Aufgabe 4. (6+1+1+4 = 12 P)

Sie messen im Labor einen Widerstand mehrfach in voneinander unabhängigen Messungen und erhalten folgende Messreihe:

Messung Nr.	1	2	3	4	5
R [Ω]	181,0	183,0	185,0	180,0	181,0

a) Bestimmen Sie Mittelwert, statistische Standardabweichung und Messunsicherheit bezogen auf ein Vertrauensniveau von 95% sowie das vollständige Messergebnis.

b) Vervollständigen Sie anhand Ihres Rechenergebnisses die folgende Aussage: "Der wahre Wert des Widerstands liegt ..."

c) Der Prof kommt, misst selbst einmal nach und erhält R=185 Ω. Er kann Ihr Ergebnis mit Recht angreifen, wenn dieser Wert außerhalb des Bereichs liegt, in dem die Messwerte mit 95% Wahrscheinlichkeit zu erwarten sind. Ist das hier der Fall? Begründen!

Anzahl Messungen in der Messreihe n	Vertrauensfaktor t						
	$(1-\alpha)=$ 68,27 %	$(1-\alpha)=$ 90,00 %	$(1-\alpha)=$ 95,00 %	$(1-\alpha)=$ 95,45 %	$(1-\alpha)=$ 99,00 %	$(1-\alpha)=$ 99,73 %	$(1-\alpha)=$ 99,98 %
2	1,84	6,31	12,71	18,44	63,66	235,80	761,40
3	1,32	2,92	4,30	4,93	9,93	19,21	47,30
4	1,20	2,35	3,18	3,48	5,84	9,22	19,77
5	1,15	2,13	2,78	2,98	4,60	6,62	12,48
6	1,11	2,02	2,57	2,73	4,03	5,51	9,77

d) Dann sehen Sie im Datenblatt des Ohmmeters die Toleranzangabe "0,5% v.M. + 5D". Wie lautet jetzt Ihr Messergebnis? (Hinweis: Die obigen Werte stammen von einem Ohmmeter mit 4-stelligem Display)

Aufgabe 5. (2+3+2+3 = 10 P)

Gegeben sei ein Temperatursensorelement mit temperaturabhängigem Widerstand

$R(\vartheta) = R_0 \cdot (1 + \gamma(\vartheta - \vartheta_0)^3)$, $\vartheta_0 = 50\,°C$, $R_0 = 1\,k\Omega$, $\gamma = 2{,}5 \cdot 10^{-5}\,°C^{-3}$

a) Bestimmen Sie $R(100\,°C)$.

b) Bestimmen Sie die lokale Empfindlichkeit bei $\vartheta = 100\,°C$.

c) Bestimmen Sie die Umkehrfunktion $\vartheta(R)$.

d) Gemessen wurde ein Widerstand $R = 2500\,\Omega$ mit einer Unsicherheit von $\pm 25\,\Omega$. Bestimmen Sie ϑ und $\Delta\vartheta$.

Aufgabe 6. (3+5 = 8 P)

Bei Speisung mit dem Konstantstrom $I_s = 2\,mA$ fällt über dem Sensorelement aus Aufgabe 5 die Messspannung $U_M = R(\vartheta) \cdot I_S$ ab.

a) Geben Sie $U_M(\vartheta)$ an (so weit wie sinnvoll vereinfachen) und verifizieren Sie, dass die lineare Kennlinie $U_l(\vartheta) = 0{,}245 \frac{V}{°C} \cdot \vartheta - 16{,}25\,V$ bei 80 °C und 100 °C mit $U_M(\vartheta)$ übereinstimmt. (Teilergebnisse aus Aufgabe 3 dürfen verwendet werden.)

b) Damit kommt man zu einem Anzeigeverstärker mit der Funktion $\vartheta_A(U_M) = \frac{U_M + 16{,}25\,V}{0{,}245\,\frac{V}{°C}}$

Durch Einsetzen von $U_M(\vartheta)$ ergibt sich ϑ_A in Abhängigkeit von ϑ. Stellen Sie die Funktion $\Delta\vartheta = \vartheta - \vartheta_A(\vartheta)$ auf und bestimmen Sie die Temperatur im Intervall $80\,°C < \vartheta < 100\,°C$, bei der $\Delta\vartheta$ maximal wird. Analytisch berechnen! (Die Intervallmitte ist es nicht!)

Gesamtpunktzahl: 60 P.

Name, Vorname:

Dauer: 90 Minuten, einfacher Taschenrechner wird bereitgestellt, sonst ohne Hilfsmittel. Volle Punktzahl gibt es nur für Lösungen mit vollständig begründeter Antwort, bzw. mit vollständig nachvollziehbarem Lösungsweg in mathematisch korrekter Notation. Ergebnisse von Rechnungen sind so weit wie sinnvoll möglich zu vereinfachen.

Aufgabe 1. (4+4 = 8 P)

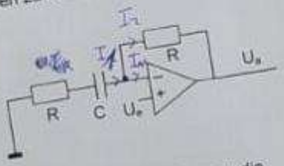
Bei einem Radrennen bringt ein Radfahrer bei $120\,\mathrm{U/min}$ ein Drehmoment von $M = 20\,\mathrm{Nm}$ in die Pedale.

a) Welche mittlere Leistung $P = M \cdot \omega$ bringt er dabei auf? Wie kommen Sie auf eine Angabe in Watt?

b) Er benötigt für die Strecke exakt eine Stunde. Zum Ausgleich der eingesetzten Energie muss der Fahrer das Achtfache davon in Form von Nudeln wieder zu sich nehmen. Wieviel Gramm sind das, wenn der Brennwert von Nudeln mit 6,65 kJ/g angegeben wird?

Für alle berechneten Größen sind sinnvoll benannte Variablen zu verwenden!

Aufgabe 2. (4+4+3+3 = 14 P)



a) Leiten Sie den Frequenzgang $G(j\omega) = \frac{\underline{U}_a}{\underline{U}_e} = \frac{1+2j\omega RC}{1+j\omega RC}$ der nebenstehenden OP-Schaltung her.

b) Geben Sie $|G(j\omega)|$ an und bestimmen Sie $|G(j0)|$ und $\lim_{\omega\to\infty}|G(j\omega)|$.

c) Sei nun $R \cdot C = 0.01\,s$. Bestimmen Sie die Amplitude von $u_a(t)$, wenn am Eingang die Spannung $u_e(t) = 1\,V \cdot \sin(75 \cdot t)$ anliegt.

d) Skizzieren Sie den Amplitudengang des Bodediagramms für den Fall $RC = 0.01\,s$. Auf der Frequenzachse dürfen Sie dabei der Einfachheit halber Kreisfrequenzen statt Frequenzen benutzen.

Hinweis: Für $G(j\omega) = \frac{Z(j\omega)}{N(j\omega)}$ gilt $|G(j\omega)|_{dB} = 20\lg\left|\frac{1}{N(j\omega)}\right| - 20\lg\left|\frac{1}{Z(j\omega)}\right|$

Aufgabe 3. (6+1+1 = 8 P)

Ein Signal habe die Fourierreihendarstellung

$$u(t) = 2\,V + 6\,V \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\cos((2n+1)\cdot 10\pi \cdot t)}{(2n+1)}$$

Durch Filterung mit einem idealen Tiefpassfilter mit der Grenzfrequenz $f_g = 30\,Hz$ entsteht das Signal $u_1(t)$. Nach dessen Digitalisierung mit der Frequenz $f_s = 27\,Hz$ und direkter Ausgabe über einen D/A-Wandler erhält man das Signal $u_2(t)$.

a) Skizzieren Sie die DFT-Spektren von $u_1(t)$ und $u_2(t)$ im Frequenzbereich bis $30\,Hz$.

b) Welche Frequenzen im Spektrum von $u_1(t)$ verursachen einen Aliaseffekt?

c) Wie hätte die Grenzfrequenz des Tiefpassfilters hier gewählt werden sollen, um Aliaseffekte zu vermeiden?