



## **Lösungsvorschlag**

### **Aufbengruppe A** **Aufbengruppe B**

#### **Anmerkungen zur Korrektur:**

**Die Bewertung erfolgt durch die jeweilige Lehrkraft in eigener pädagogischer Verantwortung (Art. 52 BayEUG).**

- Die Korrektur erfolgt nach eigenem Lösungsmuster entsprechend dem gehaltenen Unterricht. Die beiliegende Lösung stellt einen Vorschlag dar.
- Die Verteilung der Punkte soll in der den Schülern bekannten Art und Weise erfolgen. Dabei ist es nicht erforderlich, dass die vier gewählten Aufgaben gleich gewichtet werden.
- Der Notenschlüssel soll linear sein.
- Bei Diagrammen sind Maßstab, Genauigkeit und richtige Achsenwahl zu bewerten. Zeitlicher Aufwand und Sauberkeit bei der Diagrammerstellung sollten angemessen berücksichtigt werden. Bei Angabe von Ergebnissen sind Abweichungen im Rahmen der Zeichengenauigkeit zulässig.
- Informationen, die der Formelsammlung entnommen wurden, sollen im Allgemeinen nicht bewertet werden, es sei denn, die Zuordnung entsprechender Informationen zu einer Aufgabenstellung ist eine für die Bewertung relevante Eigenleistung.
- Zu jeder Aufgabe ist eine Zuordnung zu den Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss angegeben. Da für jede Aufgabe Fachwissen erforderlich ist, werden nur die Kompetenzbereiche **E**: Erkenntnisgewinnung, **K**: Kommunikation, **B**: Bewertung ausgewiesen.

<b><u>Matrix</u></b>	<b>Anforderungsbereich</b>			
	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	
<b>Kompetenzbereich</b>	<b>Fachwissen</b>	<p><i>Wissen wiedergeben</i></p> <p>Fakten und einfache physikalische Sachverhalte reproduzieren.</p>	<p><i>Wissen anwenden</i></p> <p>Physikalisches Wissen in einfachen Kontexten anwenden, einfache Sachverhalte identifizieren und nutzen, Analogien benennen.</p>	<p><i>Wissen transferieren und verknüpfen</i></p> <p>Wissen auf teilweise unbekannte Kontexte anwenden, geeignete Sachverhalte auswählen.</p>
	<b>Erkenntnisgewinnung</b>	<p><i>Fachmethoden beschreiben</i></p> <p>Physikalische Arbeitsweisen, insb. experimentelle, nachvollziehen bzw. beschreiben.</p>	<p><i>Fachmethoden nutzen</i></p> <p>Strategien zur Lösung von Aufgaben nutzen, einfache Experimente planen und durchführen, Wissen nach Anleitung erschließen.</p>	<p><i>Fachmethoden problembezogen auswählen und anwenden</i></p> <p>Unterschiedliche Fachmethoden, auch einfaches Experimentieren und Mathematisieren, kombiniert und zielgerichtet auswählen und einsetzen, Wissen selbstständig erwerben.</p>
	<b>Kommunikation</b>	<p><i>Mit vorgegebenen Darstellungsformen arbeiten</i></p> <p>Einfache Sachverhalte in Wort und Schrift oder einer anderen vorgegebenen Form unter Anleitung darstellen, sachbezogene Fragen stellen.</p>	<p><i>Geeignete Darstellungsformen nutzen</i></p> <p>Sachverhalte fachsprachlich und strukturiert darstellen, auf Beiträge anderer sachgerecht eingehen, Aussagen sachlich begründen.</p>	<p><i>Darstellungsformen selbständig auswählen und nutzen</i></p> <p>Darstellungsformen sach- und adressatengerecht auswählen, anwenden und reflektieren, auf angemessenem Niveau begrenzte Themen diskutieren.</p>
	<b>Bewertung</b>	<p><i>Vorgegebene Bewertungen nachvollziehen</i></p> <p>Auswirkungen physikalischer Erkenntnisse benennen, einfache, auch technische Kontexte aus physikalischer Sicht erläutern.</p>	<p><i>Vorgegebene Bewertungen beurteilen und kommentieren</i></p> <p>Den Aspektcharakter physikalischer Betrachtungen aufzeigen, zwischen physikalischen und anderen Komponenten einer Bewertung unterscheiden.</p>	<p><i>Eigene Bewertungen vornehmen</i></p> <p>Die Bedeutung physikalischer Kenntnisse beurteilen, physikalische Erkenntnisse als Basis für die Bewertung eines Sachverhalts nutzen, Phänomene in einen physikalischen Kontext einordnen.</p>

# Abschlussprüfung 2019

## an den Realschulen in Bayern



Lösungsvorschlag

### Physik

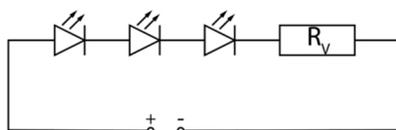
Haupttermin

Elektrizitätslehre I

A1

#### Lösungen entsprechend dem Unterricht

1.1.1



K

1.1.2

- Bei einer Reihenschaltung teilt sich die Gesamtspannung der Spannungsversorgung auf die Einzelwiderstände auf.
- Ohne Vorwiderstand würde somit an jeder der drei baugleichen LEDs eine Spannung von 5,3 V anliegen.
- Diese Spannung liegt deutlich über der Nennspannung (2,0 V) der LEDs und würde zu einer Beschädigung der LEDs führen.
- An einem geeigneten Vorwiderstand fällt so viel Spannung ab, dass an den LEDs die Nennspannung anliegt.

K

1.1.3

$$I = \frac{P_{LED}}{U_{LED}}$$

$$I = \frac{0,040 \text{ W}}{2,0 \text{ V}}$$

$$I = 0,020 \text{ A}$$

E

$$U_V = U_{ges} - 3 \cdot U_{LED}$$

$$U_V = 16 \text{ V} - 3 \cdot 2,0 \text{ V}$$

$$U_V = 10 \text{ V}$$

$$R_V = \frac{U_V}{I}$$

$$R_V = \frac{10 \text{ V}}{0,020 \text{ A}}$$

$$R_V = 0,50 \text{ k}\Omega$$

1.1.4

$$P_{nutz} = 3 \cdot P_{LED}$$

$$P_{nutz} = 3 \cdot 0,040 \text{ W}$$

$$P_{nutz} = 0,12 \text{ W}$$

E

$$P_{zu} = U_{ges} \cdot I$$

$$P_{zu} = 16 \text{ V} \cdot 0,020 \text{ A}$$

$$P_{zu} = 0,32 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_{nutz}}{P_{zu}}$$

$$\eta = \frac{0,12 \text{ W}}{0,32 \text{ W}}$$

$$\eta = 0,38$$

1.1.5

- An der Kontaktfläche zwischen n- und p-dotierten Halbleitern rekombinieren die freien Elektronen aus der n-dotierten Schicht mit den Elektronenfehlstellen (Defektelektronen, Löchern) aus der p-dotierten Schicht.
- Die Dichte der frei beweglichen Ladungsträger wird dadurch in der Grenzschicht geringer (Ausbildung einer ladungsträgerarmen Zone).

K

1.2.1

$$R \sim \ell$$

K

1.2.2

aus dem Diagramm entnommene Werte, z. B.:  $\ell = 40 \text{ cm}$ ;  $R = 1,2 \Omega$

E

$$A = \frac{\rho \cdot \ell}{R}$$

$$A = \frac{0,50 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot 0,40 \text{ m}}{1,2 \Omega}$$

$$A = 0,17 \text{ mm}^2$$

1.2.3

- Bei doppeltem Durchmesser ist die Querschnittsfläche ( $A = \pi \cdot r^2$ ) des zweiten Drahtes viermal so groß.
- Wegen der indirekten Proportionalität von R und A beträgt der Wert des Widerstandes (bei gleicher Länge) nur noch ein Viertel des ursprünglichen Widerstandswertes.

K  
E

# Abschlussprüfung 2019

## an den Realschulen in Bayern



Lösungsvorschlag

### Physik

Haupttermin

Elektrizitätslehre II

A2

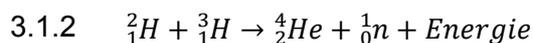
#### Lösungen entsprechend dem Unterricht

- |       |   |        |
|-------|---|--------|
| 2.1.1 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwingt die Saite, so ändert sich das Magnetfeld im Weicheisenkern und in der ihn umgebenden Spule zeitlich.</li> <li>• In der Folge wird zwischen den Anschlüssen der Spule eine Spannung induziert.</li> </ul>  | K      |
| 2.1.2 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die in Geräten (z. B. Elektromotoren, Leuchtstoffröhren oder Computernetzgeräten) enthaltenen, von Wechselstrom (Haushaltsstromkreis: <math>f = 50 \text{ Hz}</math>) durchflossenen Spulen erzeugen ein sich zeitlich änderndes Magnetfeld im Raum.</li> <li>• Dieses Magnetfeld durchsetzt die Spule des Tonabnehmers und induziert dort eine Wechselspannung mit der gleichen Frequenz.</li> <li>• Die entstehenden Ströme werden im Verstärker in akustische Signale umgewandelt und führen am Lautsprecher zu sogenanntem „Netzbrummen“.</li> </ul> | K<br>E |
| 2.2.1 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erwärmung der Spulendrähte bei Stromfluss (ohmscher Widerstand)</li> <li>• Erwärmung des Weicheisenkerns durch Wirbelströme</li> <li>• Erwärmung des Weicheisenkerns durch ständiges Ummagnetisieren</li> <li>• Auftreten von magnetischen Streufeldern</li> </ul>   |        |
| 2.2.2 | $P_p = \frac{P_s}{\eta} \qquad P_p = \frac{380 \text{ kW}}{0,95} \qquad P_p = 0,40 \text{ MW}$  | E      |
|       | $I_p = \frac{P_p}{U_p} \qquad I_p = \frac{0,40 \text{ MW}}{10 \text{ kV}} \qquad I_p = 40 \text{ A}$  |        |
| 2.2.3 | $R_{SW} = \frac{U_{SW}}{I_{SW}} \qquad R_{SW} = \frac{230 \text{ V}}{4,4 \text{ A}} \qquad R_{SW} = 52 \Omega$  | E      |
|       | $R_{ges} = R_{SW} + R_{Kabel} \qquad R_{ges} = 52 \Omega + 3,0 \Omega \qquad R_{ges} = 55 \Omega$   |        |
|       | $I = \frac{U_{ges}}{R_{ges}} \qquad I = \frac{230 \text{ V}}{55 \Omega} \qquad I = 4,2 \text{ A}$   |        |
| 2.2.4 | $P_{th} = R_{Kabel} \cdot I^2 \qquad P_{th} = 3,0 \Omega \cdot (4,2 \text{ A})^2 \qquad P_{th} = 53 \text{ W}$  | E      |



**Lösungen entsprechend dem Unterricht**

3.1.1 Der Deuterium-Atomkern enthält ein Neutron weniger als der Tritium-Atomkern.



K

- 3.1.3
- Damit die Kernfusion stattfindet, müssen die beiden Kerne so nah zusammen kommen, dass die zur Verschmelzung notwendigen kurzreichweitigen, anziehenden Kernkräfte wirken können.
  - Da die Atomkerne positiv geladen sind, wirken zwischen den Kernen abstoßende elektrische Kräfte, deren Reichweite größer ist als die der Kernkräfte.
  - Erst bei extrem hohen Temperaturen besitzen die Kerne ausreichend kinetische Energie, um einen hinreichend kleinen Abstand zu erlangen, damit die anziehenden Kernkräfte die elektrisch abstoßenden Kräfte überwiegen.

K

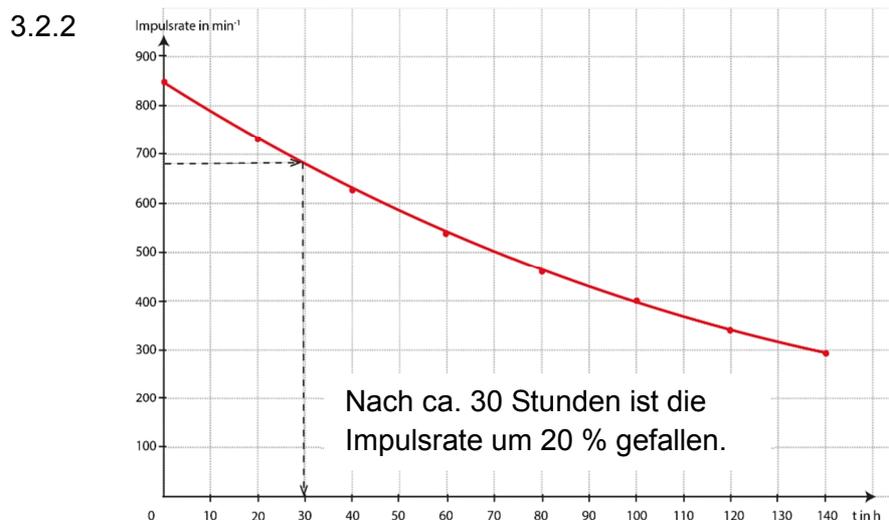
- 3.1.4
- $\alpha$ -Strahlung besteht aus (positiv geladenen) Heliumkernen, die jeweils aus zwei Protonen und zwei Neutronen zusammengesetzt sind.
  - Da ein Tritiumkern aus einem Proton und zwei Neutronen besteht, kann er kein  $\alpha$ -Teilchen ( $\alpha$ -Strahlung) aussenden.

K

- 3.1.5
- Im Atomkern wandelt sich ein Neutron in ein Proton und in ein Elektron um.
  - Das Proton verbleibt im Atomkern. Das Elektron verlässt den Kern mit hoher kinetischer Energie.

3.2.1 Unter dem Nulleffekt versteht man die Impulsrate, die bei Abwesenheit der eigentlich zu messenden Strahlung auftritt.

K



K

3.2.3 
$$A(t) = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

$$A(14 d) = 850 \text{ min}^{-1} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{14 d}{3,8 d}} \quad A(14 d) = 66 \text{ min}^{-1}$$

E

# Abschlussprüfung 2019

## an den Realschulen in Bayern



Lösungsvorschlag

**Physik**

Haupttermin

Energie

A4

**Lösungen entsprechend dem Unterricht**

4.1  $m = \rho \cdot V$   $m = 1,0 \frac{kg}{dm^3} \cdot 140,0 dm \cdot 80,0 dm \cdot 15,0 dm$   $m = 1,7 \cdot 10^5 kg$  **E**

$W_{th} = c \cdot m \cdot \Delta\vartheta$   $W_{th} = 4,18 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \cdot 1,7 \cdot 10^5 kg \cdot 2,0 ^\circ C$   $W_{th} = 1,4 GJ$

$W_{el} = \frac{W_{th}}{\eta}$   $W_{el} = \frac{1,4 GJ}{0,88}$   $W_{el} = 1,6 GJ$

$W_{el} = 1,6 \cdot 10^3 MJ \cdot \frac{1 h}{3600 s}$   $W_{el} = 0,44 MWh$

$K = 4,4 \cdot 10^2 kWh \cdot 0,28 \frac{\text{€}}{kWh}$   $K = 1,2 \cdot 10^2 \text{€}$

4.2  $m_{CO_2} = 4,4 \cdot 10^2 \frac{kWh}{d} \cdot 138 d \cdot 0,56 \frac{kg}{kWh}$   $m_{CO_2} = 34 t$  **E**

$n = \frac{34 t}{2,0 t}$   $n = 17$  **B**

Die CO<sub>2</sub>-Emission durch das Heizen des Wassers ist 17-mal so hoch wie die durchschnittliche Emission eines Mittelklassewagens.

4.3  $W_{zu} = \frac{W_{th}}{\eta}$   $W_{zu} = \frac{0,39 MWh}{0,55}$   $W_{zu} = 0,71 MWh$  **E**

$A = \frac{0,71 \cdot 10^3 kWh}{6,8 h \cdot 1,0 \frac{kW}{m^2}}$   $A = 1,0 \cdot 10^2 m^2$

4.4 Die bei der Bereitstellung von elektrischem Strom anfallende Abwärme wird nicht an die Umgebung abgegeben (entwertet), sondern z. B. für Heizzwecke oder Bereitstellung von warmem Wasser genutzt. **K**

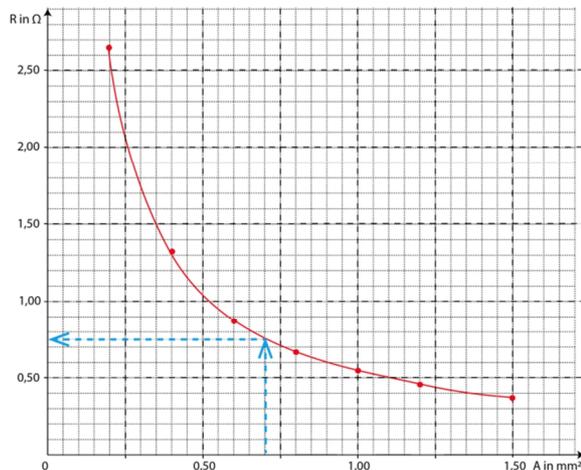
4.5 Der Energieerhaltungssatz gilt nur im abgeschlossenen System. Bei der Wärmepumpe wird der Umgebung Wärme entnommen. Zusätzlich wird durch die Wärmepumpe Energie entwertet. Beides müsste im abgeschlossenen System mitbetrachtet werden. **K**

Bei der Berechnung des „Wirkungsgrades“ ist die aus der Umgebung entnommene Wärme nicht berücksichtigt. **B**



### Lösungen entsprechend dem Unterricht

1.1.1  
1.1.2



Aus dem Diagramm:

- 1.1.1 Form des Graphen  
Vermutung:  
Hyperbelast, also indirekte  
Proportionalität
- 1.1.2 Bei einer Querschnittsfläche  
von  $0,70 \text{ mm}^2$  beträgt der  
Widerstand etwa  $0,75 \Omega$ .

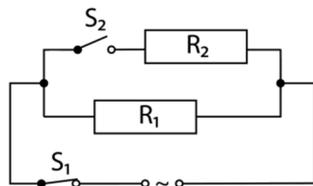
K  
E

1.1.3  $\rho = \frac{R \cdot A}{\ell}$        $\rho = \frac{2,70 \Omega \cdot 0,25 \text{ mm}^2}{25 \text{ m}}$        $\rho = 0,027 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$

E

Der Draht könnte aus Aluminium bestehen.

1.2.1



K

1.2.2  $\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$        $\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{1,7 \text{ k}\Omega} + \frac{1}{3,0 \text{ k}\Omega}$        $R_{ges} = 1,1 \text{ k}\Omega$

E

$I_{max} = \frac{U}{R_{ges}}$        $I_{max} = \frac{230 \text{ V}}{1,1 \text{ k}\Omega}$        $I_{max} = 0,21 \text{ A}$

$P_{max} = U \cdot I_{max}$        $P_{max} = 230 \text{ V} \cdot 0,21 \text{ A}$        $P_{max} = 48 \text{ W}$

1.2.3  $P_{Fön} = U \cdot I$        $P_{Fön} = 230 \text{ V} \cdot 8,0 \text{ A}$        $P_{Fön} = 1,8 \text{ kW}$

E

$P_{ges} = 48 \text{ W} + 1,8 \text{ kW} + 600 \text{ W}$        $P_{ges} = 2,4 \text{ kW}$

$I = \frac{P_{ges}}{U}$        $I = \frac{2,4 \text{ kW}}{230 \text{ V}}$        $I = 10 \text{ A}$

Die 16 A-Sicherung löst nicht aus.

# Abschlussprüfung 2019

an den Realschulen in Bayern



Lösungsvorschlag

Physik

Haupttermin

Elektrizitätslehre II

B2

## Lösungen entsprechend dem Unterricht

2.1.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Magnetfeld durchsetzt den Aluminiumbügel teilweise.</li> <li>• Beim Ein-/Austritt des Aluminiums in das/aus dem Magnetfeld ändert sich das den Bügel durchsetzende Magnetfeld in diesen Bereichen.</li> <li>• Dadurch werden in der Aluplatte Wirbelströme induziert.</li> <li>• Diese sind nach der Regel von Lenz so gerichtet, dass ihr Magnetfeld der Ursache entgegenwirkt.</li> <li>• Die Schwingungen werden gedämpft.</li> </ul>	<b>K</b>
2.1.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stärkeres Magnetfeld               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ stärkerer Magnet</li> <li>○ geringerer Abstand der Magnetpole</li> </ul> </li> <li>• dickere Aluminiumplatte</li> </ul>	<b>K</b>
2.2.1	$P_{\text{nutz}} = \eta_1 \cdot P_{\text{zu}} \quad P_{\text{nutz}} = 0,98 \cdot 49 \text{ MW} \quad P_{\text{nutz}} = 48 \text{ MW}$ $I = \frac{P_{\text{nutz}}}{U} \quad I = \frac{48 \text{ MW}}{110 \text{ kV}} \quad I = 0,44 \text{ kA}$	<b>E</b>
2.2.2	$R = \rho \cdot \frac{\ell}{A} \quad R = 0,017 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \cdot \frac{2 \cdot 22 \cdot 10^3 \text{ m}}{(4,5 \text{ mm})^2 \cdot \pi} \quad R = 12 \Omega$ $P_{\text{th}} = R \cdot I^2 \quad P_{\text{th}} = 12 \Omega \cdot (0,44 \text{ kA})^2 \quad P_{\text{th}} = 2,3 \text{ MW}$	<b>E</b>
2.2.3	$P_{2. \text{ Trafo}} = 48 \text{ MW} - 2,3 \text{ MW} \quad P_{2. \text{ Trafo}} = 46 \text{ MW}$ $P_{\text{nutz}} = \eta_2 \cdot P_{\text{zu}} \quad P_{\text{nutz}} = 0,96 \cdot 46 \text{ MW} \quad P_{\text{nutz}} = 44 \text{ MW}$	<b>E</b>
2.2.4	$\eta_{\text{ges}} = \frac{P_{\text{nutz}}}{P_{\text{zu}}} \quad \eta_{\text{ges}} = \frac{44 \text{ MW}}{49 \text{ MW}} \quad \eta_{\text{ges}} = 0,90$	<b>E</b>

# Abschlussprüfung 2019

an den Realschulen in Bayern



Lösungsvorschlag

Physik

Haupttermin

Atom- und Kernphysik

B3

## Lösungen entsprechend dem Unterricht

- 3.1.1
- Lebende Organismen nehmen über den Stoffwechsel auch das radioaktive Kohlenstoffisotop C-14 auf.
  - Durch Aufnahme und Zerfall von C-14 stellt sich ein Gleichgewichtszustand ein, sodass dessen Konzentration im lebenden Organismus nahezu konstant bleibt.
  - Stirbt der Organismus, so wird die Aufnahme von C-14 gestoppt.
  - Die C-14-Kerne zerfallen im Laufe der Zeit.
  - Aufgrund des anteiligen C-14-Gehalts der Probe im Vergleich zu lebenden Organismen kann mithilfe der Halbwertszeit und des Zerfallsgesetzes das Alter der Probe bestimmt werden.
- 3.1.2
- Das Alter der Bronzenägel kann nicht bestimmt werden, da diese aus Metall bestehen. Für eine Altersbestimmung mit der C-14-Methode wird jedoch organisches Material benötigt.
- 3.1.3
- $$t = T \cdot \log_{0,5} \frac{A(t)}{A_0} \quad t = 5730 \text{ a} \cdot \log_{0,5} 0,027 \quad t = 30 \cdot 10^3 \text{ a}$$
- 3.2.1
- $${}_{94}^{239}\text{Pu} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{94}^{240}\text{Pu}$$
- $${}_{94}^{240}\text{Pu} \rightarrow {}_{38}^{94}\text{Sr} + {}_{56}^{144}\text{Ba} + 2 \cdot {}_0^1\text{n} + \text{Energie}$$
- 3.2.2
- Um die Kettenreaktion zu beenden, werden die Steuer- bzw. Regelstäbe vollständig zwischen die Brennstäbe eingefahren.
  - Diese absorbieren freie Neutronen.
  - Dadurch stehen immer weniger freie Neutronen für Kernspaltungen zur Verfügung.
  - Der Reaktor fährt herunter.
- 3.3.1
- Unter dem Nulleffekt versteht man die Impulsrate, die bei Abwesenheit der eigentlich zu messenden Strahlung auftritt.
  - Sie ist im Wesentlichen auf ständig vorhandene natürliche (terrestrische und kosmische Strahlung) und/oder künstliche Strahlenquellen zurückzuführen.
- 3.3.2
- Eine ca. 5 mm dicke Aluminiumplatte zwischen Bauteil und Geiger-Müller-Zählrohr absorbiert  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlung.  $\gamma$ -Strahlung wird nicht absorbiert.
  - Schickt man die Strahlung senkrecht zu den Feldlinien durch ein homogenes Magnetfeld, so wird die  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlung gemäß der UVW-Regel in entgegengesetzte Richtungen abgelenkt,  $\gamma$ -Strahlung wird im Magnetfeld nicht abgelenkt.

In beiden Fällen erhält man mit dem Geiger-Müller-Zählrohr eine Impulsrate, die deutlich über dem Nulleffekt liegt, wenn  $\gamma$ -Strahlung ausgesendet wird.

# Abschlussprüfung 2019

an den Realschulen in Bayern



Lösungsvorschlag

Physik

Haupttermin

Energie

B4

## Lösungen entsprechend dem Unterricht

4.1 Benötigte elektrische Energie des Kühlschranks:

$$E_{el} = P_{el} \cdot t \qquad E_{el} = 130 \text{ W} \cdot 14 \text{ d} \cdot 20 \frac{\text{h}}{\text{d}} \qquad E_{el} = 36 \text{ kWh}$$

Kosten Elektrobetrieb:  $K_{el} = 36 \text{ kWh} \cdot 0,45 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \qquad K_{el} = 16 \text{ €}$

4.2 Benötigte Energie des Kühlschranks im Gasbetrieb:

$$E_{Gas} = P_{Gas} \cdot t \qquad E_{Gas} = 470 \text{ W} \cdot 14 \text{ d} \cdot 20 \frac{\text{h}}{\text{d}} \cdot 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} \qquad E_{Gas} = 0,47 \text{ GJ}$$

Benötigte Masse:  $m_{Gas} = \frac{0,47 \cdot 10^3 \text{ MJ}}{93 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}} \qquad m_{Gas} = 5,1 \text{ kg}$

4.3 Kosten Gasbetrieb:  $K_{Gas} = 5,1 \text{ kg} \cdot 1,45 \frac{\text{€}}{\text{kg}} \qquad K_{Gas} = 7,4 \text{ €}$

Der Gasbetrieb ist deutlich günstiger als der Elektrobetrieb.

4.4 Nutzleistung eines Photovoltaikelements:

$$P_{PV} = 0,16 \cdot 1,0 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} \cdot 0,53 \text{ m}^2 \qquad P_{PV} = 85 \text{ W}$$

Elektrische Energie, die durch ein Photovoltaikelement bereitgestellt wird:

$$E_{PV} = P_{PV} \cdot t \qquad E_{PV} = 85 \text{ W} \cdot 7,0 \text{ h} \qquad E_{PV} = 0,60 \text{ kWh}$$

Anzahl  $n$  der benötigten Photovoltaikelemente:

$$n = \frac{2,6 \text{ kWh}}{0,60 \text{ kWh}} \qquad n = 4,3$$

Es sind fünf Photovoltaikelemente notwendig.

- 4.5
- CO<sub>2</sub>-neutraler Betrieb
  - unabhängig von Ladestationen
  - keine laufenden Kosten für elektrische Energie

E

E

E  
B

E  
K