

**Beispielaufgabensatz**

**Abiturprüfung**

**Naturwissenschaft und Technik**

überarbeitete Version vom 11. Dezember 2019

# Inhalt

Hinweise zum Abitur	S. 3
Aufgabe I	S. 4
Aufgabe II	S. 13
Lösungshinweise zu Aufgabe I	S. 22
Lösungshinweise zu Aufgabe II	S. 30

---

**Abiturprüfung an den allgemein bildenden Gymnasien**

---

**Beispielaufgabensatz**

**Prüfungsfach:**           **Naturwissenschaft und Technik**

**Bearbeitungszeit:**   **270** Minuten (einschließlich 30 Minuten Auswahlzeit)

**Hilfsmittel:**           Nachschlagewerke zur deutschen Rechtschreibung

Der im jeweiligen Kurs eingeführte wissenschaftliche Taschenrechner (WTR) ohne mitgeliefertes Handbuch bzw. Faltblattanleitung. Hierzu sind die Ausführungen in der Anlage des Erlasses des Kultusministeriums vom 26.02.2014 (Az.: 37/45-6624.03-P/234) zu beachten.

Vor Prüfungsbeginn ist sicherzustellen, dass alle Speicherinhalte auf den wissenschaftlichen Taschenrechnern der Schülerinnen und Schüler gelöscht sind.

Die „Merkhilfe“, die im Internet zu finden ist unter:

[https://km-bw.de/site/pbs-bw-new/get/documents/KULTUS.Dachmandant/KULTUS/KM-Homepage/Artikelseiten KP-KM/Schularten/Gymnasium/2021\\_Merkhilfe\\_Mathematik-Abitur\\_2021.pdf](https://km-bw.de/site/pbs-bw-new/get/documents/KULTUS.Dachmandant/KULTUS/KM-Homepage/Artikelseiten KP-KM/Schularten/Gymnasium/2021_Merkhilfe_Mathematik-Abitur_2021.pdf)

**Hinweise:**           Sie erhalten zwei Aufgaben: Aufgabe I und Aufgabe II. Aus diesen beiden Aufgaben wählen Sie eine Aufgabe aus, die Sie dann bearbeiten.

Verwenden Sie für die Reinschrift und den Entwurf je Aufgabenteil **einen neuen** Bogen.

Vermerken Sie auf **jedem Bogen** die Nummer der bearbeiteten Aufgabe.

Sie sind verpflichtet, die Ihnen vorgelegten Aufgaben auf ihre Vollständigkeit (Anzahl der Blätter, Anlagen usw.) zu überprüfen.

Lösungen auf den **Aufgabenblättern** werden **nicht** gewertet.

## Aufgabe I

### 1. Technische Mechanik und Produktentwicklung

Die baden-württembergische Firma ScoolScoot möchte einen Elektro-Scooter auf den Markt bringen. Dieser soll in allen Belangen höchsten Ansprüchen gerecht werden. Er soll für ein Gewicht von 150 kg zugelassen sein und eine Gesamtlänge von 90,0 cm haben. Um eine hohe Flexibilität beim Transport zu erreichen, soll er zusammenklappbar sein.

- a) Bei der Dimensionierung des Trittbretts wird der Vorschlag gemacht, eine Aluminiumplatte mit den Maßen 700 mm x 100 mm x 20 mm einzubauen. **(5 VP)**
- Stellen Sie rechnerisch dar, dass das Flächenträgheitsmoment  $I$   $66,7 \cdot 10^3 \text{ mm}^4$  beträgt.
  - Berechnen Sie die maximale Durchbiegung unter folgenden Annahmen:
    - Auftretende dynamische Kräfte beim Fahren müssen durch eine Verdopplung der maximalen Traglast berücksichtigt werden.
    - Zur Vereinfachung sei das Trittbrett als einfacher Träger mit einer in der Mitte angreifenden Punktlast dargestellt (siehe **Abb. 1**).

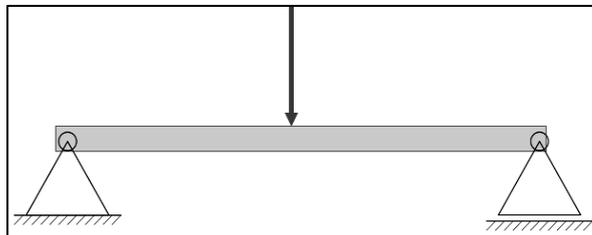


Abbildung 1: Vereinfachte Darstellung des Trittbretts als Träger

## Aufgabe I

b) In einem zweiten Entwurf entscheidet man sich bei der Konstruktion des Trittbretts anstelle des Rechteck-Vollprofils für ein nach unten geöffnetes U-Profil (siehe **Abb. 2**). Dies reduziert die Durchbiegung des Profils auf ein Zehntel. **(5 VP)**

- Erklären Sie diesen Effekt.
- Begründen Sie die nach unten geöffnete Ausrichtung des U-Profils im Vergleich zum Rechteck-Vollprofil.

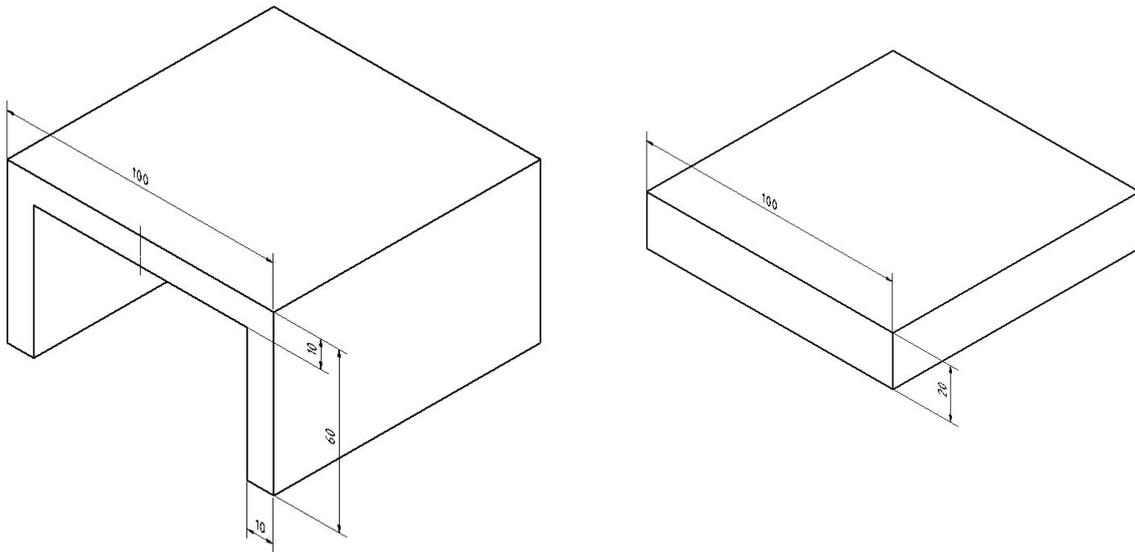


Abbildung 2: Profilvarianten für das Trittbrett

## Aufgabe I

Trittfläche, Gabel und Lenker bestehen aus Aluminium. In einem Zugversuch wurde der Werkstoff überprüft und Kennwerte aufgenommen (siehe **Abb. 3**).

- c) Beschreiben Sie das in Abbildung 3 dargestellte Verhalten des Werkstoffs in den unterschiedlichen Bereichen. **(4 VP)**

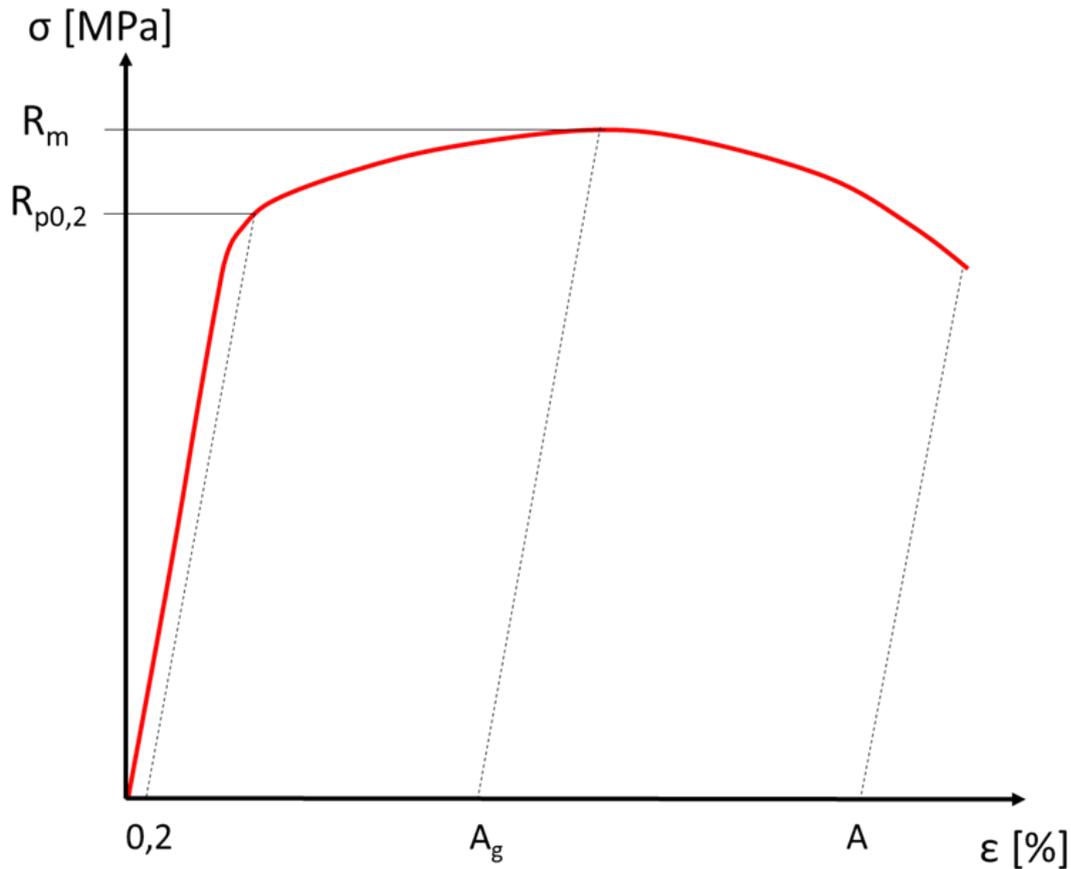


Abbildung 3: Spannungs-Dehnungs-Diagramm von Aluminium

Durch die hohen mechanischen Kräfte, die auf den Klappmechanismus mit Arretierung wirken, wird diesem eine besondere Aufmerksamkeit während der Produktentwicklung gewidmet.

- d) Nennen Sie die Grundregeln der Gestaltung und die daraus resultierenden Anforderungen an den Klappmechanismus aus Anwendersicht. **(3 VP)**
- e) Beschreiben Sie Einsatzmöglichkeiten von CAD-Programmen bei der Produktentstehung. **(3 VP)**

## Aufgabe I

### 2. Antrieb, Energie und Regelung

Der E-Scooter soll eine erwachsene Person auf eine maximale Geschwindigkeit von 20 km/h beschleunigen können. Dazu muss der Antrieb und die Energieversorgung passend entwickelt und die Maximalgeschwindigkeit exakt gehalten werden. Für einen gehobenen Fahrkomfort wird ein Lufttrad mit 20 cm Durchmesser verwendet.

- a) Der Hersteller hat einen bürstenlosen Gleichstrommotor in Form eines Nabenmotors mit Planetengetriebe entwickelt und das Rad mit einem luftgefüllten Reifen ausgestattet (siehe **Abb. 4**).

Beschreiben Sie, wie die Vorderrad-Komponenten den E-Scooter antreiben. Gehen Sie dabei auch auf die Aspekte Drehmoment und Drehzahl ein. **(5 VP)**

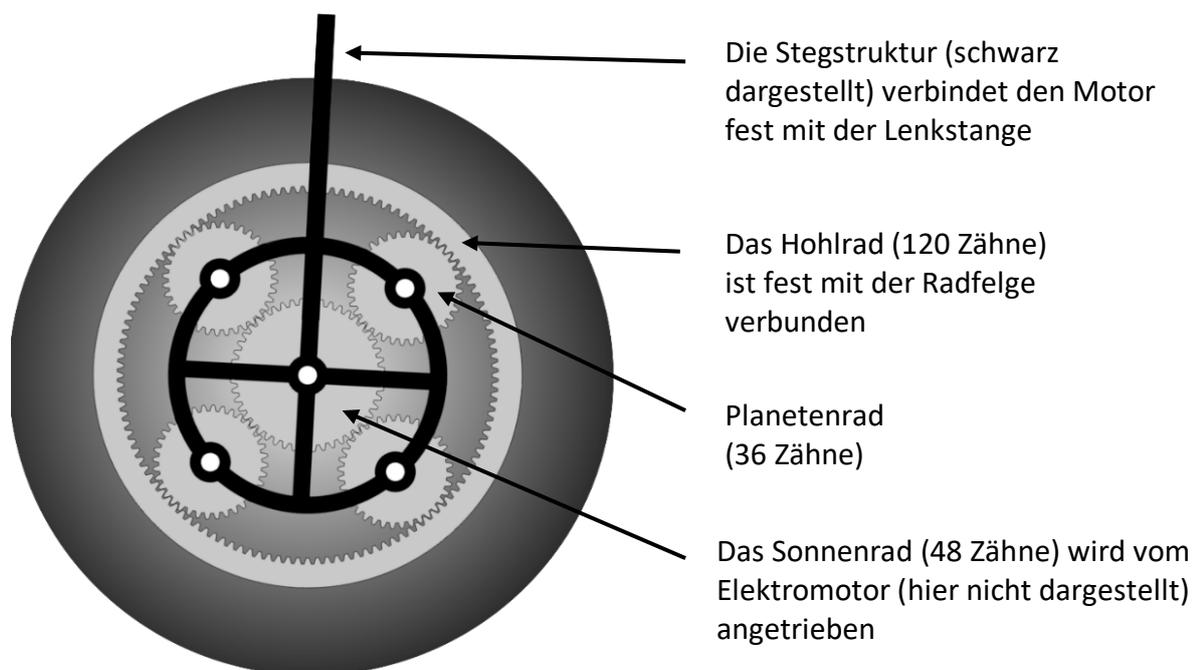


Abbildung 4: Wesentliche Komponenten des Vorderrads

## Aufgabe I

Für den Antrieb des E-Scooters wird ein Motor des Typs SYM-36-202N genutzt (Kenndaten siehe **Abb. 5**). Die Energieversorgung soll über einen modernen Lithium-Polymer-Akku, welchen es in den Ausführungen 24V, 36V und 48V gibt, realisiert werden.

- b) Erstellen Sie die  $n(M)$ -Kennlinien des Motors und begründen Sie anhand dieser, welchen Akku Sie für ihren E-Scooter empfehlen. **(7 VP)**
- c) Schätzen Sie die benötigte Kapazität des Akkus ab. **(2 VP)**

Datenblatt: Motor Typ SYM-36-202N	
Leerlaufdrehzahl bei 48V	2064
Nenn-drehzahl	1900
Nennmoment	4,3 Nm
max. Wirkungsgrad	85%
Drehzahlkonstante	$43 \frac{1}{\text{min} \cdot \text{V}}$
Kennliniensteigung	$38 \frac{1}{\text{min} \cdot \text{Nm}}$

**Abbildung 5: Kenndaten des verwendeten Elektromotors**

- d) Handelsübliche E-Scooter verfügen über einen Tempomat. Dieser beschleunigt ihn auf eine bestimmte Geschwindigkeit und hält diese dann bei. Mit einem Mikrocontroller soll dies nun für oben beschriebenen Scooter und seine Höchstgeschwindigkeit von 20 km/h realisiert werden. Als Sensor für die Geschwindigkeitsmessung steht ein Reed-Kontakt zur Verfügung. **(6 VP)**
- I. Entwickeln Sie einen möglichen Programmablaufplan für eine 2-Punkt-Regelung.
  - II. In der Praxis kommen 2-Punkt-Regler für einen solchen Zweck nicht zum Einsatz.  
Wählen Sie einen passenden stetigen Regler aus und begründen Sie ihre Wahl.

## Aufgabe I

### 3. Forschen und Technikethik

Als potentieller Käufer eines E-Scooters ist die Angabe der maximalen Reichweite ein zentrales Kaufkriterium. Für eine spätere gute Bewertung eines E-Scooters sollte diese Angabe unbedingt mit den realen Werten übereinstimmen.

Sie werden beauftragt, die Angaben zur maximalen Reichweite der am Markt befindlichen E-Scooter mit einer Studie zu überprüfen. Ziel dieser Studie soll eine möglichst realistische Angabe sein, um diese mit den Herstellerangaben zu vergleichen.

a) Beschreiben Sie die Gütekriterien einer wissenschaftlichen Studie. **(3 VP)**

b) Planen Sie als Teil einer solchen Studie eine Untersuchung zu einem Parameter, der die maximale Reichweite maßgeblich beeinflusst. **(7 VP)**

Nicht selten stellen Konsumenten bei der Nutzung einen deutlichen Unterschied zwischen Herstellerangaben und den realen Werten z. B. zur Leistungsfähigkeit oder des Energiebedarfs von technischen Produkten fest. Neben den gesetzlichen Bestimmungen stellt sich generell auch eine ethisch ausgerichtete Frage: „Sollen die Hersteller technischer Produkte in Haftung genommen werden, wenn die technischen Angaben nicht unter realen Nutzungsbedingungen eingehalten werden?“.

c) Stellen Sie mit Hilfe von Material **M1** die Ziele, Interessen und Mittel der beteiligten Akteure dar.

Als zu beachtende Akteure werden Konsumenten, Hersteller und die Bundesregierung als Gesetzgeber festgelegt.

**(6 VP)**

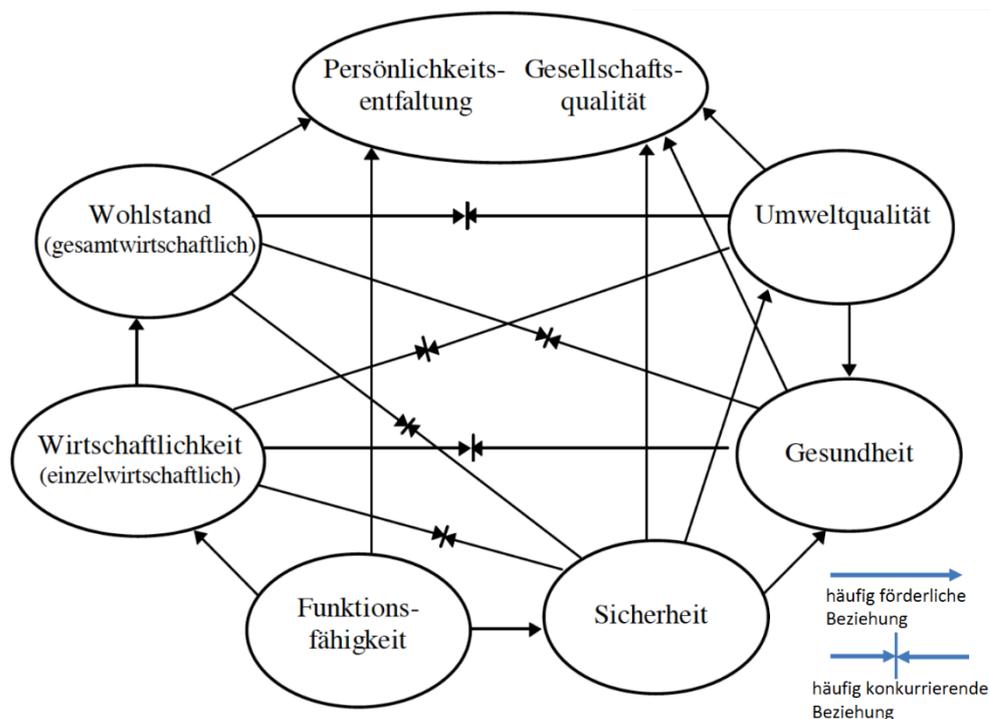
d) Beschreiben Sie die sich abzeichnenden Wertekonflikte.

**(4 VP)**

# Aufgabe I

**M1:** Überblick über Werte technischen Handelns nach VDI-Norm sowie Darstellung des Werteoktogons mit häufig förderlichen und konkurrierenden Beziehungen

<p><b><u>Funktionsfähigkeit</u></b>          Brauchbarkeit, Machbarkeit          Wirksamkeit          Perfektion</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einfachheit</li> <li>- Robustheit</li> <li>- Genauigkeit</li> <li>- Zuverlässigkeit</li> <li>- Lebensdauer</li> </ul> <p>Technische Effizienz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wirkungsgrad</li> <li>- Stoffausnutzung</li> <li>- Produktivität</li> </ul>	<p><b><u>Wirtschaftlichkeit</u></b>          Kostenminimierung          Gewinnmaximierung          Unternehmenssicherung          Unternehmenswachstum</p> <p><b><u>Wohlstand</u></b>          Bedarfsdeckung          quant. / qual. Wachstum          Internationale          Konkurrenzfähigkeit          Vollbeschäftigung          Verteilungsgerechtigkeit</p>	<p><b><u>Persönlichkeitsentfaltung und Gesellschaftsqualität</u></b>          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</p>
<p><b><u>Gesundheit</u></b>          Körperliches Wohlbefinden          Psychisches Wohlbefinden          Steigerung der Lebenserwartung          Minimierung von unmittelbaren und mittelbaren gesundheitlichen Belastungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- in der Berufsarbeit</li> <li>- in der privaten Lebensführung</li> </ul> <p>durch umweltbelastende Produkte und Produktionsprozesse</p>	<p><b><u>Umweltqualität</u></b>          Landschaftsschutz          Artenschutz          Ressourcenschonung          Minimierung von Emissionen, Immissionen und Deponaten</p>	<p><b><u>Sicherheit</u></b>          Körperliche Unversehrtheit          Lebenserhaltung des Einzelnen / der Menschheit          Minimierung des Risikos (Schadensumfang und Eintrittswahrscheinlichkeit)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- des Betriebsrisikos</li> <li>- des Versagensrisikos</li> <li>- des Missbrauchsrisikos</li> </ul>



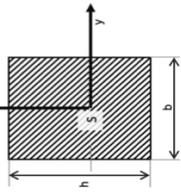
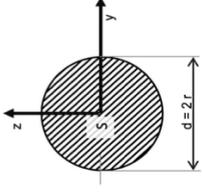
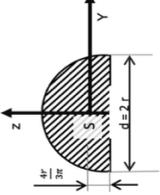
## Aufgabe I

### M2: Werkstoffkennwerte

Werkstoff	Elastizitätsmodul E  kN/mm <sup>2</sup> = GPa	Poissonzahl	Längen- ausdehnungs- koeffizient  10 <sup>-6</sup> /K	Dichte  Kg/dm <sup>3</sup>	Zugfestigkeit R <sub>m</sub>  N/mm <sup>2</sup> = MPa
<b>Metall</b>					
Aluminium	72,2	0,34	23,9	2,7	40...160
Al-Legierungen	59 ... 78	0,33 ...0,34	18,5...24,0	2,6...2,9	300...700
Blei	16	0,44	29,1	11,34	10...20
Bronze	108	0,35	16,8...18,8	7,2...8,9	300...320
Eisen	206	0,28	11,7	7,86	300
Gold	79	0,42	14,2	19,3	130...300
Gusseisen	64 ... 81	0,24 ...0,29	9 ...12	7,1...7,4	140...490
Kupfer	125	0,35	16,86	8,93	200...230
Magnesium	44	0,33	26,0	1,74	150...200
Messing	78 ... 123	0,35	17,5...19,1	8,3...8,7	140...780
Messing (60% Cu)	100	0,36	18	8,5	200...740
Nickel	167	0,31	13,3	8,86	370...800
Ni-Legierungen	158 ... 213	0,31	11 ...14	7,8...9,2	540...1275
Platin	170	0,22	9,0	21,5	220...380
Silber	80	0,38	19,7	10,5	180...350
Stahl, unlegiert	210	0,3	12	7,85	300...700
Stahl, legiert	186 ... 216	0,2 ...0,3	9 ...19	7,8...7,86	500...1500
X5CrNi18-10	190	0,27	16	7,9	500...700
100Cr6, gehärtet	208	0,30	12	7,85	2000...2400
Titan	105	0,33	8,35	4,5	300...740
Zink	94	0,25	29	7,14	100...150
Zinn	55	0,33	21,4	7,29	15...30

# Aufgabe I

## M3: Festigkeitsberechnung und Flächenmomente

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

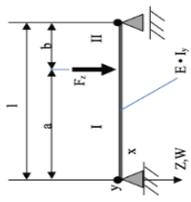
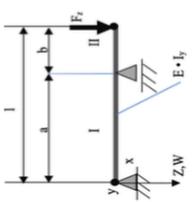
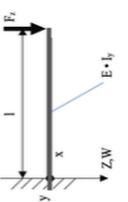
### Gleichung der elastischen Biegelinie

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 $w(x)$	$w_{\max}$
	$w_I = \frac{F_z \cdot l^3}{6 E \cdot I_y} \left( 2 \frac{a \cdot x}{l^2} - 3 \frac{a^2 \cdot x}{l^3} + \frac{a^3 \cdot x}{l^4} + \frac{a \cdot x^3}{l^4} - \frac{a \cdot x^3}{l^3} \right)$ $w_{II} = \frac{F_z \cdot l^3}{6 E \cdot I_y} \left( -\frac{a^3}{l^3} + 2 \frac{a \cdot x}{l^2} + \frac{a^3 \cdot x}{l^4} - \frac{a \cdot x^2}{l^3} - \frac{a \cdot x^3}{l^4} \right)$	$w(a) = \frac{F_z \cdot a^2 \cdot b^2}{3 E \cdot I_y \cdot l}$ <p>a&gt;b</p> $w_{I,\max} \text{ bei } x = \sqrt{\frac{2a}{3l} - \frac{a^2}{3l^2}}$ <p>a&lt;b</p> $w_{II,\max} \text{ bei } x = l - l \sqrt{\frac{l}{3} - \frac{a^2}{3l^2}}$
	$w_I = \frac{F_z \cdot l^3}{6 E \cdot I_y} \left( \frac{a \cdot x}{l^2} - \frac{a^2 \cdot x}{l^3} - \frac{x^3}{a \cdot l^2} + \frac{x^3}{l^3} \right)$ $w_{II} = \frac{F_z \cdot l^3}{6 E \cdot I_y} \left( \frac{a^2}{l^2} - 4 \frac{a \cdot x}{l^2} + \frac{a^2 \cdot x}{l^3} + 3 \frac{x^2}{l^2} - \frac{x^3}{l^3} \right)$	$w_{I,\max} = \frac{\sqrt{3} \cdot F_z \cdot a^2 \cdot b}{27 E \cdot I_y}$ $w_{II,\max} = \frac{F_z \cdot l \cdot b^2}{3 E \cdot I_y}$
	$w = \frac{F_z \cdot l^3}{6 E \cdot I_y} \left( 3 \frac{x^2}{l^2} - \frac{x^3}{l^3} \right)$	$w_{\max} = \frac{F_z \cdot l^3}{3 E \cdot I_y}$

## Aufgabe II

### 1. Regelung

Ein Gartenhäuschen soll aufgewertet werden. In einem ersten Schritt soll das Häuschen mit einer einfachen, geregelten Heizungsanlage ausgestattet werden, um das Einfrieren von Wasserleitungen oder Ähnliches zu verhindern.

Die Regelung soll analog über einen Operationsverstärker (OPV) in Komparatorschaltung realisiert werden (**M1**). Als Stellglied dient eine Elektroheizung, die über die Ausgangsspannung des OPV gesteuert werden kann (die konkrete Ansteuerung ist hier nicht von Bedeutung).

- a) Beschreiben Sie die Eigenschaften der vorliegenden Regelstrecke. **(2 VP)**
- b) Material **M2** zeigt ein allgemeines, technisches Regelkreisschema. Ordnen Sie den allgemeinen Parametern die sich aus dem Text und **M1** ergebenden konkreten Bauteile und Größen zu. **(6 VP)**

Die Raumtemperatur soll mithilfe eines temperaturabhängigen Widerstands mit negativem Koeffizienten (NTC) erfasst werden (**M3**).

- c) **(8 VP)**
- Berechnen Sie das minimale und maximale Potential, das am nicht invertierenden Eingang des OPV über die Einstellung des Potentiometers angelegt werden kann.
  - Bestimmen Sie die höchste mögliche Temperatur, ab der nicht mehr geheizt wird.
- d) Bewerten Sie den Einsatz der Komparatorschaltung für die geforderte Regelung. **(4 VP)**

## Aufgabe II

### 2. Technische Mechanik und Produktentwicklung

Als weitere Option die Raumtemperatur zu beeinflussen, sind im Gartenhäuschen Dachfenster eingelassen. Um bei einem zu hohen Temperaturanstieg die Raumtemperatur zu senken, sollen diese bei Bedarf automatisch geöffnet sowie geschlossen werden.

In Abb. **M4** wird ein solches Dachfenster vereinfacht dargestellt. Das Dachfenster mit der Masse  $m = 7 \text{ kg}$  wird durch einen automatischen Öffner, der in  $15 \text{ cm}$  Entfernung vom Rand ansetzt, geöffnet.

- a) Grenzen Sie das System Dachfenster ab und erstellen Sie einen Freischnitt. **(4 VP)**
- b) Bestimmen Sie die Lagerkräfte. **(4 VP)**

Durch zusätzliche Lasten wie Schnee und Wind muss die  $30 \text{ cm}$  lange Stütze für eine vertikale Druckkraft von mindestens  $100 \text{ N}$  ausgelegt sein. Beim Öffnen darf diese nicht einknicken.

- c) Dimensionieren Sie die Stütze mit Hilfe von **M5, M6, M7** als Rundstab aus Stahl (E-Modul Stahl:  $210 \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2$ ). **(6 VP)**
- d) Beschreiben Sie die Funktion und die Anforderungen des automatischen Fensteröffners. **(2 VP)**
- e) Entwickeln Sie ein weiteres Lösungsprinzip zur Realisierung. Stellen Sie dieses mit einer Skizze graphisch dar. **(4 VP)**

## Aufgabe II

### 3. Steuern und Regeln, Energie und Technikethik

Das zur Regelung der Raumtemperatur eingesetzte Dachfenster (vgl. **M4**) soll automatisiert werden. Dafür wird eine Inselanlage geplant. Der Elektromotor soll seine Energie von einem Akku beziehen, der mit einer Solarzelle geladen wird. Es soll gewährleistet sein, dass das Dachfenster im Verlauf von 24 Stunden mindestens 10 Mal geöffnet und geschlossen werden kann, außerdem soll ein Puffer von 50% berücksichtigt werden.

- a) Berechnen Sie die benötigte Ladekapazität und wählen Sie die zum Betrieb des Motors geeigneten Akkus aus (**M4, M8, M9**). **(4 VP)**

Das Dachfenster darf sich nur unter bestimmten Umständen öffnen. So soll es bei Regen oder zu starkem Wind geschlossen bleiben. Es darf auch nur dann öffnen, wenn die Temperatur im Raum deutlich höher als außen ist. Zur Steuerung soll ein Mikrocontroller eingesetzt werden.

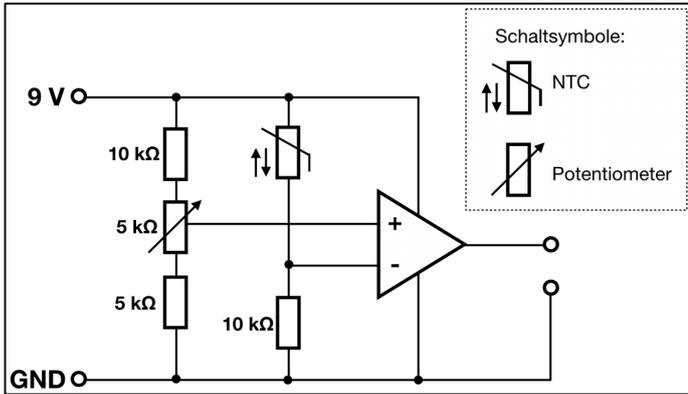
- b) Entwickeln Sie den dazugehörigen Programmablaufplan. **(8 VP)**

Die Entscheidung fällt auf einen Lithium-Ionen-Akku als Batteriespeicher für das Gartenhäuschen.

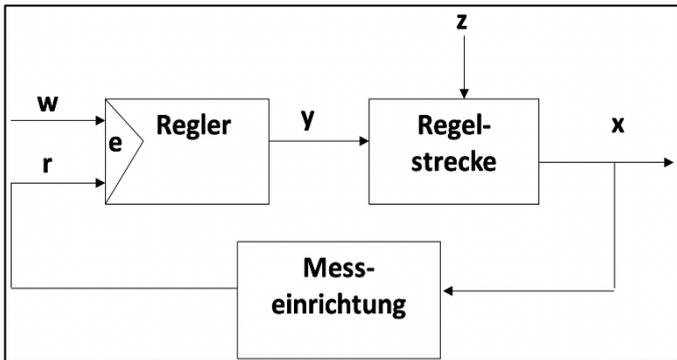
- c) Bewerten Sie diese Entscheidung unter ökologischen Gesichtspunkten auf Grundlage einer technischen Sachanalyse ausgehend von **M10**. **(8 VP)**

## Aufgabe II

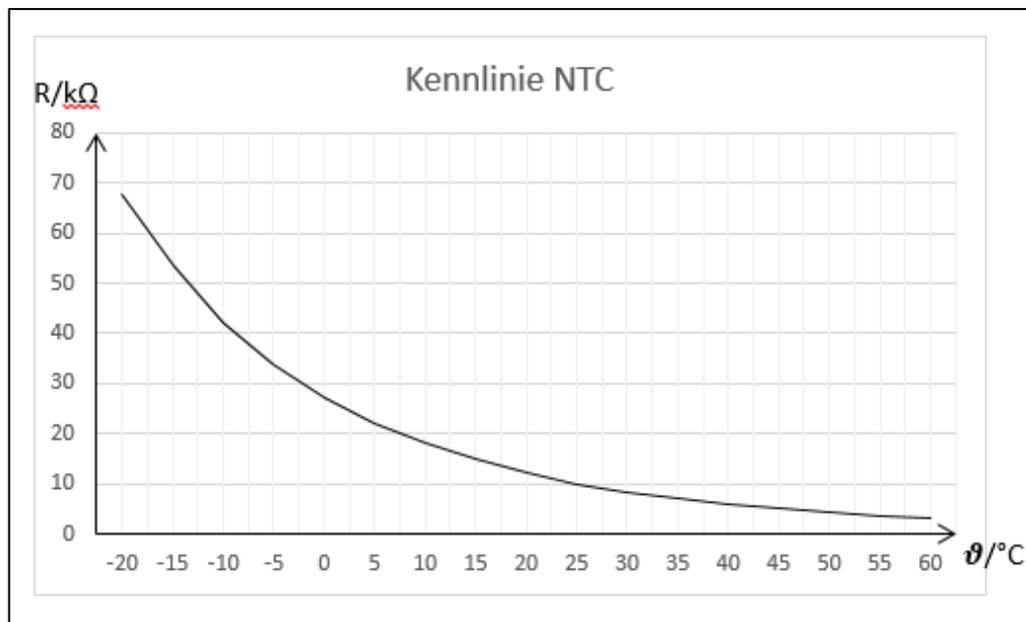
### M1: Schaltbild



### M2: Allgemeines, technisches Regelkreisschema

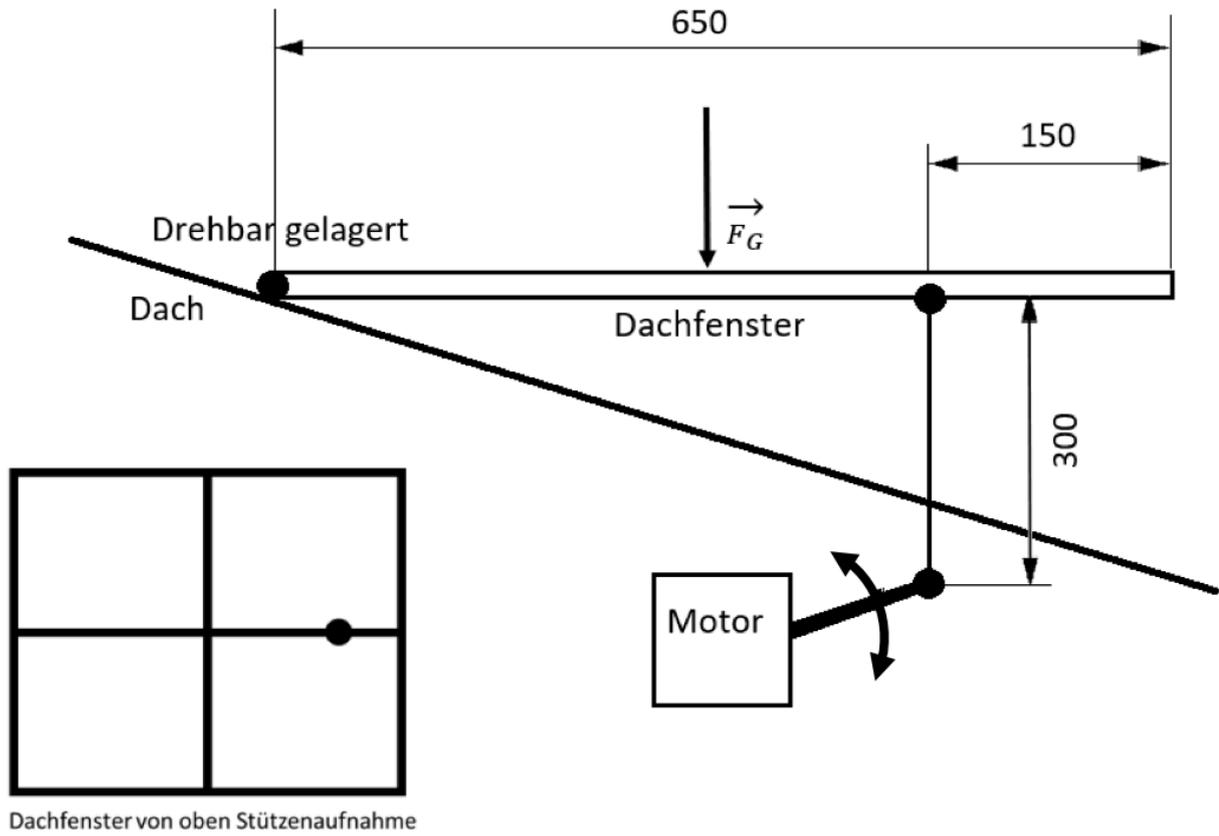


### M3: Kennlinie des benutzten NTC



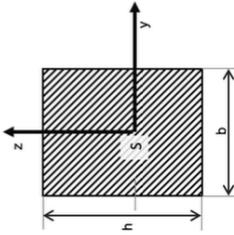
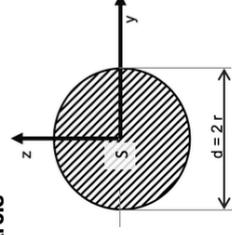
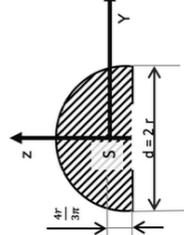
## Aufgabe II

### M4: vereinfachte Darstellung des Dachfensters

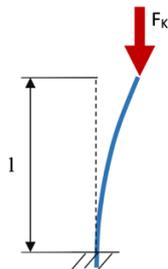
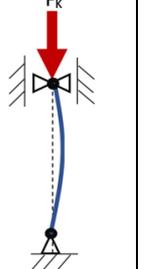
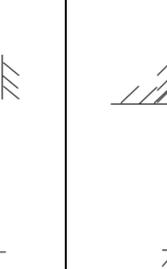
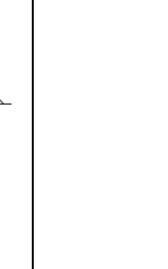


## Aufgabe II

### M5: Flächen und Widerstandsmomente

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

### M6 Darstellung der Euler-Knickfälle

<p>Euler-Knickfälle:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Fall 1: <math>I_K = 2l</math></li> <li>b. Fall 2: <math>I_K = l</math></li> <li>c. Fall 3: <math>I_K = 0,7l</math></li> <li>d. Fall 4: <math>I_K = 0,5l</math></li> </ol>				
	a	b	c	d

### M7 Formel zur Berechnung der kleinsten kritischen Last

$F_K = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{l^2} \quad n = 1$
---

## Aufgabe II

### M8 Technische Daten Spindeltrieb

#### Datenblatt Motor 900N mit Spindeltrieb

Hub	300 mm
Öffnungsgeschwindigkeit	12,5 mm/s (volle Last)
Nominalspannung	24V DC (max. 10% Restwelligkeit)
Betriebsspannung	19 - 22 V
Leerlaufspannung	Max. 32V DC
Stromaufnahme	1,8A
Leistungsaufnahme	Max. 44W

### M9 Kenndaten der Akkus

	Akku 1	Akku 2	Akku 3	Akku 4	Akku 5
Spannung	24 V	12 V	24 V	12 V	24 V
Ladekapazität	5 Ah	20 Ah	10 Ah	20 Ah	10 Ah
Maximale Stromstärke	1,5 A	180 A	10 A	30 A	90 A
Technologie	Li-Ionen	Blei	Li-Ionen	Li-Ionen	Blei

## Aufgabe II

### M10 Daten zu Blei- und Lithium-Ionen-Akkus

Die Energiedaten beziehen sich auf einen Speicher mit 7,5 kWh

	Blei-Akku	Lithium-Ionen-Akku
Herkunft der Rohstoffe (Haupterzeuger)	China (Blei)	Bolivien, Argentinien & Chile (Lithium)
Energieverbrauch für Transport aus Fernost	993 kWh	406 kWh
Primärenergieeinsatz bei der Produktion	136,1 kWh	406,1 kWh
Endpreise	17-20 €/kWh	200-300 €/kWh
Nutzdauer (in Ladezyklen?)	2000 (50%-Restkapazität)	10000 (80%-Restkapazität)
Lebensdauer	8 Jahre	15 Jahre
Energiedichte	55 Wh/kg	90–250 Wh/kg
Einschränkungen/Risiken beim Einsatz	Austreten von Schwermetallen bei unsachgemäßem Gebrauch	Gefahr von Explosion und Entzündung bei unsachgemäßem Gebrauch
Entsorgung	hochgiftiger Schadstoff	Gefahr der Entzündung
Recycling	Deutschland: 100%-ige Möglichkeit zum Recycling aller Komponenten	Schwieriges, extrem aufwändiges Recycling; noch kein Einsatz von recyceltem Lithium in Batterien möglich
Einsatzgebiete (Auszug)	Starterbatterie, E-Mobilität, Notstromversorgung, elektrische Rollstühle	Laptops, Werkzeuge, Mobiltelefone, E-Mobilität

# Lösungshinweise

Lösungshinweise zu Aufgabe I S. 22

Lösungshinweise zu Aufgabe II S. 30

# Lösungshinweise zu Aufgabe I

## 1. Technische Mechanik und Produktentwicklung

### 1 a) 5 VP

Aus der Formelsammlung (M3):

$$I_y = \frac{bh^3}{12} = \frac{100\text{mm} \cdot (20\text{mm})^3}{12} = 66,7 \cdot 10^3 \text{mm}^4$$

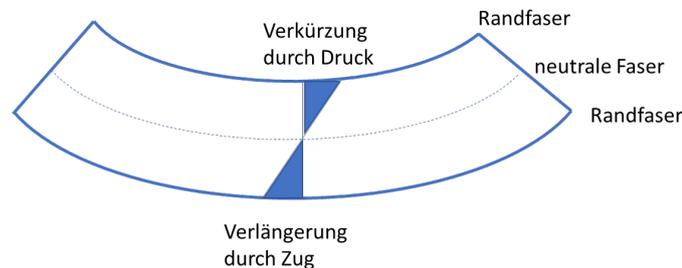
Aus der Formelsammlung (M3):

$$w = \frac{F a^2 b^2}{3 \cdot E \cdot I \cdot l} \quad \text{mit} \quad a = b = \frac{l}{2}$$

$$w = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I} = \frac{3000\text{N} \cdot (700\text{mm})^3}{48 \cdot 70000\text{N/mm}^2 \cdot 66700\text{mm}^4} = 4,6\text{mm}$$

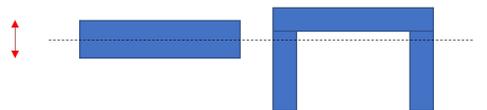
### 1 b) 5 VP

Seitenansicht des Trägers:



Trägerfasern mit größerem Abstand zur neutralen Faser (diese wird in ihrer Länge nicht verändert) werden bei einer Biegung mehr verlängert bzw. verkürzt und leisten so einen größeren Zug- oder Druckwiderstand, dies gilt besonders für die Randfasern. Somit sind Profile mit Materialanteilen, die einen großen Abstand zur neutralen Faser haben, biegesteifer.

Profile von vorne:



Gründe für die Öffnung nach unten:

- Die ebene Trittfläche sollte oben sein.
- Die breite Querfläche des U ist stabiler gegen Faltung durch Druckkräfte (Theorie der Knickstäbe), welche bei einer Durchbiegung nach unten im oberen Teil des Trägers auftreten.

## Lösungshinweise zu Aufgabe I

### 1 c) 4 VP

Die in der Tabelle aufgeführten Begriffe werden so nicht erwartet, sondern dienen als Orientierung. Es soll aber das Verhalten des Werkstoffs für die unterschiedlichen Bereiche des Diagramms erklärt werden (angefangen beim Hooke'schen Bereich zwischen 0 und  $R_e$ , usw.).

<b>Kenngößen</b>	
A	Bruchdehnung
$A_g$	Gesamtdehnung bei Höchstlast
$R_{p0,2}$	Dehngrenze, das Material, wurde um 0,2% plastisch gedehnt
$R_m$	Zugfestigkeit, Einschnürungsbeginn
<b>Bereiche</b>	
0- $R_e$	Elastische Verformung: hier gilt das Hooke'sche Gesetz
$R_e$ - $R_m$	Plastische Verformung
$R_m$ -Ende	Einschnürung
Ende	Bruch

### 1 d) 3 VP

Die drei Grundregeln der Gestaltung sind:

- „einfach“: lösbar und arretierbar ohne Werkzeug; intuitiv bedienbar, keine Zusatzteile
- „eindeutig“: Funktionsweise nur in zwei Richtung; Zwei Endpunkte/Rastpunkte
- „sicher“: Klemmschutz für Finger; Arretierung erkennbar/sicher

### 1 e) 3 VP

- Bauteile zusammensetzen
- Funktionalität simulieren (Beweglichkeit)
- Festigkeit, Stabilität analysieren
- Mit Mitarbeitern bei der Planung kommunizieren
- Prototyping
- Dateien für CAM

## Lösungshinweise zu Aufgabe I

### 2. Antrieb, Energie und Regelung

#### 2 a) 5 VP

- kurze Beschreibung, wie ein bürstenloser Gleichstrommotor funktioniert
- Beschreibung des Aufbaus des Planetengetriebes
- 2,5-fache Drehzahluntersetzung von Sonnenrad (48 Zähne) auf Hohlrad (120 Zähne), dabei Erhöhung des Drehmoments um das 2,5-fache:  $120 : 48 = 2,5$
- Drehmomentübertragung von Sonnenrad auf Hohlrad, letzteres sitzt fest am Rad
- luftgefüllter Reifen mit Rollwiderstand, dadurch Antrieb = Actio
- Stegstruktur sitzt fest an Lenkstange = Reactio

#### 2 b) 7 VP

Folgende Teilrechnungen müssen hergeleitet werden:

(1) Drehzahl des Motors bei 20 km/h:

gegeben: Geschwindigkeit: 20 km/h, Raddurchmesser: 20 cm

gesucht:

1. Strecke bei einer Umdrehung,
2. Umdrehungen des Rades bei 20km/h,
3. Umdrehungen des Motors bei 20km/h

Rechnungen:

1.  $2\pi r = 6,28 \cdot 10 \text{ cm} = 0,628 \text{ m}$
2.  $20 \text{ km/h} = 5,56 \text{ m/s}$  (Multiplikation mit  $1/3,6 \cdot \text{m/km} \cdot \text{s/h}$ )  
 $5,56 \text{ m/s} : 0,628 \text{ m} = 8,91 \text{ U/s}$   
 $8,91 \text{ U/s} \cdot 60 = 535 \text{ U/min}$
3.  $535 \text{ U/min} \cdot 2,5 = 1338 \text{ U/min}$

(2) zur Erstellung der Motorkennlinien müssen zwei Drehzahlen des Motors zu jeder vorgegebenen Spannung errechnet und daraus eine Gerade gezeichnet werden:

gegeben: Spannungen 24 V bzw. 36 V, 48 V, Drehzahlkonstante  $43 \frac{1}{\text{min} \cdot \text{V}}$

Kennliniensteigung  $38 \frac{1}{\text{min} \cdot \text{Nm}}$

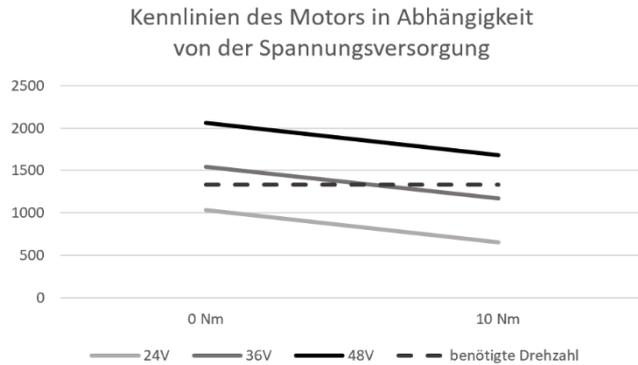
gesucht: je zwei Drehzahlen (Leerlaufdrehzahl und Drehzahl bei einer bestimmten Last, z. B. 10 Nm)

Rechnung:

- 1a.  $24 \text{ V} \cdot 43 / \text{minV} = 1032 \text{ U/min}$
- 2a.  $1032 \text{ U/min} - 10 \text{ Nm} \cdot 38 / \text{min Nm} = 652 \text{ U/min}$
- 1b.  $36 \text{ V} \cdot 43 / \text{min V} = 1548 \text{ U/min}$
- 2b.  $1548 \text{ U/min} - 10 \text{ Nm} \cdot 38 / \text{min Nm} = 1168 \text{ U/min}$
- 1c.  $48 \text{ V} \cdot 43 / \text{minV} = 2064 \text{ U/min}$
- 2c.  $1032 \text{ U/min} - 10 \text{ Nm} \cdot 38 / \text{min Nm} = 1684 \text{ U/min}$

## Lösungshinweise zu Aufgabe I

- (3) Dann müssen die Geraden zusammen mit der Drehzahl 1335 U/min in ein Diagramm aufgetragen werden und folgende Argumente abgeleitet werden:



- bei einer Versorgung mit nur 24 V wird die benötigte Drehzahl von 1335 U/min nicht erreicht, der Akku ist unterdimensioniert
- der 36 V - Akku ist ausreichend; der Motor liegt bei seinem Nennmoment von 4,3 Nm (siehe Kenndaten) deutlich über der benötigten Drehzahl von 1335 U/min
- 48 V sind ebenfalls möglich, evtl. könnten das vermutlich höhere Gewicht des Akkus oder die höheren Kosten eines solchen Akkus als Gegenargumente genannt werden

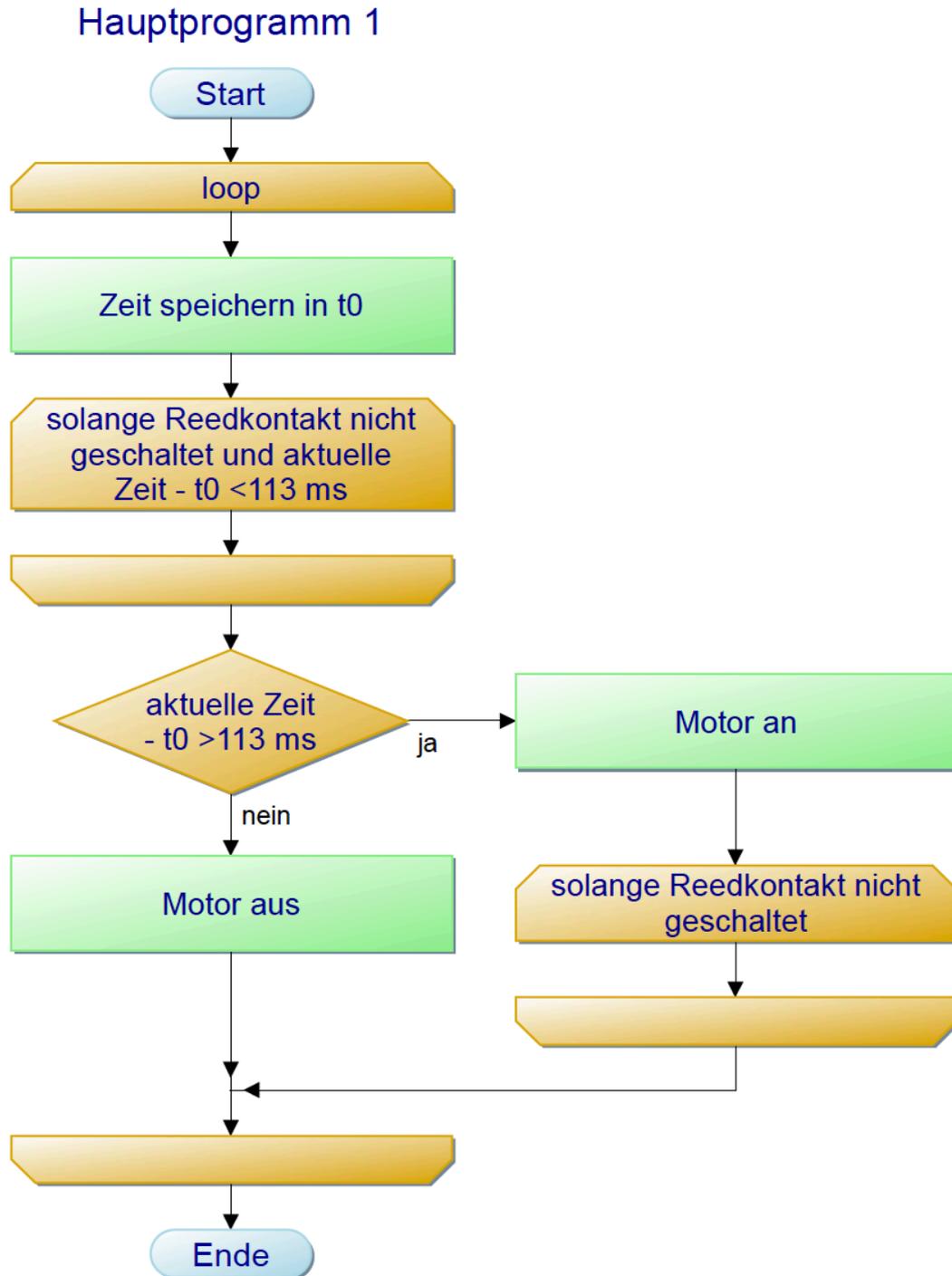
### 2 c) 2 VP

- sinnvolle Begründung der Abschätzung
- Beispielabschätzung: ein durchschnittlicher Radfahrer leistet etwa 200 W bei 20 km/h; er fahre 1,5 h lang mit dieser Geschwindigkeit; dazu braucht er eine Energie von  $200 \text{ W} \cdot 1,5 \text{ h} = 300 \text{ Wh}$ . Um diese Energie zu speichern benötigt der Akku eine Ladekapazität von  $300 \text{ Wh} / 36 \text{ V} = 8,3 \text{ Ah}$ . Da der Motor nur einen Wirkungsgrad von 85 % hat, benötigt der Akku eine Ladekapazität von  $8,3 \text{ Ah} / 0,85 = 9,8 \text{ Ah}$
- auch andere Lösungen mit sinnvoller Begründung sind denkbar.

## Lösungshinweise zu Aufgabe I

2 d) 6 VP

I. PAP: dieser Programmablaufplan stellt eine mögliche Lösung dar. Auch andere sinnvolle PAPs sind zulässig.



## Lösungshinweise zu Aufgabe I

### II.

Bei der Regelstrecke kann vereinfacht von einer PT1-Strecke ausgegangen werden, da sie verzögert ist und einen Ausgleich hat.

Der Ausgleich erfolgt bei zunehmender Geschwindigkeit durch den zunehmenden Windwiderstand, Reibung etc.

Als Energiereservoir (das zuerst gefüllt werden muss und für die Verzögerung sorgt) kommen die Masse des Motors, des Scooters und des Fahrers in Betracht.

(Es müssen nicht alle Teilaspekte genannt werden, zwingend ist die grundsätzliche Nennung von Ausgleich und Verzögerung.)

Eine mögliche Lösung könnte so aussehen:

PI-Regler mit Begründung

Für die vorgegebene Regelstrecke wird ein PI-Regler gewählt. Folgende Begründung für diese Regelstrecke ist denkbar:

Nachteile des 2-Punkt-Reglers werden vermieden:

unstetig, zwei Ausgangszustände, Schwingen um den Sollwert, Hysterese, Schalthäufigkeit

<b>Stetige Regler:</b>	
Es gibt unter anderem P- und PI-Regler. Dabei steht P für proportional und I für integral.	
<b>P-Regler:</b> Vorteil: schnell und einfach programmierbar Nachteil: der Istwert erreicht nie den Sollwert	<b>PI-Regler:</b> Vorteil: der Istwert erreicht den Sollwert Nachteil: reagiert etwas langsamer und ist nicht so einfach programmierbar

## Lösungshinweise zu Aufgabe I

### 3. Forschen und Technikethik

#### 3 a) 3 VP

Drei Gütekriterien für eine wissenschaftliche Studie

Objektivität:

Bedeutet, dass etwas unabhängig von der einzelnen Person oder gar vom durchführenden Wissenschaftler betrachtet, beobachtet oder beurteilt werden muss.

Reliabilität:

Wenn man etwas mehrfach misst, bekommt man nicht immer genau den gleichen Wert, weil immer verschiedene Zufälle mitspielen. Je geringer die Schwankungen sind und je weniger Ausreißer es gibt, desto mehr vertraut man dem Ergebnis (in Fachsprache: desto reliabler ist das Ergebnis).

Validität:

Eine Messung wird als valide bezeichnet, wenn sie auch wirklich das misst, was sie soll.

#### 3 b) 7 VP

Fragestellung:

z. B.: Wie hängt der Parameter „Gesamtmasse“ mit der optimalen Reichweite zusammen?

Hypothesenbildung:

z. B.: Je leichter der Fahrer, desto größer die Reichweite! / Begründung wünschenswert, aber nicht zwingend erforderlich.

Versuchsdesign:

z. B.: Immer dieselbe Person mit verschiedenen Gewichten ausgestattet sowie auch ansonsten gleiche Bedingungen (z. B. Fahrtwind, Strecke, Geschwindigkeit, E-Scooter)

Datenerfassung:

- z. B.: Energiegehalt vorher / nachher, Spannungsverlauf, Zeit, Fahrtwind, Geschwindigkeit, ggf. Datenbeschreibung
- z. B.: Umsetzung in auswertbare Diagramme

Datenauswertung:

z. B.: Rückschluss auf die Fragestellung bzw. Verifizierung / Falsifizierung der Hypothese

## Lösungshinweise zu Aufgabe I

### 3 c) 6 VP

Akteur 1 - Konsument:

Ziel: verlässliche Nutzung

Interesse: gutes Preis-Leistungsverhältnis (preiswerte Produkte mit hoher Reichweite)

Mittel: Garantieansprüche, Verkäuferbewertung, Klagen

Akteur 2 – Hersteller

Ziel: hohe Verkaufszahlen an E-Scootern, gutes Firmenimage

Interesse: hohe Gewinne, hohe Rendite

Mittel: hohe Gewinnspanne, gute Qualität, Werbung, PR

Akteur 3 – Regierung

Ziel: ausreichender Verbraucherschutz mit möglichst geringen staatlichen Eingriffen in die Wirtschaft

Interesse: E-Mobilität erhöhen, Klimaziele einhalten, hohe Zufriedenheit in Bevölkerung, Wiederwahl, wirtschaftsfreundliche Stimmung im Land

Mittel: Einführung von E-Scootern bzw. Validität der Datenblätter gesetzlich regeln

### 3 d) 4 VP

Wertekonflikt 1 zwischen Herstellern und Konsumenten:

- Hersteller: Kostenminimierung/Gewinnmaximierung

vs.

- Konsument: Zuverlässigkeit, Lebensdauer, Sicherheit

Wertekonflikt 2 zwischen Herstellern und Gesetzgebern

- Hersteller: Kostenminimierung/Gewinnmaximierung

vs.

- Gesetzgeber: Transparenz

Andere schlüssige Wertekonflikte sind zuzulassen.

## Lösungshinweise zu Aufgabe II

### 1. Regelung

#### a) 2 VP

Es handelt sich um eine Regelstrecke mit Ausgleich und Verzögerung. Die Hütte ist kein isoliertes System, es kommt also zwingend zu Wärmeverlusten an die Umgebung. Verzögerung findet durch die Wärmeübertragung statt (Luftaustausch durch Undichtigkeit, Möbel an der Wand, Dach/Wände...)  
=>  $PT_1$ -Strecke

#### b) 6 VP

w: Sollwert (Führungsgröße), gewünschte Temperatur im Häuschen (wird als Spannungswert vorgegeben); die Angabe als Temperatur soll hier toleriert werden

e: Regeldifferenz,  $e = w - r$ ; (hier eine Spannungsdifferenz; Temperaturdifferenz tolerierbar)

y: Stellwert, hier Elektroheizung an oder aus

z: Störgrößen, Umgebungstemperatur, Fenster/Tür geöffnet etc.

x: Regelgröße bzw. Istwert, hier die Temperatur im Häuschen

r: Rückführgröße; hier die Spannung die sich aus der Temperatur in der Messeinrichtung ergibt (NTC in Spannungsteiler)

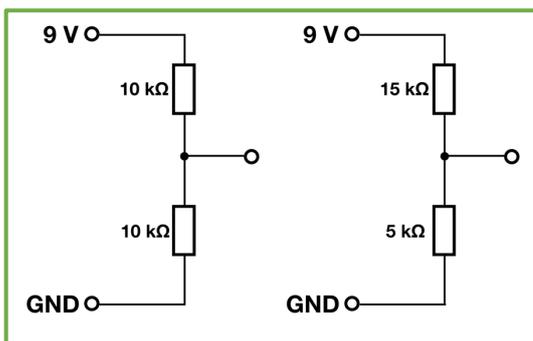
Regler: OPV (als Komparator)

Messeinrichtung: NTC im Spannungsteiler

Regelstrecke: Gartenhaus (eine detaillierte Beschreibung/Abgrenzung ist nicht nötig)

#### c) 8 VP

Der Spannungsteiler mit Potentiometer verhält sich an den Grenzen (minimale und maximale Einstellungsmöglichkeit des Potentiometers) wie ein Spannungsteiler aus zwei Widerständen:



$$U_{max} = 9V \cdot \frac{10k\Omega}{10k\Omega + 10k\Omega} = 4,5V$$

$$U_{min} = 9V \cdot \frac{5k\Omega}{10k\Omega + 10k\Omega} = 2,25V$$

## Lösungshinweise zu Aufgabe II

Je wärmer, desto kleiner der Widerstand des NTC, desto weniger Spannung fällt an ihm ab => Je wärmer, desto größer die Spannung am invertierenden Eingang.

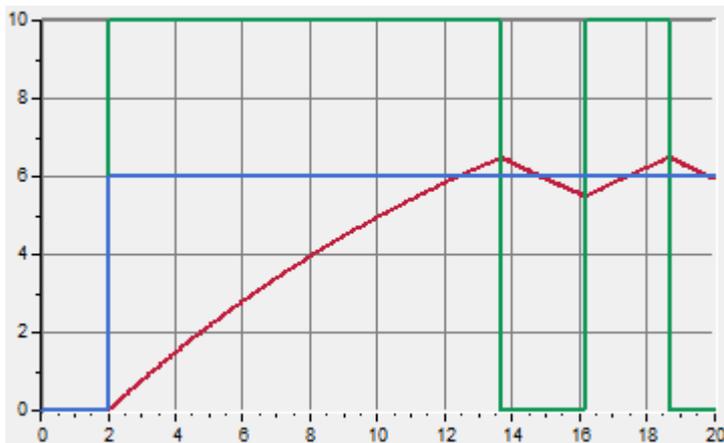
Damit nicht geheizt wird, muss gelten:  $U_{\text{inv}} > U_{\text{nicht-inv}}$

Die größte einstellbare Spannung am nicht invertierenden Eingang beträgt 4,5 V. Sobald der Widerstand des NTC unter 10 k $\Omega$  fällt, wird nicht mehr geheizt, da dann weniger als die Hälfte der Versorgungsspannung an ihm abfällt und somit die Spannung am invertierenden Eingang immer größer als 4,5 V ist. Dies ist ab 25°C und darüber der Fall (siehe Kennlinie).

### d) 4 VP

Der OPV in Komparatorschaltung verhält sich wie ein (unstetiger) 2-Punkt-Regler, da er sofort in die Übersteuerung geht bzw. ganz abschaltet. Er kann als Stellwerte nur  $y_{\text{max}}$  oder 0 annehmen.

Für die hier zu regelnde PT1-Strecke ist dies nicht optimal, da der Sollwert zwar erreicht, aber nicht konstant gehalten werden kann. Es kommt zu einem ständigen Über- und Unterschwingen durch die vielen Schaltvorgänge:



Stellwert, Istwert, Sollwert

Je nach Positionierung der Messeinrichtung zum Stellglied (gegenüberliegend, in unmittelbarer Nähe o. ä.) kann die Häufigkeit der Schaltvorgänge beeinflusst werden. Auch die Einführung einer Schaltdifferenz kann hier helfen (ist analog aber schwierig umzusetzen).

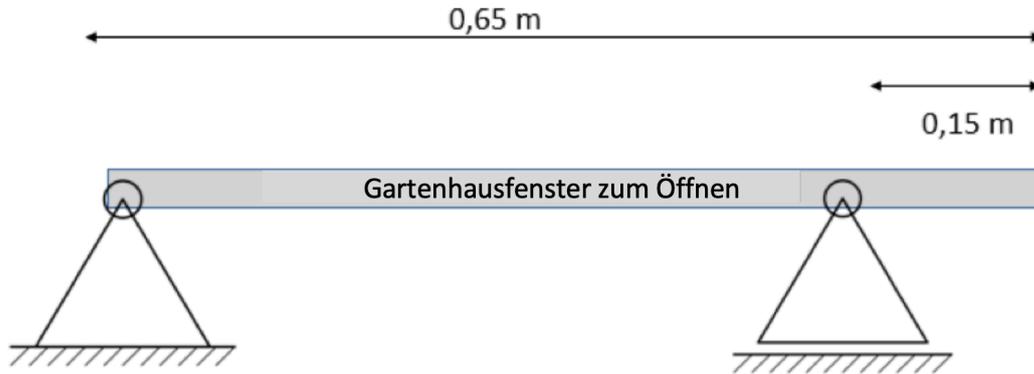
In keinem Fall ist eine saubere, stetige Regelung zu erreichen. Die Elektronik der Heizung wird durch unnötig viele Schaltvorgänge belastet. Besser wäre ein stetiger Regler geeignet, wie z. B. der PI-Regler.

## Lösungshinweise zu Aufgabe II

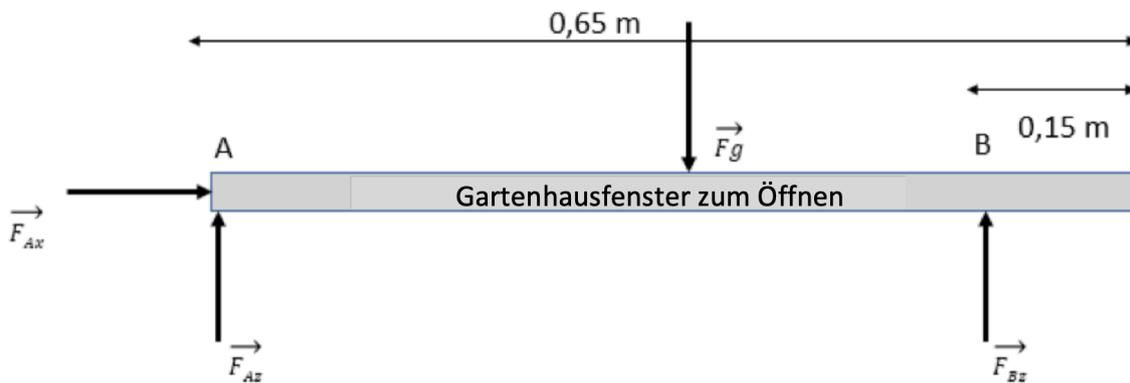
### 2. Technische Mechanik und Produktentwicklung

a) **4 VP**

abgegrenztes System:



Freischnitt:



b) **4 VP**

$$\sum F_{ix} = 0 \text{ N}$$

$$F_x = 0 \text{ N}$$

$$\sum F_{iz} = 0 \text{ N}$$

$$F_{AZ} + F_{BZ} - F_G = 0 \text{ N} \quad F_{AZ} = F_G - F_{BZ}$$

$$F_{AZ} + F_{BZ} - 70 \text{ N} = 0 \text{ N}$$

$$\sum M_i^{(A)} = 0 \text{ Nm}$$

$$F_{BZ} \cdot l - F_G \cdot l/2 = 0 \text{ Nm}$$

$$F_{BZ} \cdot 0,5\text{m} - 70 \text{ N} \cdot 0,325\text{m} = 0 \text{ Nm}$$

$$\underline{F_{BZ} = 45,5 \text{ N}}$$

$$\underline{F_{AZ} = 24,5 \text{ N}}$$

Antwort: Das Festlager in Punkt A muss in vertikaler Richtung 24,5 N, das Loslager in B muss 45,5 N aufnehmen. Das Lager in Punkt A muss in horizontaler Richtung keine Kraft aufnehmen.

## Lösungshinweise zu Aufgabe II

### c) 6 VP

Es muss erkannt werden, dass es sich um einen Knickstab handelt, der dem 2. Eulerschen Fall entspricht.

$$\text{Formel für die kritische Knicklast: } F_K = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{l^2}$$

Durch Einsetzen von  $l = 300 \text{ mm}$  und  $F_K = 100 \text{ N}$  sowie  $E$  erhält man:

$$I_y = \frac{l^2 \cdot F_K}{\pi^2 \cdot E}$$

$$I_y = \frac{(300 \text{ mm})^2 \cdot 100 \text{ N}}{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

$$I_y = 4,342 \text{ mm}^4$$

$$I_y = \frac{\pi \cdot d^4}{64}$$

$$d^4 = \underline{88,45 \text{ mm}^4}$$

$$\underline{d = 3,07 \text{ mm}}$$

Antwort: Für die Stütze muss ein Rundstab aus Stahl von mindestens 3,07 mm Durchmesser gewählt werden (Besser wäre ein dickerer Rundstab).

### d) 2 VP

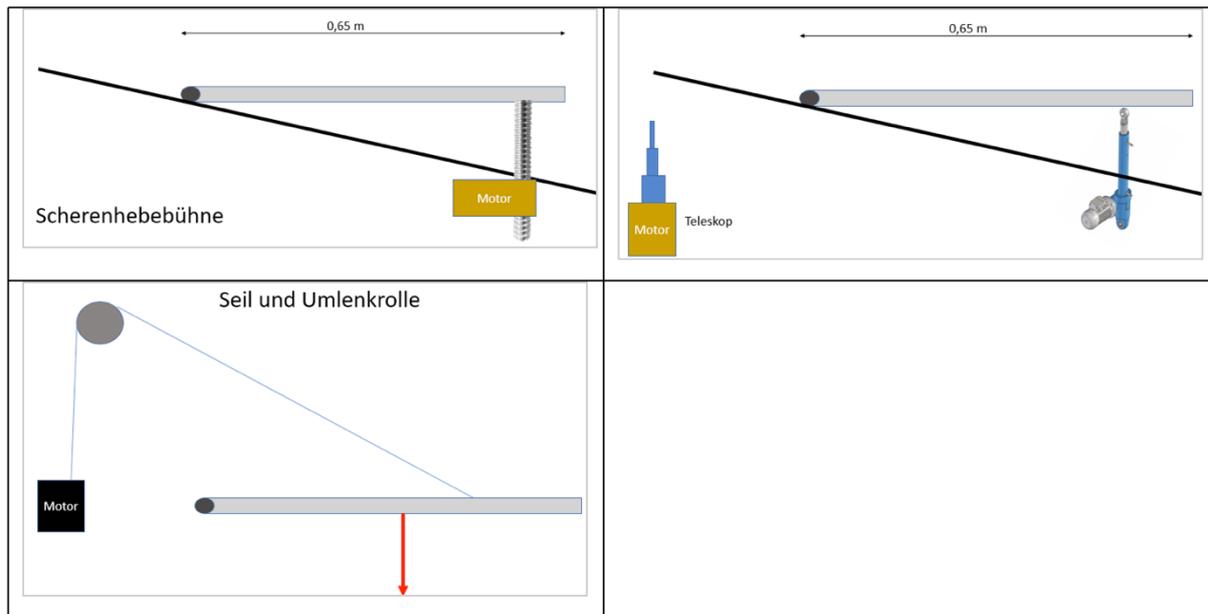
Funktion: Anheben des Fensters

Anforderungen: Das Fenster muss auf irgendeine Art und Weise angehoben werden z. B. durch einen Flaschenzug, Scherenhebebühne, Hydraulikkolben, Getriebemotor und Seil etc. Erläuterungen zum Mechanismus sollten gegeben werden.

## Lösungshinweise zu Aufgabe II

e) 4 VP

Skizze eines weiteren Hebemechanismus. Beispiele für mögliche Mechanismen:



## Lösungshinweise zu Aufgabe II

### 3. Steuern und Regeln; Energie und Technikethik

a) **4 VP**

Berechnung der Ladekapazität:

$$Q = I \cdot t$$

Hubweg von 30 cm bei einer Geschwindigkeit von 12,5 mm/s

$$v = s / t \quad \Rightarrow \quad t = s / v \quad t = 300 \text{ mm} / (12,5 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}) = 24 \text{ s}$$

Einmaliges Öffnen oder Schließen des Fensters:

$$Q = 1,8 \text{ A} \cdot 24 \text{ s} = 43,2 \text{ As} = 0,012 \text{ Ah}$$

Zehnmaliges Öffnen und Schließen des Fensters

$$Q_{10} = 10 \cdot 2 \cdot 43,2 \text{ As} = 864 \text{ As} = 0,24 \text{ Ah}$$

Einberechnung von 50% Puffer:

$$Q_{10 \text{ mit Puffer}} = 1,5 \cdot 0,24 \text{ Ah} = 0,36 \text{ Ah}$$

Entscheidung für Akkus also unabhängig von Ladekapazität, da bei allen 5 Modellen  $Q > 0,36 \text{ Ah}$

Akku 1: Zu geringe Stromstärke

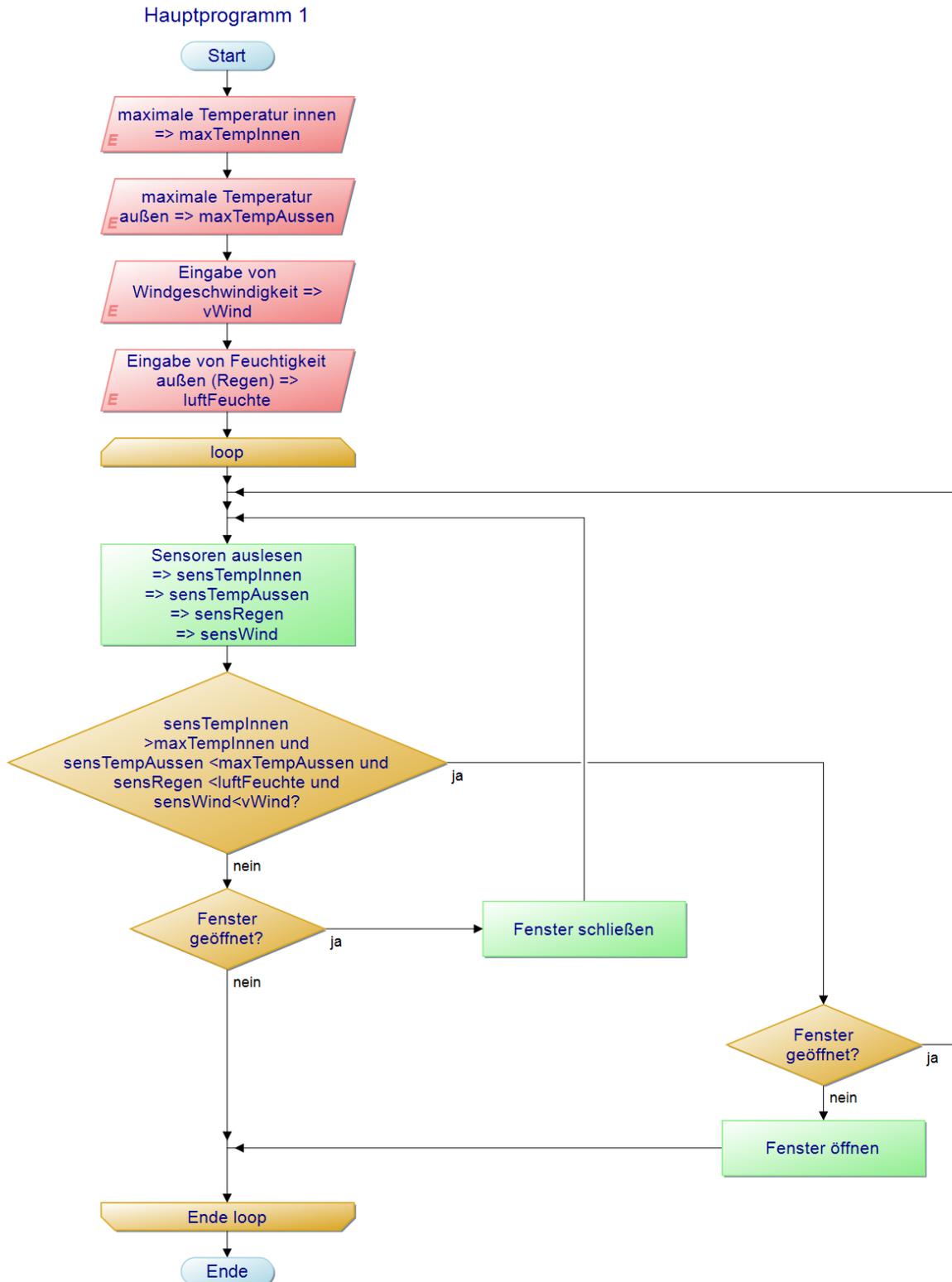
Akku 2 und 4: Zu geringe Spannung

Akku 3 und 5 sind für den Einsatz denkbar.

## Lösungshinweise zu Aufgabe II

b) 8 VP

Möglicher Programmablaufplan (auch andere sinnvolle Lösungen sind zulässig):



## Lösungshinweise zu Aufgabe II

### c) 8 VP

Mögliche Zusammenschau der Vorteile und Nachteile im Sinne einer technischen Sachanalyse als Basis für die Begründung. Es ist auch ein Fließtext denkbar.

Blei Akku

Li-Ion-Akku

#### Vorteile:

Niedriger Primärenergieeinsatz

Niedrigerer Energieverbrauch beim Transport

Überschaubares Risiko

Längere Lebensdauer → höhere Nutzdauer

Vollständiges Recycling

hohe Energiedichte

Vielfältige Einsatzmöglichkeiten

Vielfältige Einsatzmöglichkeiten

#### Nachteile:

Weite Transportwege

Weite Transportwege

Höherer Energieverbrauch beim Transport

Deutlich höherer Primärenergieeinsatz

Kürzere Lebensdauer → geringere Nutzdauer

Hohes Gefahrenpotential beim Gebrauch

Niedrige Energiedichte

Sehr eingeschränktes Recycling

problematische Entsorgung

problematische Entsorgung

## Lösungshinweise zu Aufgabe II

Oder: andere Art der Zusammenschau der Vorteile(+) und Nachteile(-) zur Vorbereitung einer technischen Sachanalyse.

	Blei-Akku	Lithium-Ionen-Akku
Herkunft der Rohstoffe (Haupterzeuger)	Weite Transportwege (-)	Weite Transportwege (-)
Energieverbrauch für Transport aus Fernost	Höherer Energieverbrauch (-)	Niedrigerer aber immer noch hoher Energieverbrauch (+)
Primärenergieeinsatz bei der Produktion	Niedrigerer Primärenergieeinsatz (+)	Deutlich höherer Primärenergieeinsatz (-)
Endpreise	Für technische Sachanalyse irrelevant	
Nutzdauer (in Ladezyklen)	geringere Nutzdauer (-)	höhere Nutzdauer (+)
Lebensdauer	Kürzere Lebensdauer (-)	Längere Lebensdauer (+)
Energiedichte	Niedrige Energiedichte (-)	Hohe Energiedichte (+)
Einschränkungen/Risiken beim Einsatz	Überschaubares Risiko (+)	Hohes Gefahrenpotential (-)
Entsorgung	problematisch	
Recycling	Vollständiges Recycling (+)	Sehr eingeschränktes Recycling (-)
Einsatzgebiete (Auszug)	Vielfältig	

Ausgehend von den Vor- und Nachteilen wird eine Bewertung vorgenommen. Wichtig dabei ist, dass der Prüfling eine klar begründete und logisch nachvollziehbare Bewertung vornimmt.

Mögliche Bewertung:

Was zunächst die Herkunft der Rohstoffe angeht, so ist keine weitere Bewertung unter ökologischen Gesichtspunkten möglich, da keine zusätzlichen Informationen über die Art der Rohstoffgewinnung hierzu vorliegen.

Was den Energieeinsatz für die Produktion und den Transport angeht, so sind diese Aspekte mit der Lebensdauer gekoppelt zu betrachten. Berücksichtigt man hierbei die Lebensdauer, so müssen die Energiewerte bei Blei mit dem Faktor zwei multipliziert werden. Somit ist der Gesamtenergieeinsatz für Produktion und Transport für etwa gleich lange Lebensdauer etwa gleich groß.

Damit hätte man auch die doppelte Anzahl an Ladezyklen beim Blei-Akku. Trotzdem ist hier dann der Lithium-Ionen-Akku mit 10000 zu 4000 Ladezyklen klar besser. Die Energiedichte spielt hingegen nur eine Rolle, wenn man einen besonders kleinen Akku benötigt. Dieser Aspekt ist bei einem Einsatz in einem Gartenhäuschen eher

## Lösungshinweise zu Aufgabe II

untergeordnet und spielt somit bei einer ökologischen Bewertung keine Rolle. Auch die Einsatzgebiete sind kein ökologisches Kriterium, sondern zeigen nur, dass die Akkus vielfältig eingesetzt werden können also auch in einem Gartenhäuschen. Was das Recycling angeht, so ist zum Zeitpunkt der Datenerhebung der Blei-Akku unter ökologischen Gesichtspunkten leicht besser geeignet. Wenn man aber davon ausgeht, dass das Recycling von Li-Ionen-Akkus künftig auch die Recyclingfähigkeit von Blei-Akkus erreichen wird, so wäre dieses Kriterium auch nicht ausschlaggebend, da Gleichwertigkeit vorliegen würde.

Was die Risiken beim Einsatz angeht, so ist das Austreten von Schwermetallen unter ökologischen Aspekten als schwerwiegender zu bewerten als die Entzündung bei unsachgemäßem Gebrauch. Dies ist analog zur Entsorgungsproblematik zu sehen, da bei einem Li-Ionen-Akku keine hochgiftigen Schadstoffe entsorgt werden müssen, so dass unter ökologischer Betrachtung – unter besonderer Berücksichtigung der Ladezyklen, der Risiken beim Einsatz und der Entsorgung – der Li-Ionen-Akku besser abschneidet als der Blei-Akku, und deshalb der Li-Ionen-Akku zu bevorzugen ist.

Dies ist eine mögliche Bewertung, die aufzeigen soll, wie die Argumente gründlich genug dargelegt werden sollten, um eine abschließende Bewertung unter ökologischen Aspekten vornehmen zu können.

Bewertet man jedoch die Recyclingfähigkeit anders, kommt man zu dem Schluss, dass zum Zeitpunkt der Datenerhebung der Blei-Akku eindeutig eine bessere, nämlich hundertprozentige, Recyclingfähigkeit hat und dadurch unter ökologischen Aspekten besser ist als der Li-Ionen-Akku. Bei sachgemäßem Gebrauch ist auch kein Austreten von Schwermetallen zu erwarten, so dass man dann durchaus begründet zu dem Schluss kommen kann, dass der Blei-Akku gerade unter dem Aspekt der Recyclingfähigkeit gegenüber dem Li-Ionen-Akku zu bevorzugen wäre.

Dass bei einer Explosion eine größere Gefahr für das Leben des Menschen bestehen kann als bei einem Austreten von Schwermetallen wurde bei dieser Bewertung außer Acht gelassen. Da dies allerdings auch in der Tabelle nicht eindeutig spezifiziert wurde, ist es nicht möglich, hierüber eine eindeutige Aussage zu treffen.

Es ist durchaus auch eine andere Art der Bewertung möglich, wie im Text auch unterschiedliche Interpretationen dargelegt sind. Entscheidend sind eine klare Begründung und eine logische Nachvollziehbarkeit der Bewertung.