

Aufgabe 1

Ein wichtiger Baustein der Energiewende sind Windkraftanlagen. Neben Fragen der Effizienz sind auch Sicherheit und Haltbarkeit Gründe dafür, dass mit verschiedensten Methoden versucht wird, diese zu optimieren. Zum Einsatz kommen dabei u.a. Messeinrichtungen und Modelle.

Eine solche Messvorrichtung besteht aus einer Stütze aus Baustahl, an welcher eine Platte und eine Fahne fest angebracht sind. Die Stütze ist fest in einen drehbaren Sockel eingelassen, so kann sich die Platte mithilfe einer 90 cm langen Fahne nach dem Wind ausrichten, wie in Abbildung 1 dargestellt.

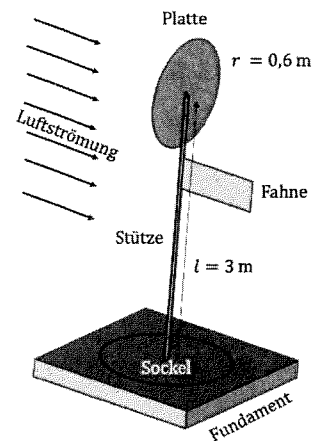


Abbildung 1: Messvorrichtung

Das Verhalten der Vorrichtung soll bei unterschiedlichen Windstärken

untersucht werden. Es wird eine vom Winddruck verursachte Gesamtkraft als Punktlast mit 300 N senkrecht auf die Plattenmitte angenommen.

Der Schwerpunkt des auf dem Sockel sitzenden Aufbaus (Stütze, Platte und Fahne, $m = 60 \text{ kg}$) liegt in 2 m Höhe mit einem Abstand von 5 cm hinter der Stützenachse innerhalb der Fahne.

- a) Zeichnen Sie für diese Windbedingungen einen bemaßten Freischnitt des Aufbaus und berechnen Sie die Lagerreaktionen.

(Ortsfaktor $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$)

6 VP

- b) Berechnen Sie die maximale Durchbiegung der Stütze, welche ein Sechseckprofil mit Kantenlänge 2,5 cm hat. Der Einfluss der Gewichtskraft darf vernachlässigt werden. (siehe Material M1 und M2)

3 VP

Die maximale mechanische Spannung tritt am Fuß des Bauteils auf und beträgt 97 MPa.

- c) Untersuchen Sie die Einhaltung der Sicherheitsfaktoren 2 gegen plastische Verformung und 2,5 gegen Bruch (siehe Material M3).
- d) Nennen Sie zwei Maßnahmen zur Erhöhung der Belastbarkeit.

3 VP

1 VP

13 VP

Aufgabe 2

Mit einem Dehnungsmesstreifen (DMS), den man auf eine Oberfläche klebt (siehe Abb. 2), kann deren Zugbelastung gemessen werden.

Der elektrische Widerstand ($R_{unbelastet} = 1 \text{ k}\Omega$) ändert sich dabei proportional mit der Längenänderung.

Die Widerstandszunahme soll nicht über 8Ω liegen.

- a) Ermitteln Sie die maximale relative Längenänderung und den Wert der dabei herrschenden mechanischen Spannung für Baustahl.
(siehe Material M3 und M4)

3 VP

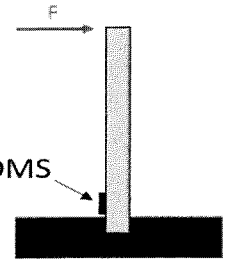


Abbildung 2: Aufbau mit Dehnungsmesstreifen

Die Widerstandsänderungen des Dehnungsmesstreifens werden in einer Messbrücke erfasst und mit einer Differenzverstärkerschaltung für die Messung durch einen Mikrocontroller (Messbereich: $0 - 5 \text{ V}$) verstärkt. (siehe Abb. 3)

- b) Bestimmen Sie die im Schaltplan eingetragene elektrische Spannung U_{mess} bei der maximalen Widerstandsänderung.
- c) Bewerten Sie die Vorschläge (siehe Abb. 3) für den Wert des Widerstands R_1 .

3 VP

4 VP

10 VP

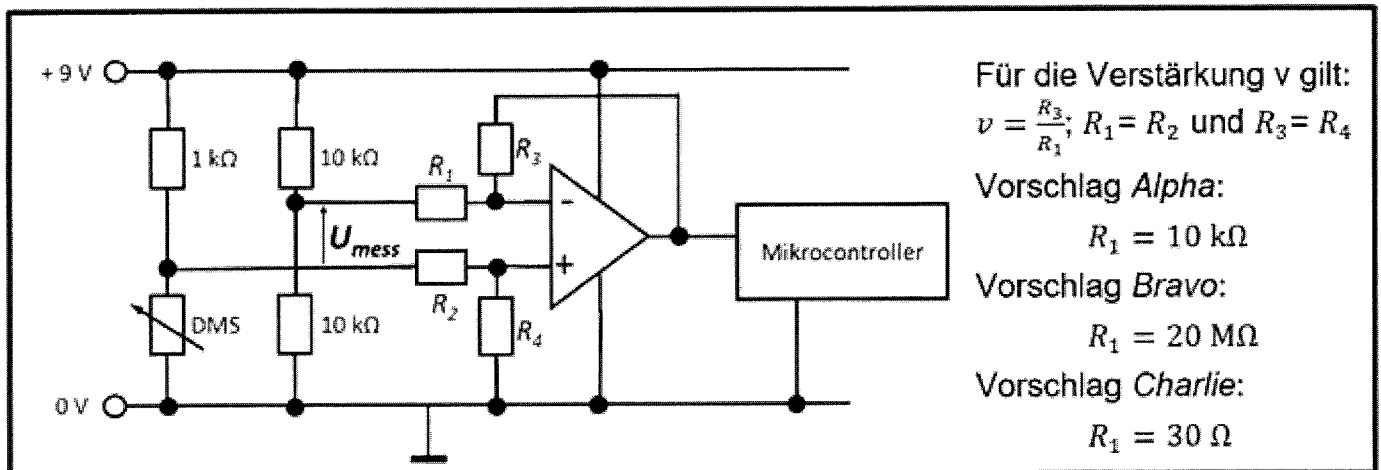


Abbildung 3: Schaltplan Verstärkerschaltung, Formel Verstärkung, Vorschläge für R_1

Aufgabe 3

Die durch den Winddruck verursachte mechanische Spannung in der Stütze soll einen bestimmten Wert erreichen.

Für eine Regelung mit DMS-Messwerterfassung und Mikrocontroller kann die Fahne durch einen Getriebemotor um die Stützenachse gedreht werden. So soll die Platte in einen bestimmten Winkel zur Windrichtung gestellt werden.

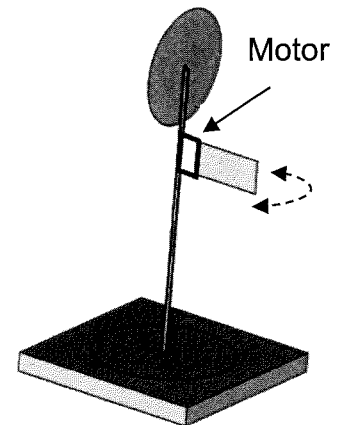


Abbildung 3:
Messvorrichtung mit Motor

- a) Skizzieren Sie für den Drehwinkel des Motors die Sprungantwort und benennen Sie die Regelstrecke. 2 VP
- b) Beurteilen Sie für die angestrebte Regelung den Einsatz eines Zweipunktreglers und ermitteln Sie eine sinnvolle Alternative. 4 VP

Da die Stellung der Fahne den Winkelbereich $0 - 90^\circ$ nicht verlassen soll, ist es erforderlich, Informationen über die Position zu bekommen.

- c) Entwickeln Sie eine technische Möglichkeit, um dies umzusetzen. 3 VP
 - d) Entwerfen Sie einen Programmablaufplan für die gesamte Regelung. 4 VP
- 13 VP**

Aufgabe 4

Neben den großen Windparks gewinnen kleinere Windkraftanlagen immer mehr an Bedeutung. Dabei sind unterschiedliche Modelle auf dem Markt. Die in Abbildung 4 gezeigte Anlage besteht aus einem Rotor ($d = 1,5 \text{ m}$) und Generator sowie einem Laderegler mit den in Material M5 dargestellten Kennlinien.

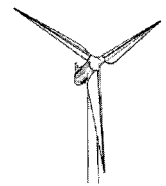


Abbildung 4:
Windkraftanlage

- a) Ermitteln Sie den Wirkungsgrad bei maximaler Leistungsabgabe. 4 VP

Bei modernen Windkraftanlagen mit starren Flügeln sind die Rotoren so konstruiert, dass es ab einer gewissen Windgeschwindigkeit durch Turbulenzen zum Abbremsen des Rotors kommt.

- b) Begründen Sie die Notwendigkeit dieser Maßnahme. 2 VP

Das Windrad soll elektrische Energie per Direkteinspeisung für einen Haushalt liefern und eine Reserve für mindestens 3 Tage beinhalten. Der Haushalt benötigt pro Tag 3 kWh.

- c) Bestimmen Sie Ladestrom und Ladedauer für einen 24 V-Akku bei einer dauernden Windgeschwindigkeit von $8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, wenn es keinen Verbrauch gäbe. 3 VP

„Wenn wir den 50 kWh-Akku des E-Autos als Speicher verwenden, brauchen wir gar keinen weiteren Akku mehr!“

- d) Nehmen Sie kritisch zu dieser Behauptung Stellung. 4 VP
13 VP

Aufgabe 5

Im Bereich der Stromerzeugung durch Haushalte sind Photovoltaik-Anlagen weit verbreitet und inzwischen bei Neubauten vom Gesetzgeber vorgeschrieben. Aber auch Kleinwindanlagen erfreuen sich immer größerer Beliebtheit.

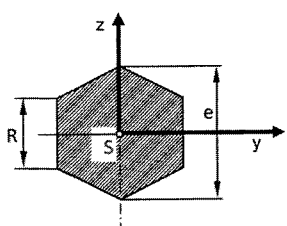
Deshalb gibt es Überlegungen, die Pflicht zum Anbringen einer Photovoltaikanlage dann auszusetzen, wenn der Hauseigner stattdessen eine Windkraftanlage errichtet.

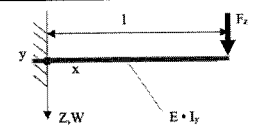
- a) Ermitteln Sie Interessen, Ziele und Mittel der in M6 benannten Akteure.
(Material M7 kann dabei eine Hilfe sein.) 6 VP
- b) Nennen Sie 4 weitere mögliche Akteure. 2 VP
- c) Zeigen Sie die Rolle der Prinzipien Verantwortung und Gerechtigkeit in einer technikethischen Fallanalyse auf. 3 VP
11 VP

Material M1: Tabelle Materialkonstanten Baustahl

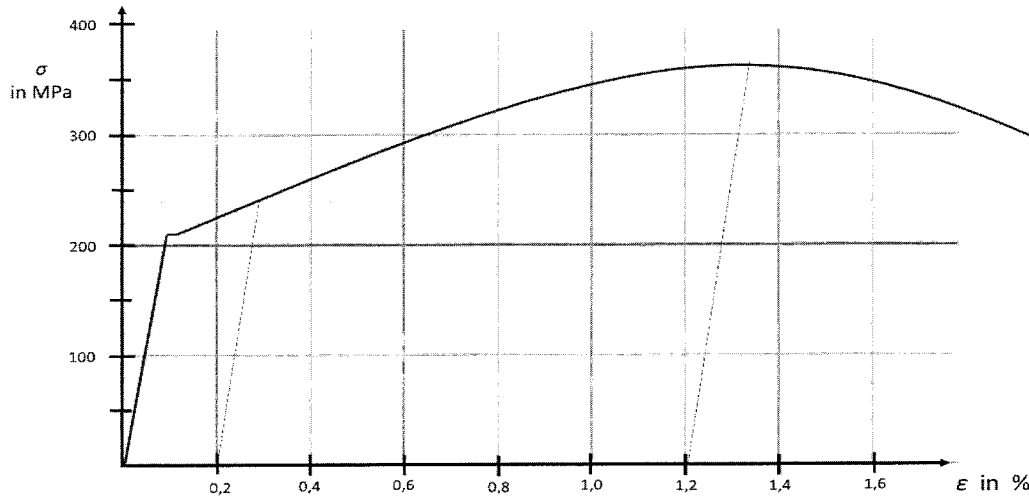
Dichte ρ	$7,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
Spez. Wärmekapazität c_p	$0,45 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$
Wärmeleitfähigkeit λ	$60 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$
E-Modul	210 GPa
Spezifischer Widerstand ϱ	$0,12 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
Wärmespeicherzahl	$3611 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3 \cdot \text{K}}$

Material M2: Technische Mechanik – Formeln

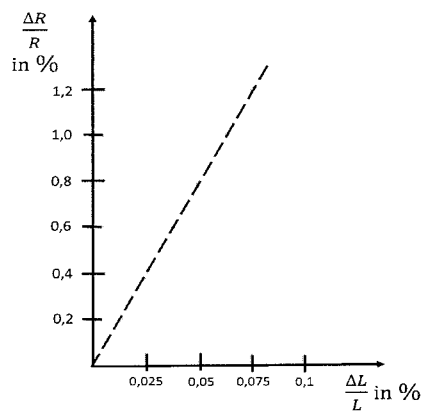
Axiale Flächen- und Widerstandsmomente	Axiale Flächenmomente 2. Grades und Widerstandsmomente werden berechnet mit:	
Sechseck 	$I_y = I_z = \frac{5\sqrt{3}}{16} R^4 = \frac{5\sqrt{3}}{256} e^4$	$W_y = \frac{5\sqrt{3}}{16} R^3 = \frac{5\sqrt{3}}{128} e^3$ $W_z = \frac{5}{8} R^3 = \frac{5}{64} e^3$

System	Gleichung der elastischen Linie $w(x)$	w_{max}
	$w = \frac{F_z \cdot l^3}{6 E \cdot I_y} \left(3 \frac{x^2}{l^2} - \frac{x^3}{l^3} \right)$	$w_{max} = \frac{F_z \cdot l^3}{3 E \cdot I_y}$

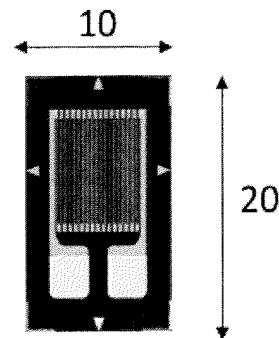
Material M3: Spannungs-Dehnungs-Diagramm



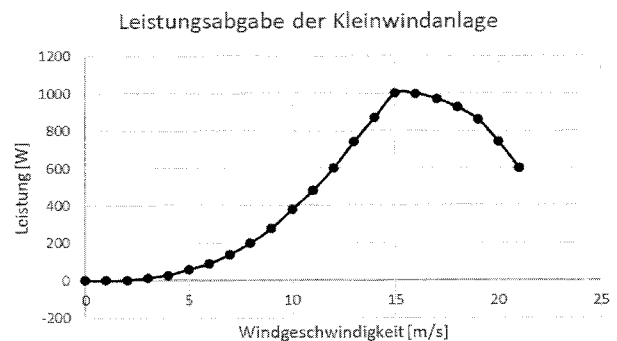
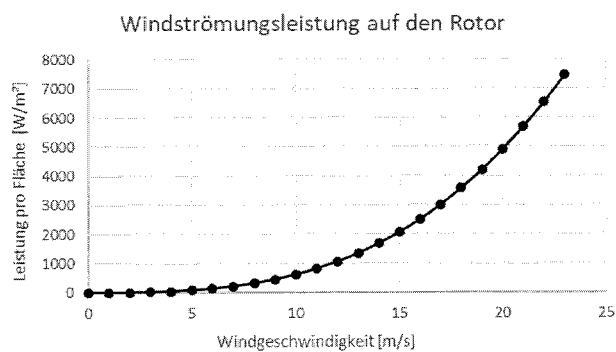
Material M4: Dehnungsmessstreifen DMS – Tabelle, Schematische Darstellung



Dicke:
1mm



Material M5: Kenndaten einer Anlage mit 1000 W Nennleistung



Material M6: Positionen verschiedener Akteure

Hauseigner: „Mir hat der Gedanke, meinen eigenen Strom zu erzeugen, schon immer gefallen. Für mich ist wichtig, dass ich Tag und Nacht Strom beziehen kann, und das zu einem anständigen Preis. Gerade Kleinwindanlagen sind da bezahlbar, der Installationsaufwand ist überschaubar. Zudem können sie auch in der dunkleren Jahreszeit den Energiebedarf decken. Letztlich legen meine Familie und ich auch auf Nachhaltigkeit wert.“

Netzbetreiber: „Wir sind ein zukunftsorientiertes Unternehmen und unterstützen Windkraftanlagen, da diese im Energiemix eine wichtige Rolle spielen, und vergüten so erzeugten Strom zu einem fairen Preis. Dass die schwankenden Erträge Probleme mit sich bringen, ist zwar offensichtlich, aber technisch lässt sich da vieles lösen – das hängt natürlich von der Nutzung ab. Wir setzen aber vermehrt auf größere Anlagen, da diese wegen der höheren Erträge für uns interessanter sind. Als Ergänzung zu Photovoltaik sind aber sicherlich alle Arten von Windkraftanlagen sinnvoll, um dem Ziel ‚grüner Strom‘ näher zu kommen!“

Windradvertreiber: „Wir glauben an die Zukunft der Stromerzeugung mit Windkraftanlagen und konnten bei mehreren Messeauftritten und in Kundengesprächen überzeugen. Als Insellösung hat sie sich ja bereits bewährt! Da bei der Anlagentechnik und den Speichermöglichkeiten in den letzten Jahren enorme Fortschritte gemacht wurden, ist inzwischen auch die Versorgung ganzer Haushalte rein mit Windkraft möglich! Die Technik ist erprobt und zuverlässig. Wir hoffen zukünftig noch viele Anlagen errichten zu können, denn Wind weht immer!“

Material M7: Technikwerte

Funktionsfähigkeit

Brauchbarkeit, Machbarkeit
Wirksamkeit
Perfektion

- Einfachheit
- Robustheit
- Genauigkeit
- Zuverlässigkeit
- Lebensdauer

Technische Effizienz

- Wirkungsgrad
- Stoffausnutzung
- Produktivität

Gesundheit

Körperliches Wohlbefinden
Psychisches Wohlbefinden
Steigerung der Lebenserwartung
Minimierung von unmittelbaren und mittelbaren gesundheitlichen Belastungen

- in der Berufsarbeit
- in der privaten Lebensführung
- durch umweltbelastende Produkte und Produktionsprozesse

Wirtschaftlichkeit

Kostenminimierung
Gewinnmaximierung
Unternehmenssicherung
Unternehmenswachstum

Wohlstand

Bedarfsdeckung
quant. / qual. Wachstum
Internationale Konkurrenzfähigkeit
Vollbeschäftigung
Verteilungsgerechtigkeit

Umweltqualität

Landschaftsschutz
Artenschutz
Ressourcenschonung
Minimierung von Emissionen, Immissionen und Deponaten

Persönlichkeitsentfaltung und

Gesellschaftsqualität

Handlungsfreiheit
Informations- und Meinungsfreiheit
Kreativität
Privatheit und informationelle Selbstbestimmung
Beteiligungschancen
Soziale Kontakte und soziale Anerkennung
Solidarität und Kooperation
Kulturelle Identität
Minimalkonsens
Ordnung, Stabilität und Regelmäßigkeit
Transparenz und Öffentlichkeit
Gerechtigkeit

Sicherheit

Körperliche Unversehrtheit
Lebenserhaltung des Einzelnen / der Menschheit
Minimierung des Risikos (Schadensumfang und Eintrittswahrscheinlichkeit)

- des Betriebsrisikos
- des Versagensrisikos
- des Missbrauchsrisikos