

Aufgabe 1

Infolge der Berichte über den Klimawandel steigt das Interesse der Schülerinnen und Schüler an der Meteorologie. An einer Schule in Karlsruhe plant eine Wetter-AG eine eigene Wetterstation. Um die Messgeräte vor ungewollten Einflüssen zu schützen, sind diese im sogenannten Wetterhäuschen untergebracht. Die komplette Anlage besteht aus einem Ständer und einem Kasten. Sie ist fest im Boden verankert. Abbildung 1 zeigt eine vereinfachte Darstellung der geplanten Anlage mit den relevanten Maßen. Die Wetterstation muss auch starken Windböen standhalten. Dabei treten seitliche horizontale Kräfte auf, die mit einer Punktlast von 130 N gleichgesetzt werden können, die im obersten Punkt des Ständers angreift. Das Thermometerhäuschen und der Ständer haben zusammen eine Masse von 10 kg. (Ortsfaktor $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$).

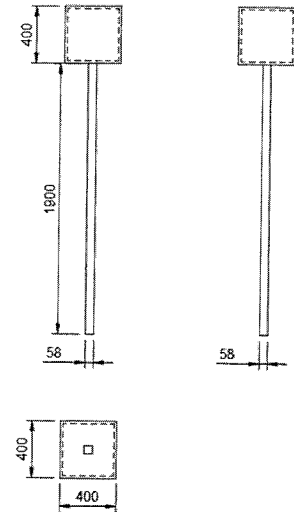


Abbildung 1: Dreitafelbild der Wetterstation

- | | |
|--|------|
| a) Zeichnen Sie einen Freischnitt dieses Systems. | 3 VP |
| b) Ermitteln Sie die statische Bestimmtheit des Systems. | 2 VP |
| c) Berechnen Sie für diesen Fall die Lagerreaktionen. | 3 VP |

Als Material für den Ständer ist Fichtenholz ($E = 10 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$) geplant.

- | | |
|--|------|
| d) Bestimmen Sie mit Hilfe von M1 und M2 die maximale Auslenkung des Ständers bei der gegebenen Kraft. | 2 VP |
| e) Beurteilen Sie aus statischer Sicht den Einsatz eines Rundrohres aus Stahl mit einem Außendurchmesser von 4 cm und einer Wandstärke von 2 mm anstelle des Holzbalkens als Ständer (siehe M1 und M2).
(E-Modul Stahl: $210 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$) | 4 VP |

14 VP

Aufgabe 2

Zur Messung der Globalstrahlung wird eine kleine Solarzelle genutzt. (Die Globalstrahlung ist die am Boden von einer horizontalen Ebene empfangene Sonnenstrahlung. Die Globalstrahlung hat die Einheit $1 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$.)

- | | |
|--|------|
| a) Bestimmen Sie aus dem Kennliniendiagramm eines Solarmoduls (siehe M3) die Leerlaufspannung und die Kurzschlussstromstärke bei maximaler Beleuchtungsstärke und schätzen Sie die Leistung am Maximum Power Point (MPP) ab. | 3 VP |
|--|------|

Um Rückschluss auf die Globalstrahlung ziehen zu können, wollen die Schülerinnen und Schüler die an der Solarzelle anliegende elektrische Spannung in Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke messen. Sie stellen fest, dass unterschiedliche Beleuchtungsstärken zu kaum unterscheidbaren elektrischen Spannungen führen. Erst als die Schülerinnen und Schüler, wie in Material M4 gezeigt, einen Kohleschichtwiderstand zur Solarzelle parallelschalten und belasten, funktioniert auch dies, und sie erhalten die in Material M4 qualitativ dargestellte Messkurve.

- b) Erläutern Sie das Phänomen, dass in diesem Fall die elektrische Spannung proportional zur Beleuchtungsstärke ist. 3 VP
- c) Entwickeln Sie eine Vorgehensweise, um aus Messdaten die tägliche Globalstrahlung zu ermitteln. Die Messdaten werden durch Messung mit einer Messapparatur, wie in Material M4 dargestellt, gewonnen. 4 VP

Die Wetterstation soll über eine Inselanlage mit Energie versorgt werden. Ein $50 \times 60 \text{ cm}^2$ großes Solarmodul mit einem Wirkungsgrad von 15 % speist dabei die Energie über einen Laderegler in einen 12 V-Bleiakku mit einer Kapazität von 36 Ah ein, der nicht über die Hälfte hinaus entladen werden soll. Im Mittel beträgt die Leistungsaufnahme der gesamten Wetterstation 0,8 W. Beim Ladevorgang treten 10 % Verlust auf. Die meteorologischen Daten können Sie Material M5 entnehmen. Die Inselanlage soll zudem drei Tage mit schlechtem Wetter überbrücken können.

- d) Überprüfen Sie, ob die Inselanlage ausreichend dimensioniert ist. 5 VP
- 15 VP**

Aufgabe 3

Zum Instandhalten der Wetterstation wird aus Sicherheitsgründen ein Schutzhelm benötigt. Aufgrund des Klimawandels steigt in Deutschland die Anzahl der Hitzetage mit einer Temperatur von mehr als 30°C . Deshalb würde sich die Wetter-AG gerne einen Schutzhelm mit eingebautem Ventilator kaufen.

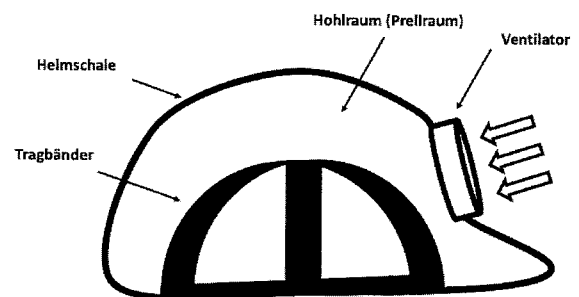


Abbildung 2: Skizze des Schutzhelms

Allerdings muss man bei diesen Schutzhelmen den Ventilator immer von Hand einschalten. Es wird daher beschlossen, einen Schutzhelm umzubauen und mit einer Temperatur-Regelung zu versehen.

In diesem Schutzhelm ist ein Messwertaufnehmer (MWA) eingebaut, mit dem die Temperatur unter dem Helm bestimmt werden kann. Der MWA besitzt drei Anschlüsse. Am Signalausgang liegt ein elektrisches Potential in Abhängigkeit der Temperatur an. Der Zusammenhang ist in der Kennlinie in Material M6 dargestellt.

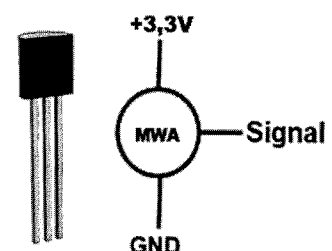


Abbildung 3: Messwertaufnehmer

Der Schutzhelm soll über eine rote LED (siehe Material M6) sowie über einen Ventilator verfügen und folgende Funktion erfüllen:

- Bei einer Temperatur ab 30 °C soll sich der Ventilator drehen,
- Bei einer Temperatur größer als 50 °C soll zusätzlich die rote LED leuchten, um vor einem drohenden Hitzschlag zu warnen.

Die zugehörige Schaltung soll mit Hilfe von Operationsverstärkern realisiert werden. Die Energieversorgung erfolgt mit einem Lithium-Ionen-Akku (3,3 V). Der Ventilator darf als Blackbox-Aktor angenommen werden.

- a) Zeichnen Sie den Schaltplan einer Schaltung, die die Anforderungen erfüllt. (Hinweis: Planen Sie, wo nötig, eine geeignete Schutzeinrichtung für die verwendeten Bauteile mit ein.) 5 VP
- b) Bestimmen Sie die Widerstandswerte aller benötigten Widerstände und ordnen Sie diese Werte den Widerständen in Ihrem Schaltplan zu. 3 VP
- 8 VP

Aufgabe 4

Die Temperaturregelung in Aufgabe 3 wird mit Hilfe eines Zweipunktreglers realisiert. Ein Nachteil dieser Regelung ist, dass es in bestimmten Bereichen zu sehr vielen Schaltvorgängen kommen kann. Abhilfe schafft die Verwendung eines Zweipunktreglers mit Hysterese oder eines P-Reglers.

- a) Skizzieren Sie qualitativ für einen Zweipunktregler mit Hysterese den zeitlichen Verlauf des Stellwertes und des Istwertes bei einem konstanten Sollwert von 40 °C. Gehen Sie davon aus, dass Sie zum Zeitpunkt $t = 0 \text{ s}$ mit dem Schutzhelm ins Freie treten, wo er von der Sonne beschienen und der Hohlraum dadurch zusätzlich erhitzt wird. 4 VP
- b) Erläutern Sie grundlegende Vor- und Nachteile des P-Reglers gegenüber dem Zweipunkt-Regler mit Hysterese an einer PT1-Strecke. Gehen Sie dabei auch auf die Auswirkung der Hysteresebreite ein. 5 VP
- 9 VP

Aufgabe 5

Um für den Schutzhelm einen P-Regler zu realisieren, bietet sich die Verwendung eines Mikrocontrollers an. Hierzu muss zunächst der Istwert, also die aktuelle Temperatur bestimmt werden. Aus der Kennlinie ist ersichtlich, dass am Messwertaufnehmer zwischen Signal und Ground eine Ausgangsspannung zwischen 0 V und 1 V anliegt. Der Messbereich des Mikrocontrollers, den Sie verwenden wollen, liegt zwischen 0 V und 5 V. Um die Messgenauigkeit zu erhöhen, wird die Ausgangsspannung des Messwertaufnehmers um den Faktor drei verstärkt.

- a) Zeichnen Sie hierfür den Schaltplan mit einer geeigneten Verstärkerschaltung. Dimensionieren Sie die Schaltung, so dass sie die genannten Anforderungen erfüllt. (Hinweis: Da der Mikrocontroller in dieser Schaltung die Funktion eines Spannungsmessgeräts hat, können Sie als Schaltzeichen des Mikrocontrollers das Schaltzeichen eines Voltmeters verwenden.) 4 VP
 - b) Erläutern Sie den Aufbau und die Funktion einer nicht invertierenden Verstärkerschaltung. 4 VP
- 8 VP**

Aufgabe 6

Bewerten Sie nach den Grundregeln der Gestaltung das Produkt „Umgebauter Schutzhelm mit Temperaturregelung durch eingebauten Lüfter“. Gehen Sie davon aus, dass der unversehrte Originalschutzhelm zum Arbeitsschutz zugelassen ist und die gesetzlichen Vorgaben erfüllt.

6 VP
6 VP

M1: Gleichung der elastischen Biegelinie

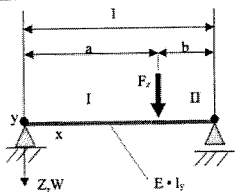
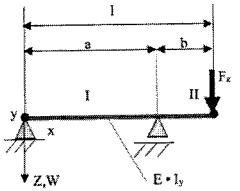
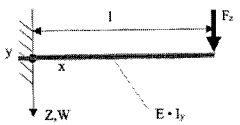
Gleichung der elastischen Biegelinie

Für die Gleichungen $w(x)$ der elastischen Biegelinie gilt:

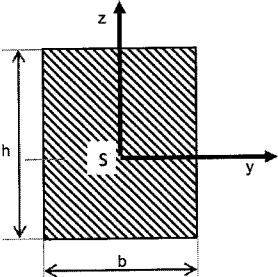
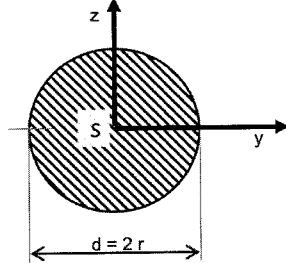
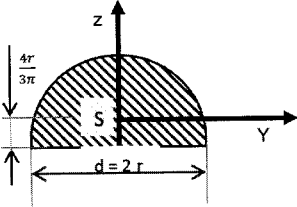
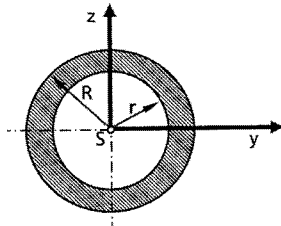
$$w''(x) = - \frac{M_{by}(x)}{E \cdot I_y(x)}$$

und: $I_y(x) = \text{const.}$

Hiermit erhält man:

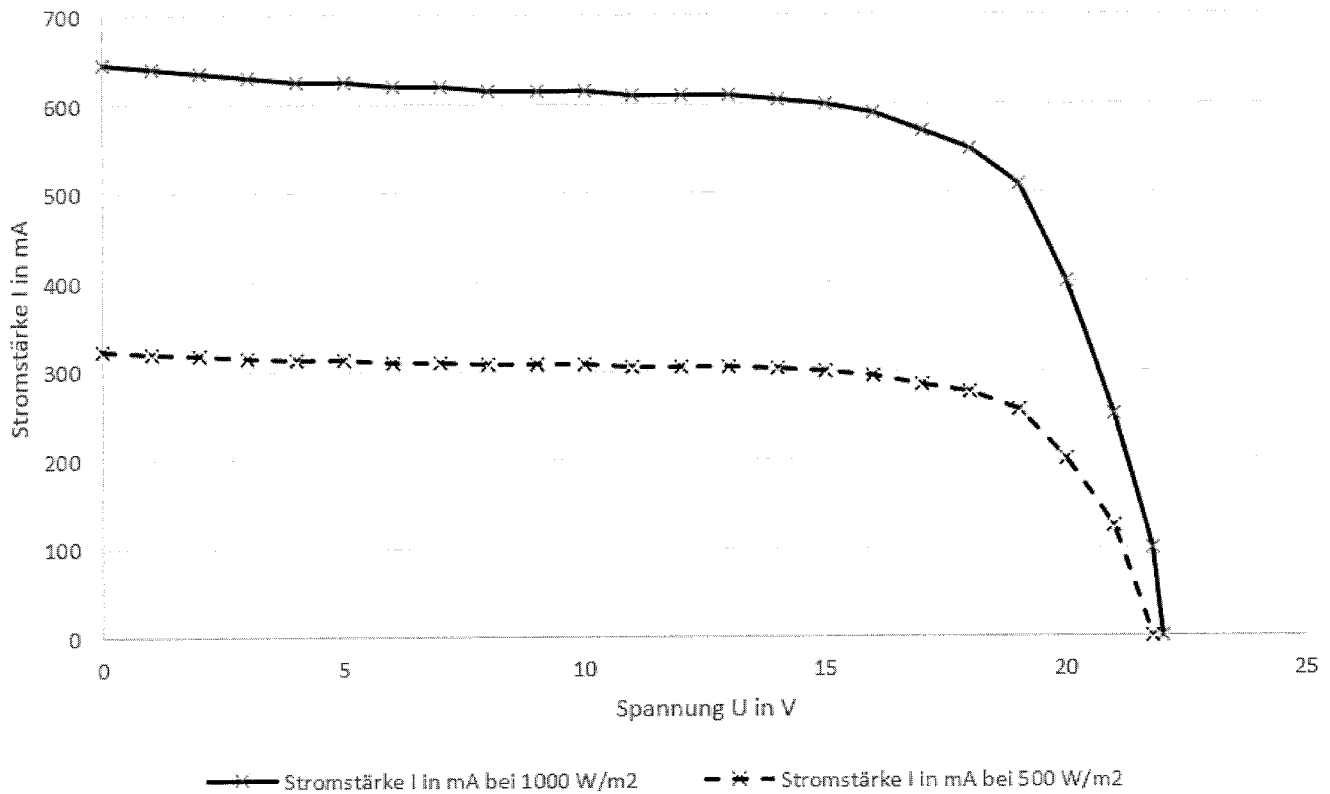
System	Gleichung der elastischen Linie $w(x)$	$w_{\max}$
	$w_I = \frac{F_z \cdot l^3}{6 E \cdot I_y} \left(2 \frac{a \cdot x}{l^2} - 3 \frac{a^2 \cdot x}{l^3} + \frac{a^3 \cdot x}{l^4} + \frac{a \cdot x^3}{l^4} - \frac{x^3}{l^3} \right)$ $w_{II} = \frac{F_z \cdot l^3}{6 E \cdot I_y} \left(-\frac{a^3}{l^3} + 2 \frac{a \cdot x}{l^2} + \frac{a^3 \cdot x}{l^4} - \frac{a \cdot x^2}{l^3} + \frac{a \cdot x^3}{l^4} \right)$	$w(a) = \frac{F_z \cdot a^2 \cdot b^2}{3 E \cdot I_y \cdot l}$ $a > b$ $w_{I,\max} \text{ bei } x = \sqrt{\frac{2a}{3l} - \frac{a^2}{3l^2}}$ $a < b$ $w_{II,\max} \text{ bei } x = l - \sqrt{\frac{l}{3} - \frac{a^2}{3l^2}}$
	$w_I = \frac{F_z \cdot l^3}{6 E \cdot I_y} \left(\frac{a \cdot x}{l^2} - \frac{a^2 \cdot x}{l^3} - \frac{x^3}{a \cdot l^2} + \frac{x^3}{l^3} \right)$ $w_{II} = \frac{F_z \cdot l^3}{6 E \cdot I_y} \left(\frac{a^2}{l^2} - 4 \frac{a \cdot x}{l^2} + \frac{a^2 \cdot x}{l^3} + 3 \frac{x^2}{l^2} - \frac{x^3}{l^3} \right)$	$w_{I,\max} = \frac{\sqrt{3} \cdot F_z \cdot a^2 \cdot b}{27 E \cdot I_y}$ $w_{II,\max} = \frac{F_z \cdot l \cdot b^2}{3 E \cdot I_y}$
	$w = \frac{F_z \cdot l^3}{6 E \cdot I_y} \left(3 \frac{x^2}{l^2} - \frac{x^3}{l^3} \right)$	$w_{\max} = \frac{F_z \cdot l^3}{3 E \cdot I_y}$

M2: Axiale Flächen- und Widerstandsmomente

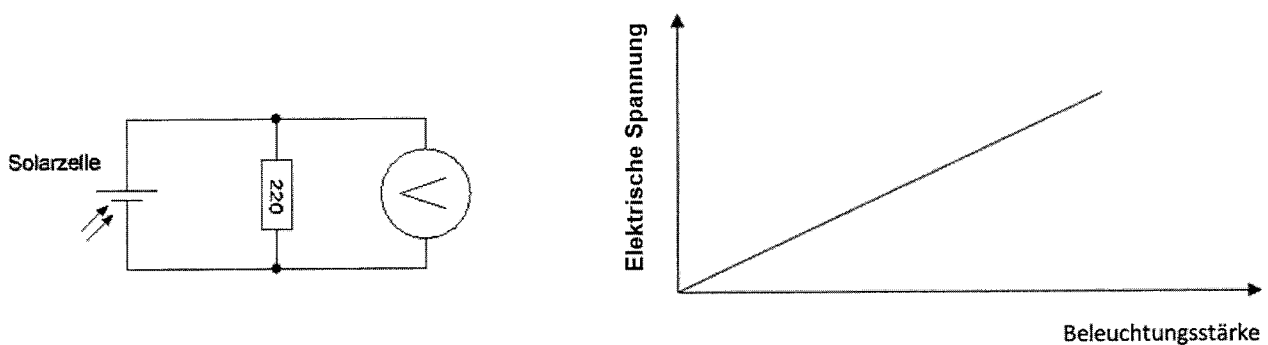
Axiale Flächen- und Widerstandsmomente	Axiale Flächenmomente 2. Grades und Widerstandsmomente werden berechnet mit:	
Rechteck 	$I_y = \frac{b h^3}{12} = A \frac{h^2}{12}$ $I_z = \frac{h b^3}{12} = A \frac{b^2}{12}$	$W_y = \frac{b h^2}{6} = A \frac{h}{6}$ $W_z = \frac{h b^2}{6} = A \frac{b}{6}$
Kreis 	$I_y = I_z = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi r^4}{4} = \frac{A r^2}{4}$	$W_y = W_z = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi r^3}{4} = \frac{A r}{4}$
Halbkreis 	$I_y = \left(\frac{\pi}{8} - \frac{8}{9\pi} \right) r^4$ $I_z = \frac{\pi r^4}{8} = \frac{A r^2}{4}$	$W_y = 0,1902 r^3$ $W_z = \frac{\pi r^3}{8} = \frac{A r}{4}$
Kreisring 	$I_y = I_z = \frac{\pi}{4} (R^4 - r^4)$	$W_y = W_z = \frac{\pi}{4} \frac{(R^4 - r^4)}{R}$

M3: Kennliniendiagramm Solarmodul

Kennliniendiagramm eines Solarmoduls
bei 500 W/m^2 und bei 1000 W/m^2

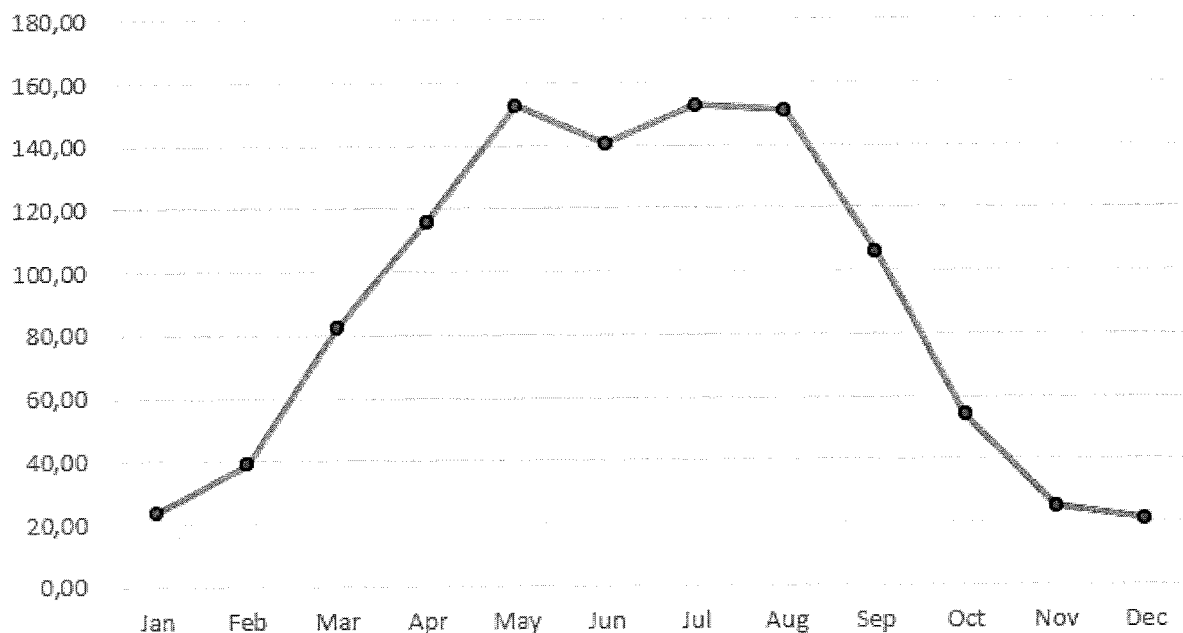


M4: Beschaltung Solarzelle für Messung und Messkurve (qualitativ)

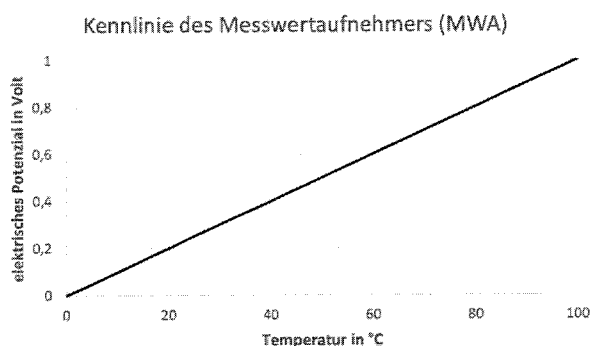


M5: Globalstrahlung

Summe der Globalstrahlung in Karlsruhe in kWh/m² als
Monatsmittel über die Jahre 2010 - 2016
Datenbasis: Europäische Kommission



M6: Kennlinie Messwertaufnehmer und Datenblatt LEDs



Datentabelle zur Verfügung stehender LEDs			
LED-Farbe	LED-Stromfluss	LED-Spannung	typ. Lichtstärke mcd
Blau	30 mA	3,3 Volt	800
Gelb	20 mA	2,3 Volt	18
Grün	20 mA	2,1 Volt	18
Rot	10 mA	2,0 Volt	4,5
Weiß	20 mA	3,6 Volt	2000