und  $R_2$  parallel und mit  $R_3$  hintereinander,Berechne in jedem Falle den Gesamtwiderstand, die Gesamtstromstärke und je nach Schaltung die Stärke der Teilströme oder die Spannungsabfälle an den Widerständen. Fertige zu jeder Schaltung eine Skizze an.

## Gleichstromkreise 4

9. Mit drei gleich großen Widerständen von je  $50 \Omega$  lassen sich vier verschiedene Schaltungen herstellen. Zeichne jeweils eine Schaltskizze und berechne den Gesamtwiderstand.
10. Drei zur Verfügung stehende Widerstände ( $R_1 = 40 \Omega$ ,  $R_2 = 60 \Omega$ ,  $R_3 = 8 \Omega$ ) sollen so geschaltet werden, dass sich ein Gesamtwiderstand  $R_g = 32 \Omega$  ergibt.
- Überlege zuerst, ob alle drei Widerstände parallel oder hintereinander geschaltet werden können. Begründe.
  - Zeige durch Rechnung, wie die Widerstände geschaltet werden müssen. Fertige eine Schaltskizze an.
  - Welche Spannung fällt an den einzelnen Widerständen ab, wenn die Schaltung an  $230 \text{ V}$  angeschlossen ist ?
  - Berechne die Ströme, die durch die einzelnen Widerstände fließen.

# Transformator

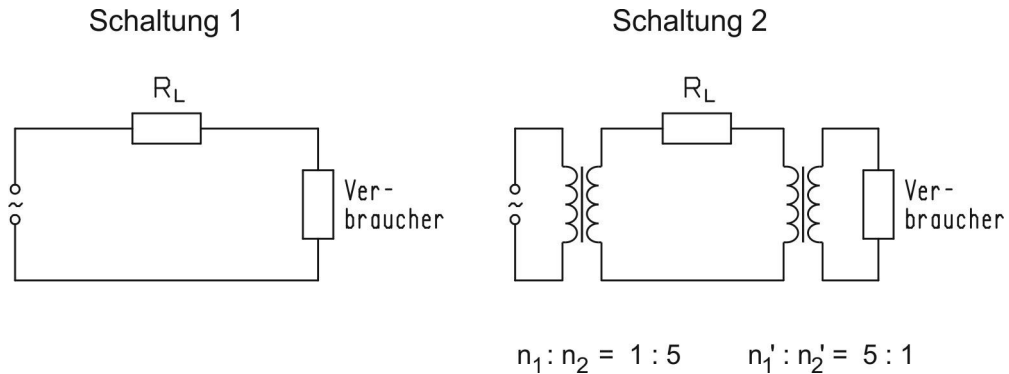
## Aufgaben aus Abschlussprüfungen Realschule Bayern

1. Ein Transformator setzt die Netzspannung von 230 V auf 6 V herab. Im Sekundärkreis befinden sich zwei parallel geschaltete Glühlampen  $L_1$  ( $4,0 \Omega$ ) und  $L_2$  (15 W).
  - a) Fertige eine Schaltskizze an.
  - b) Berechne die Stromstärke im Sekundärkreis des Transformators aus a) und die Leistungsaufnahme aus dem Netz bei einem Wirkungsgrad des Transformators von 92 %.
  
2. Eine Glühlampe (6 V / 30 W) soll mit einem Transformator, der primärseitig an der Netzspannung liegt, betrieben werden. Die Sekundärspule hat 20 Windungen. Bestimme die Primär- und Sekundärstromstärke sowie die Windungszahl der Primärspule, wenn der Wirkungsgrad des Transformators 94 % beträgt.
  
3. Von einem E-Werk führt eine Hochspannungsleitung zu einem Transformator, dessen Verluste vernachlässigbar klein sind. Die Sekundärleistung des Trafos beträgt 19,2 kW, seine Primärspannung ist 3,5 kV. Die Hochspannungsleitung hat einen Widerstand von  $20,8 \Omega$ .
  - a) Zeichne eine entsprechende Schaltskizze.
  - b) Wie groß ist die Stromstärke in der Hochspannungsleitung?
  - c) Wie groß ist der Leitungsverlust in der Hochspannungsleitung?
  - d) Welche Leistung muss das E-Werk abgeben?
  - e) Welcher Wirkungsgrad wird bei dieser Energieübertragung erzielt?
  
4. Ein Hochstromtransformator wird primärseitig an die Netzspannung von 230 V angeschlossen. Bei einer Sekundärspannung von 5,00 V ist zum Elektroschweißen eine Stromstärke von 250 A erforderlich. Der Wirkungsgrad des Trafos ist 96 %. Berechne die Primär- und Sekundärleistung sowie den Strom im Primärkreis.

## Transformator

5. Elektrische Energie soll von einem Wechselstromgenerator zu einem Verbraucher übertragen werden. Der Verbraucher hat die Betriebsspannung  $U_V = 230 \text{ V}$  und die Leistungsaufnahme  $P_V = 1\,000 \text{ W}$ . Die Übertragungsleitungen haben den Widerstand  $R_L = 20 \, \Omega$ .

a) Berechne jeweils den Wirkungsgrad der Energieübertragung für die



unter der Annahme, dass die Transformatoren verlustfrei arbeiten.

- b) Der Wirkungsgrad der Schaltung 2 soll verbessert werden. Wie lässt sich dies bei unveränderten Größen  $R_L$ ,  $U_V$  und  $P_V$  erreichen? Begründe die Antwort!
6. Ein Transformator ist primärseitig an die Netzsteckdose (230 V) angeschlossen. An der Sekundärseite sollen drei gleiche Glühlampen (60 W; 24 V) in Parallelschaltung betrieben werden.
- a) Skizziere die Schaltung.
- b) Berechne den Sekundärstrom, die Primärleistung (Wirkungsgrad des Transformators 95 %) und den Primärstrom.



# Transformator

1. Beschreibe den Aufbau und die Funktionsweise eines Transformators mit Hilfe einer Skizze.
2. Warum lässt sich Gleichspannung nicht transformieren? Begründe!
3. Wie lauten die Transformatorengesetze?
4. Gib einige Beispiele mit Erklärung für die technische Anwendung von Transformatoren.
5. Worin besteht die Bedeutung des Transformators für die elektrische Energieübertragung?
6. Beim Betrieb eines Transformators entstehen Energieverluste. Wodurch entstehen sie? Durch welche Maßnahmen können diese Verluste möglichst gering gehalten werden?
7. Die Primärspule eines unbelasteten Transformators, die an das 230V-Netz angeschlossen ist, hat 250 Windungen. Berechne die Spannungen an den Enden der Sekundärspule, wenn diese 10 bzw. 500, bzw. 20 000 Windungen hat.
8. Ein Transformator hat die Windungszahlen  $n_p = 1\,500$ ,  $n_s = 100$ . Er wird an das 230V-Netz angeschlossen. Ein Strom von 12 A fließt durch einen Verbraucher im Sekundärkreis (verlustfreier Transformator angenommen).
  - a) Welches Übersetzungsverhältnis hat der Trafo?
  - b) Welche Spannung liegt am Verbraucher an?
  - c) Welcher Strom fließt im Primärkreis des Trafos?
9. Man benötigt beim elektrischen Schweißen auf der Sekundärseite eines Trafos bei einer Spannung von 25,3 V einen Strom von 500 A. Der Primärkreis des Transformators ist an das 230V-Netz angeschlossen und soll als verlustfrei betrachtet werden.  
Welcher Strom fließt im Primärkreis des Transformators?
10. Die Primärspule eines Transformators, die an ein 230V-Netz angeschlossen ist, hat 920 Windungen, die Sekundärspule 30 Windungen. Im Sekundärkreis befinden sich zwei parallel geschaltete Widerstände; der eine hat einen Widerstandswert von  $6,0\,\Omega$ , der andere eine Leistungsaufnahme von 12,0 Watt.
  - a) Fertige eine Schaltskizze an.
  - b) Wie groß ist der Strom im Primärkreis?  
(Der Wirkungsgrad des Transformators kann mit 100% angenommen werden).
11. Die Primärspule eines Transformators ist an das 230V-Netz angeschlossen; die Sekundärspule hat 30 Windungen. Im Sekundärkreis soll eine Glühlampe mit 9 V, 36 W betrieben werden. Wie groß sind bei einem Wirkungsgrad des Transformators von 96,5 %:
  - a) der Sekundärstrom,
  - b) der Primärstrom,
  - c) die Windungszahl der Primärspule?

## Transformator

12. Ein Heizlüfter mit einer Betriebsspannung  $U_H = 230 \text{ V}$  hat eine Leistungsaufnahme  $P_H = 1\,800 \text{ W}$ .
- a) Der Lüfter ist über eine Leitung mit einem Widerstand  $R = 25 \, \Omega$  an einen Generator für Wechselstrom angeschlossen.  
Zeichne eine Schaltskizze.  
Berechne den Strom in der Übertragungsleitung, die Leistungsabgabe des Generators und den Wirkungsgrad der Energieübertragung.
- b) Mit Hilfe von zwei Transformatoren wird die Energie zum Heizlüfter übertragen. Der eine Transformator,  $n_P : n_S = 1:12$ , ist unmittelbar nach dem Generator, der zweite Transformator,  $n'_P : n'_S = 9:1$ , unmittelbar vor den Verbraucher geschaltet. Die Übertragungsleitung zwischen den beiden Transformatoren hat den Widerstand  $R = 25 \, \Omega$ . Es sind ideale Trafos unter starker Belastung anzunehmen.  
Zeichne eine Schaltskizze.  
Berechne den Strom in der Übertragungsleitung, die Leistungsabgabe des Generators und den Wirkungsgrad der Energieübertragung.

# Energietransport durch Hochspannung

Klasse 10

## Aufgaben

Die Übungsaufgaben stellen nur den grundsätzlichen Sachverhalt dar; alle sonstigen physikalischen Einflüsse, die in der Realität vorhanden sind, bleiben unberücksichtigt.

1. Ein Wasserkraftwerk stellt eine elektrische Leistung von 30 MW zur Verfügung. Über eine Fernleitung (Gesamtwiderstand  $40\ \Omega$ , Betriebsspannung 110 kV) an deren Enden jeweils ein Transformator (Wirkungsgrad je 95%) steht, wird die elektrische Energie übertragen.
  - a) Zeichne ein Schaltbild mit allen bekannten Angaben
  - b) Berechne die elektrische Leistung die der zweite Transformator an den Verbraucher abgibt.
  
2. Das für Grundlast ausgelegte Kraftwerk Donau II gibt eine elektrische Leistung von 60 MW ab. Die elektrische Energie wird über eine Fernleitung mit einem Gesamtwiderstand von  $30\ \Omega$  übertragen. Dabei sollen die Verluste in der Fernleitung nicht mehr als 1,25% betragen (bezogen auf die 60 MW).
  - a) Berechne die maximale Stromstärke in der Fernleitung.
  - b) Berechne die notwendige Betriebsspannung damit die elektrische Energie unter den gegebenen Voraussetzungen übertragen werden kann.
  
3. Bei einer nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung betriebenen Energieumwandlungsanlage wird auch elektrische Energie in Höhe von 18,5 MW abgegeben. Die Generatorspannung der KWK-Anlage beträgt 12 kV. Sie wird durch einen Transformator mit dem Wirkungsgrad 94% hochtransformiert und einer Fernleitung mit dem Gesamtwiderstand  $8\ \Omega$  zugeführt.
  - a) Berechne für diesen Transformator die Primärstromstärke und die Leistungsabgabe auf der Sekundärseite.
  - b) Bestimme die Stromstärke in der Fernleitung, wenn der Verlust an elektrischer Energie in dieser Leitung maximal 1,2 % der vom Generator abgegebenen Leistung betragen darf.
  - c) Wie hoch ist dann die elektrische Spannung in der Fernleitung?

# Energietransport durch Hochspannung

Klasse 10

## Aufgaben

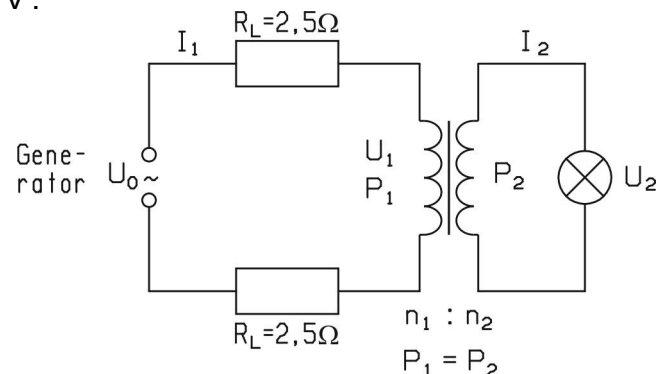
4. Ein Dorf soll von einem Kraftwerk über eine Fernleitung von  $2\ \Omega$  Gesamtwiderstand eine elektrische Leistung von  $180\ \text{kW}$  bei der Spannung  $230\ \text{V}$  erhalten.
- a) Im ersten Fall werden keine Transformatoren verwendet. Berechne:
- den Verbraucherstrom,
  - den Leistungsverlust in der Fernleitung,
  - den Spannungsabfall an der Fernleitung,
  - die erforderliche Spannung die der Kraftwerksgenerator erzeugen muss,
  - die Leistung, die der Kraftwerksgenerator liefern muss,
  - den Wirkungsgrad der Leistungsübertragung
- b) Im zweiten Fall werden nun verlustfrei arbeitende Transformatoren (am Kraftwerk und im Ort) mit den Windungszahlen  $1 : 200$  bzw.  $200 : 1$  verwendet. Beantworte nun alle Fragen wie bei a)

5. Die Beleuchtung eines großen Sportstadions benötigt eine Leistung von  $1,85\ \text{MW}$  bei einer Betriebsspannung von  $U_2 = 440\ \text{V}$ .

Diese wird von einem als verlustfrei angenommenen Trafo

( $n_1 = 1400$ ;  $n_2 = 10$ ) abgegeben.

- a) Berechne  $U_1$  und  $I_1$ .
- b) Berechne  $U_0$ , sowie den Leistungsverlust der gesamten Übertragungsstrecke.



6. Die von einem Kraftwerksgenerator abgegebene elektrische Leistung beträgt  $120\ \text{MW}$  bei einer Spannung von  $30\ \text{kV}$ . Diese Leistung wird über eine Fernleitung mit  $4\ \Omega$  Gesamtwiderstand transportiert. In den Umspannwerken am Kraftwerk bzw. beim Verbraucher werden (angenommen) ideale Transformatoren der Windungszahlen  $n_1 : n_2$  bzw.  $n_2 : n_1$  eingesetzt.
- a) Ermittle rechnerisch die Verlustleistung in der Fernleitung wenn keine Trafos vorhanden wären.
- b) Berechne das Übersetzungsverhältnis  $n_2 : n_1$  damit die Verlustleistung in der Fernleitung maximal  $0,25\ \text{MW}$  beträgt.

# Energietransport durch Hochspannung

Klasse 10

## Aufgaben

7. Eine Stadt wird von einem Kraftwerk mit elektrischer Energie versorgt. Der Wirkungsgrad der beiden Transformatoren in den Umspannwerken (am Kraftwerk und vor der Stadt) ist jeweils mit 92% angenommen. Der Spannungsabfall an der Fernleitung zwischen den Umspannwerken beträgt 100 V. Die Fernleitung hat einen Gesamtwiderstand von  $10\ \Omega$ .
- Welche elektrische Leistung erhält die Stadt, wenn das Kraftwerk 250 MW abgibt (in Watt)?
  - Welcher prozentuale Unterschied ergibt sich, wenn die Verluste in der Leitung unberücksichtigt bleiben?
  - Welchen Gesamtwirkungsgrad hat der Energietransport vom Kraftwerk bis zur Stadt?