

Aufgabe 1

Die Mobilitäts-AG einer Schule in Baden-Württemberg setzt sich mit Möglichkeiten auseinander, den Straßenverkehr technisch und ökologisch weiterzuentwickeln.

Eine Weiterentwicklung besteht darin, die Blechschilder durch smarte LED-Anzeigetafeln zu ersetzen. Diese sind mit einer Trägerkonstruktion über der Straße angebracht. Der für die Trägerkonstruktion verwendete Werkstoff ist unlegierter Stahl. Die Eigenschaften des Werkstoffes wurden mit Hilfe eines Zugversuches untersucht (siehe Material M1).

- a) Bestimmen Sie mit Hilfe von Material M1 den Wert der Zugspannung, bis zu dem bei Zugbeanspruchung im Zugversuch keine dauerhafte plastische Verformung auftritt.

1 VP

- b) Geben Sie den Wert der Zugfestigkeit R_m an und beschreiben Sie seine Bedeutung.

2 VP

Eine LED-Anzeigetafel wird mit Hilfe der in Abbildung 1 dargestellten Konstruktion oberhalb der Straße angebracht. Die Anzeigetafel hat eine Masse von 165 kg und wird durch ein horizontal gelagertes Hohlrohr aus unlegiertem Stahl getragen. Der Außenradius beträgt 50,0 mm, die maximale Durchbiegung darf 50,0 mm nicht überschreiten. Zur Vereinfachung kann angenommen werden, dass das Hohlrohr masselos ist. Die Anzeigetafel wird als eine am Ende des Hohlrohres angreifende Punktlast dargestellt. Gehen Sie von einem Sicherheitsfaktor $\nu = 2$, also der doppelten Last durch die Anzeigetafel, aus. Der Ortsfaktor beträgt $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$.

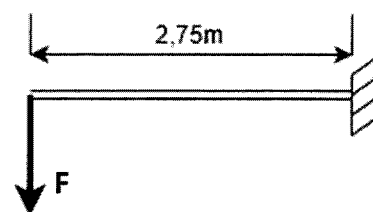


Abbildung 1: Trägerkonstruktion

- c) Zeigen Sie mit Hilfe von Material M2 und M3, dass das Flächenträgheitsmoment den Wert $21,4 \cdot 10^5 \text{ mm}^4$ hat.

3 VP

- d) Berechnen Sie mit Hilfe von Material M3 und M4 und des Flächenträgheitsmomentes aus c) den notwendigen Innenradius des Trägers.

2 VP

Es wird der Vorschlag gemacht, für den Träger anstatt eines ringförmigen Profils ein kreisförmiges Vollprofil mit gleichem Materialbedarf zu wählen (siehe Abb. 2).

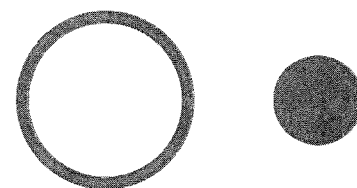


Abbildung 2: Hohlrohrquerschnitt und Vollprofilquerschnitt (gleicher Materialbedarf)

- e) Beurteilen Sie, ob dieser Vorschlag eines kreisförmigen Vollprofils unter statischen Gesichtspunkten sinnvoll ist.

2 VP

10 VP

Aufgabe 2

Die Verkehrszeichen in Form von LED-Anzeigetafeln sollen jeweils mit Hilfe einer Solar-Inselanlage betrieben werden. Sie sollen für die bestmögliche Sicherheit der Verkehrsteilnehmer durchgängig leuchten. Die Betriebsspannung beträgt 12 V. Um sicher zu stellen, dass die Anzeigetafel durchgehend leuchtet, gehen Sie von einem Sicherheitsfaktor (Reserve) von 1,3 aus.

- a) Überprüfen Sie mit Hilfe von Material M5, ob die Akkukapazität von 230 Ah für die LED-Anzeigetafel dazu ausreicht, einen Zeitraum von zwei Tagen ohne Energiezufuhr durch das Solarmodul zu überbrücken.

5 VP

Für den Ausbau der innovativen Verkehrstechnik sollen LED-Anzeigetafeln zur Geschwindigkeitsregulierung eingesetzt werden. Dabei passt sich die Helligkeit dynamisch an die Beleuchtungssituation an. Die LED-Anzeigetafeln sollen abhängig von der natürlichen Beleuchtungssituation in drei verschiedenen Helligkeitsstufen leuchten können.

Zur Erfassung der Messwerte steht dabei ein lichtabhängiger Widerstand (LDR) zur Verfügung (Kennlinie siehe Material M6), der als Teil einer Spannungsteilerschaltung fungiert (siehe Abb. 3). Zunächst sei $R_2 = 300 \Omega$.

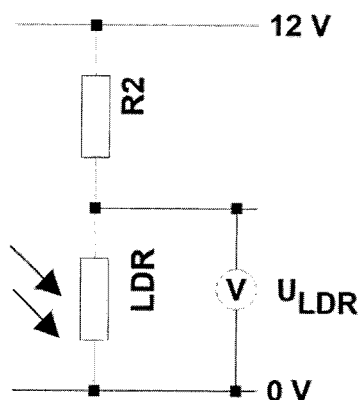


Abbildung 3: Spannungsteiler mit LDR

- b) Bestimmen Sie mit Hilfe von Material M6 die Spannung U_{LDR} an einem bedeckten Wintertag. 3 VP
- c) Begründen Sie, dass die Spannung U_{LDR} bei zunehmender Beleuchtungsstärke kleiner wird. 2 VP
- d) Schätzen Sie die maximale Leistungsaufnahme des Spannungsteilers ab. 3 VP

Um die Leistungsaufnahme des Spannungsteilers zu verringern, wird für R_2 nun ein Widerstand R_{neu} mit einem deutlich größeren Wert gewählt. Außerdem wird festgelegt, dass die Helligkeit der LED-Anzeige beim Unterschreiten der Beleuchtungsstärken 8000 lx und 500 lx jeweils um eine Stufe gedimmt werden soll. Die entsprechenden Werte von U_{LDR} sind der folgenden Tabelle zu entnehmen:

Beleuchtungsstärke	8000 lx	500 lx
U_{LDR}	24 mV	890 mV

Das Spannungssignal wird von einem Mikrocontroller ausgewertet. Damit dessen Messbereich (bis 5 V) besser ausgenutzt wird, soll die Spannung U_{LDR} mit Hilfe eines nichtinvertierenden Verstärkers verstärkt werden.

- e) Zeichnen Sie die Schaltung und dimensionieren Sie die Widerstände.

6 VP

19 VP

Aufgabe 3

Auf einem Straßenabschnitt befindet sich ein Tunnel. Hier sollen die Luftqualität und die Anzahl der sich im Tunnel befindenden Autos durch ein Kontrollsystem überwacht werden. Wenn sich mehr als 100 Autos im Tunnel befinden, soll eine rote Ampel zu leuchten beginnen. Wenn der Feinstaubwert zu hoch wird, soll eine Lüftungsanlage angeschaltet werden. Ein Messwerterfassungssystem gibt die Anzahl der Autos und den Feinstaubwert aus.

- a) Nennen Sie vier Anforderungen an das Kontrollsystem. Beschränken Sie sich dabei auf Muss- und Darf-nicht-Anforderungen.

2 VP

- b) Entwerfen Sie einen möglichen Programmablaufplan. (Das Messwerterfassungssystem muss nicht dargestellt werden.)

5 VP

7 VP

Aufgabe 4

Die Mobilitäts-AG möchte, dass das Tempolimit in Spielstraßen zwingend eingehalten wird. Deshalb plant sie, die Einfahrten von Spielstraßen mit Schranken zu versehen, die sich nur dann öffnen, wenn die anfahrenden Fahrzeuge die Schrittgeschwindigkeit nicht überschreiten. Die Schranke fährt, wie in Abbildung 4 dargestellt, auf zwei Schienen nach oben. Durch die Schienen wird jeweils ein Seil geführt. Dieses wird von einer drehbar gelagerten Stange mit dem Durchmesser 2,0 cm aufgewickelt. Die Stange ist mit der Motorwelle verbunden.

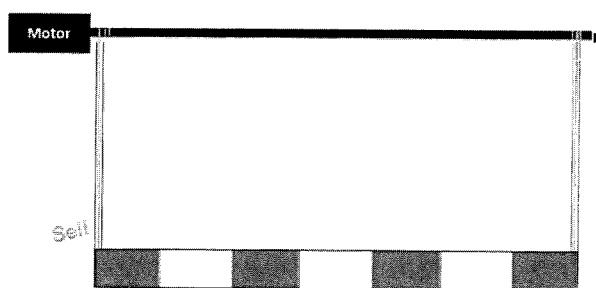


Abbildung 4: Schranke

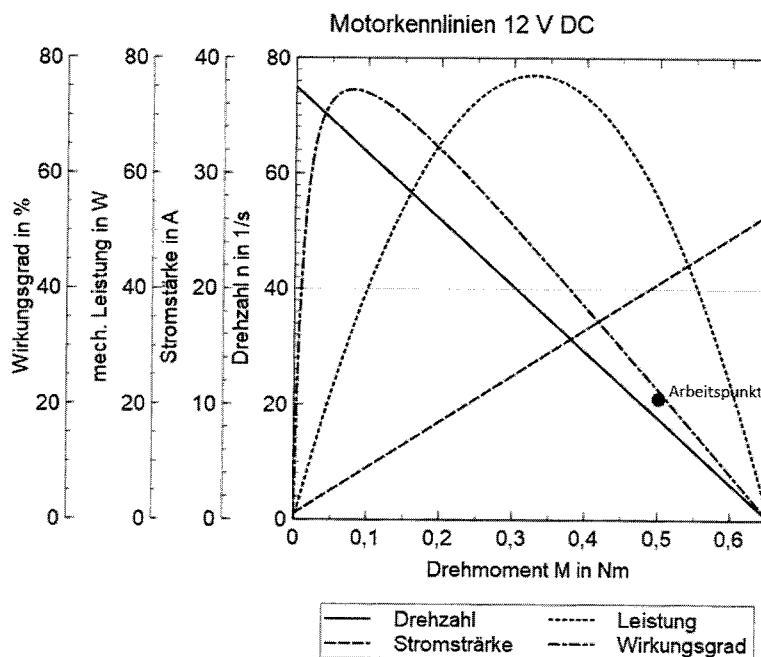


Abbildung 5: Motorkennlinien. Siehe auch markiertes Blatt.

Die Kennlinien des zur Verfügung stehenden Gleichstrommotors sind in Abbildung 5 (siehe auch markiertes Blatt Material M8) dargestellt. Der Motor kann mit einer Spannung von bis zu 12 V versorgt werden. Die Schranke hat eine Masse von 5,0 kg. Gehen Sie von einem Ortsfaktor von $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ aus. Die Schranke soll sich mit der konstanten Geschwindigkeit $1,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ heben.

Die Anlaufphase kann vernachlässigt werden.

- Weisen Sie nach, dass der Arbeitspunkt in Abbildung 5 richtig eingezeichnet ist. 4 VP
- Beurteilen Sie mit Hilfe von Abbildung 5 die Eignung des Motors für den gegebenen Arbeitspunkt. 2 VP

Der zur Verfügung stehende Motor soll nun in einem modifizierten Arbeitspunkt mit der Drehzahl $n = 42 \text{ s}^{-1}$ und dem Drehmoment $M = 0,25 \text{ Nm}$ betrieben werden.

- c) Ermitteln Sie mit Hilfe der Motorkennlinien in Material M8 die dazu notwendige Betriebsspannung. 4 VP
 - d) Erläutern Sie eine technische Umsetzung, um den Motor in dem beschriebenen modifizierten Arbeitspunkt zu betreiben und dabei die gewünschte Hubgeschwindigkeit der Schranke von $1,3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ zu erreichen. 3 VP
- 13 VP**

Aufgabe 5

Außerhalb der Spielstraße dürfen Autos aus Lärmschutzgründen nicht schneller als $50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ fahren. Eine Schülergruppe will untersuchen, welche Maßnahmen dazu führen, dass Autofahrer sich an die Geschwindigkeitsbegrenzung halten. Dazu möchten die Schüler herausfinden, ob digitale Anzeigetafeln, die den Fahrern jeweils die aktuelle Geschwindigkeit zurückmelden, wirksam sind (siehe Abb. 7). Die Schüler haben ihr Vorhaben in einem Artikel für die Schülerzeitung beschrieben (siehe Material M7).



Abbildung 7: Geschwindigkeitsrückmeldung

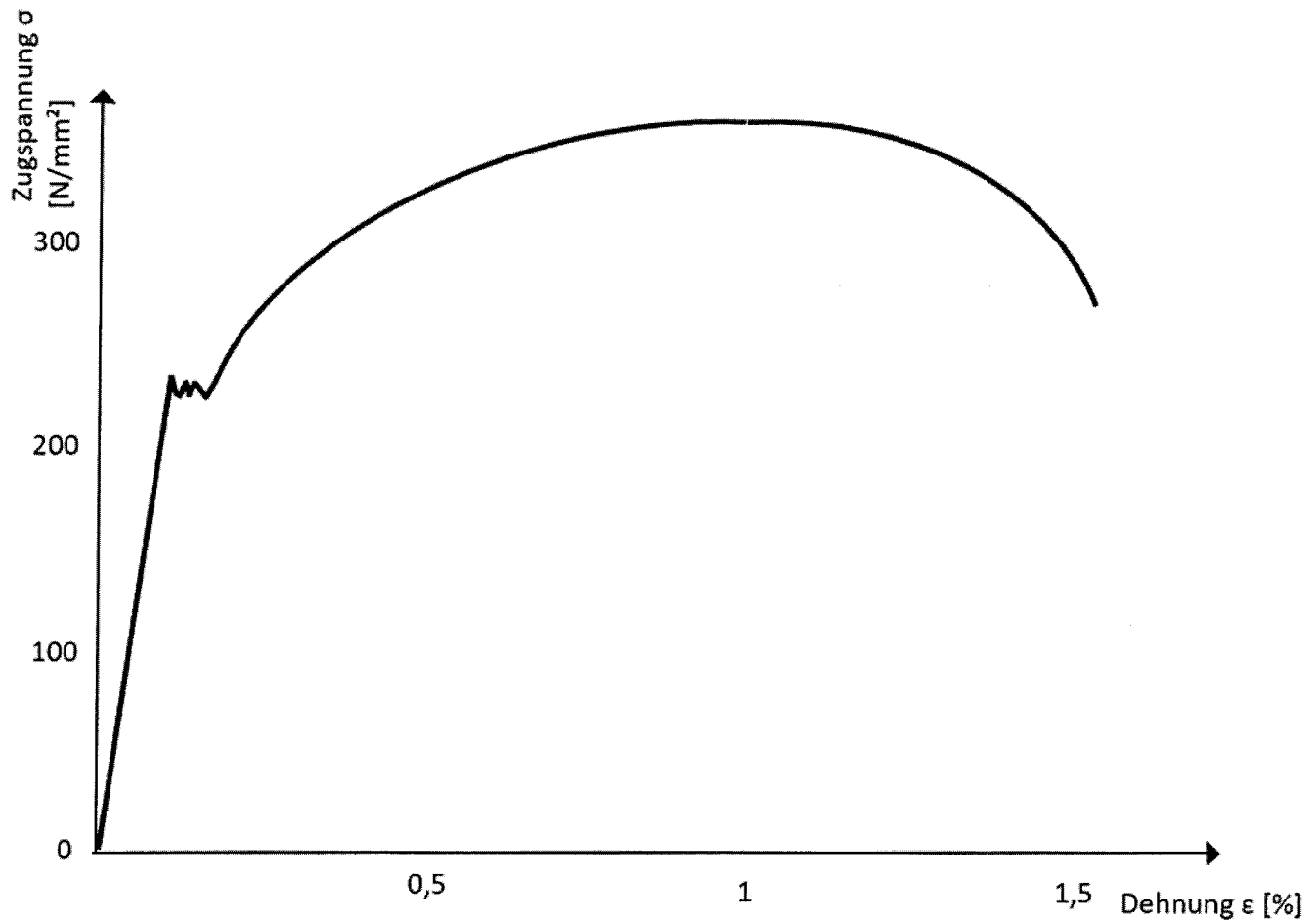
- a) Nennen Sie die drei Gütekriterien einer wissenschaftlichen Studie. 1,5 VP
- b) Beurteilen Sie das in Material M7 dargestellte Vorhaben. 3,5 VP

Ein zweites Forscherteam beschäftigt sich nun konkret mit Einhaltung der Geschwindigkeit auf einem ca. 2 km langen Straßenabschnitt mit der Geschwindigkeitsbegrenzung $50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Es hat die Vermutung, dass eine nur einmalige Geschwindigkeitsrückmeldung dazu führt, dass viele Autofahrer kurze Zeit später wieder zu schnell fahren, und macht daher den Vorschlag, die Geschwindigkeit mehrfach in regelmäßigen Abständen rückzumelden. Das Forscherteam möchte bei der Studie auf den Einsatz von Fragebögen verzichten und stattdessen Geschwindigkeitsmessdaten nutzen.

- c) Entwickeln Sie skizzenhaft eine Studie zu folgender Forschungsfrage: „Führt eine mehrfache Geschwindigkeitsrückmeldung zu einer zuverlässigeren Einhaltung der Höchstgeschwindigkeit über den gesamten Streckenverlauf als eine einmalige Geschwindigkeitsrückmeldung am Streckenbeginn?“ 6 VP
- 11 VP**

Material M1: Ergebnis des Zugversuchs

Ergebnis des Zugversuchs: Spannungs-Dehnungsdiagramm des verwendeten Stahls.

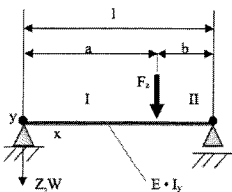
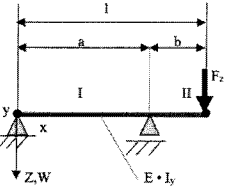
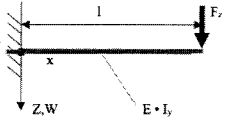


Material M2: Gleichung der elastischen Biegelinie

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

$$w''(x) = -\frac{M_{by}(x)}{E \cdot I_y(x)} \quad \text{und:} \quad I_y(x) = \text{const.}$$

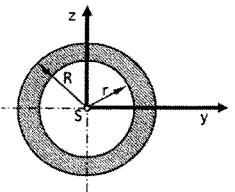
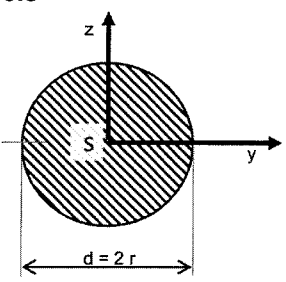
Hiermit erhält man:

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

Material M3: Werkstoffkennwerte

Werkstoff	Elastizitätsmodul E in $\text{kN/mm}^2 = \text{GPa}$	Poissonzahl ν	Längen-ausdehnungs- koeffizient α in 10^{-6} K^{-1}	Dichte ρ in kg/dm^3	Zugfestigkeit R_m in $\text{N/mm}^2 = \text{MPa}$
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
Eisen	206	0,28	11,7	7,86	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
Stahl, unlegiert	210	0,3	12	7,85	300...700

Material M4: Axiale Flächen- und Widerstandsmomente

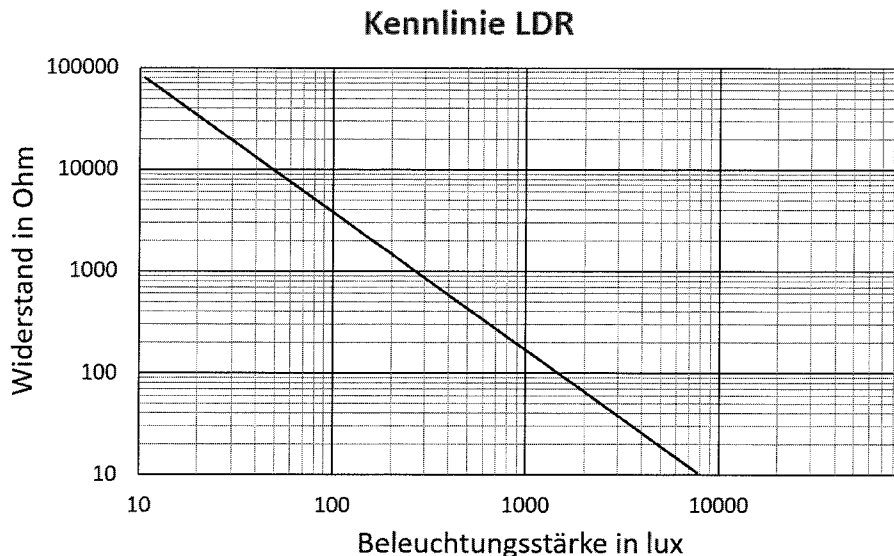
Axiale Flächen- und Widerstandsmomente	Axiale Flächenmomente 2. Grades und Widerstandsmomente werden berechnet mit:	
Kreisring 	$I_y = I_z = \frac{\pi}{4} (R^4 - r^4)$	$W_y = W_z = \frac{\pi}{4} \frac{(R^4 - r^4)}{R}$
Kreis 	$I_y = I_z = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi r^4}{4} = \frac{A r^2}{4}$	$W_y = W_z = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi r^3}{4} = \frac{A r}{4}$

Material M5: Angaben zur LED-Anzeigetafel

Betriebsspannung	12 V
Akkukapazität	230 Ah
Maximale Entladetiefe der Akkubatterie	50 %
Durchschnittliche Leistung der LED-Anzeigetafel	13 W

Material M6: Kennlinie und Beleuchtungsstärken bei typischen Tageslichtsituationen

Kennlinie des verwendeten LDR:



Typische Beleuchtungsstärken. Lux (lx) ist die Einheit der Beleuchtungsstärke.

Tageslichtsituation	Typische Beleuchtungsstärke
Klarer Himmel mittags im Sommer (Mitteleuropa)	90000 lx
Klarer Himmel mittags im Winter (Mitteleuropa)	20000lx
Schatten im Sommer	10000lx
Bedeckter Wintertag	3500 lx
Dämmerung	3 lx
Nacht	< 0,1 lx

Material M7: Artikel in der Schülerzeitung**Verkehrslärm reduzieren!**

Ihr kennt alle das Problem: Nur wenige Autofahrer halten sich an die Geschwindigkeitsbegrenzung im Bereich der Landstraße, die am Wohngebiet vorbeiführt. Wir wollen herausfinden, wie man diese Situation verbessern kann. Dazu planen wir eine Befragung in der Fußgängerzone. Alle Schüler unserer AG gehen in den nächsten Wochen in die Fußgängerzone. Wir wollen von allen Passanten, die bei der Befragung mitmachen wollen, wissen: „Halten Sie sich zuverlässiger an die Geschwindigkeitsbegrenzung, wenn Ihnen Ihre momentane Geschwindigkeit über eine Anzeige rückgemeldet wird?“. Wenn wir mindestens 500 Antworten gesammelt haben, machen wir uns an die Auswertung und zählen aus, wie viel Prozent der Befragten mit Ja bzw. Nein geantwortet haben. Wir sind gespannt auf die Ergebnisse.

Material M8: Motorkennlinien

Motorkennlinien 12 V DC

