

### Aufgabe 1: Abweichungsrechnung

a) **Vollständiges Messergebnis für  $\dot{Q} = f(D, L, t_1, t_2)$  mit  $P = 99\%$ :**

Gegebene Gleichung für Volumenstrom  $\dot{Q}$ :

$$\dot{Q} = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot \left( \frac{L}{2} + \frac{D^2}{2L} \right) \left( \frac{1}{t_1} - \frac{1}{t_2} \right) \quad (1.1)$$

Fehlerbehaftete Einflussgrößen:  $D, L, t_1, t_2$

Umrechnung des Durchmessers  $D$  von  $P = 95\%$  auf  $P = 99\%$ :

$$\text{allgemein: } u_{\alpha_1} = u_{\alpha_2} \cdot \frac{t_{n-1;1-\alpha_1/2}}{t_{n-1;1-\alpha_2/2}}$$

mit  $n = 10$  folgt:

$$t_{n-1;1-\alpha_1/2} = t_{9;0,995} = 3,25$$

$$t_{n-1;1-\alpha_2/2} = t_{9;0,975} = 2,262$$

$$\Rightarrow u_{D,99\%} = 0,1 \text{ mm} \cdot \frac{3,25}{2,262} \approx 0,1437 \text{ mm}$$

$$D = 100 \text{ mm} \pm 0,1437 \text{ mm} ; P = 99\%$$

oder in SI-Basiseinheiten

$$D = 0,1 \text{ m} \pm 1,437 \cdot 10^{-4} \text{ m} ; P = 99\%$$

Gegebene Zeiten  $t_1$  und  $t_2$  in SI-Einheit umrechnen:

$$\text{Gegeben: } t_1 = 137,617 \mu\text{s} \pm 1 \text{ ns} ; P = 99\%$$

und

$$t_2 = 138,246 \mu\text{s} \pm 1 \text{ ns} ; P = 99\%$$

$$\Rightarrow t_1 = 1,37617 \cdot 10^{-4} \text{ s} \pm 1 \cdot 10^{-9} \text{ s} ; P = 99\%$$

und

$$t_2 = 1,38246 \cdot 10^{-4} \text{ s} \pm 1 \cdot 10^{-9} \text{ s} ; P = 99\%$$

Berechnung des vollständigen Messergebnisses der Länge L aus der gegebenen Messreihe:

Mittelwert:  $\bar{L} = 173,21 \text{ mm}$

Streuung:  $S_L \approx 0,09227 \text{ mm}$

Vertrauensbereich:  $u_L = \frac{S_L}{\sqrt{n}} \cdot t_{n-1;1-\alpha/2}$

mit:  $n = 8$

$\alpha = 0,01$

folgt:

$t_{n-1;1-\alpha/2} = t_{7;0,995} = 3,499$

$\Rightarrow u_L = \frac{0,09227 \text{ mm}}{\sqrt{8}} \cdot 3,499 \approx 0,1141 \text{ mm}$

$L = 173,21 \text{ mm} \pm 0,1141 \text{ mm}; P = 99\%$

oder in SI-Basiseinheiten

$L = 0,17321 \text{ m} \pm 1,141 \cdot 10^{-4} \text{ m}; P = 99\%$

Berechnung des Mittelwertes  $\bar{Q}$ :

$$\bar{Q} = \frac{\pi}{4} \bar{D}^2 \cdot \left( \frac{\bar{L}}{2} + \frac{\bar{D}^2}{2\bar{L}} \right) \left( \frac{1}{t_1} - \frac{1}{t_2} \right) =$$

$$\frac{\pi}{4} \cdot (0,1 \text{ m})^2 \cdot \left( \frac{0,17321 \text{ m}}{2} + \frac{(0,1 \text{ m})^2}{2 \cdot 0,17321 \text{ m}} \right) \cdot \left( \frac{1}{1,37617 \cdot 10^{-4} \text{ s}} - \frac{1}{1,38246 \cdot 10^{-4} \text{ s}} \right) \approx 0,0299841 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Partielle Ableitungen:

$$\left. \frac{\partial \dot{Q}}{\partial D} \right|_{\bar{D}, \bar{L}, \bar{t}_1, \bar{t}_2} = \frac{\pi}{4} \cdot \left( \bar{D} \cdot \bar{L} + \frac{2 \cdot \bar{D}^3}{\bar{L}} \right) \left( \frac{1}{t_1} - \frac{1}{t_2} \right) \approx 0,749597 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$\left. \frac{\partial \dot{Q}}{\partial L} \right|_{\bar{D}, \bar{L}, \bar{t}_1, \bar{t}_2} = \frac{\pi}{4} \bar{D}^2 \cdot \left( \frac{1}{2} - \frac{\bar{D}^2}{2\bar{L}^2} \right) \left( \frac{1}{t_1} - \frac{1}{t_2} \right) \approx 0,086558 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$\left. \frac{\partial \dot{Q}}{\partial t_1} \right|_{\bar{D}, \bar{L}, \bar{t}_1, \bar{t}_2} = \frac{\pi}{4} \bar{D}^2 \cdot \left( \frac{\bar{L}}{2} + \frac{\bar{D}^2}{2\bar{L}} \right) \left( -\frac{1}{t_1^2} \right) \approx -47887,4 \frac{\text{m}^3}{\text{s}^2}$$

$$\left. \frac{\partial \dot{Q}}{\partial t_2} \right|_{\bar{D}, \bar{L}, \bar{t}_1, \bar{t}_2} = \frac{\pi \bar{D}^2}{4} \cdot \left( \frac{\bar{L}}{2} + \frac{\bar{D}^2}{2\bar{L}} \right) \left( \frac{1}{\bar{t}_2^2} \right) \approx 47452,63 \frac{\text{m}^3}{\text{s}^2}$$

Vertrauensbereich  $u_{\dot{Q}}$ :

$$u_{\dot{Q}} = \sqrt{\left( \frac{\partial \dot{Q}}{\partial D} \cdot u_D \right)^2 + \left( \frac{\partial \dot{Q}}{\partial L} \cdot u_L \right)^2 + \left( \frac{\partial \dot{Q}}{\partial t_1} \cdot u_{t_1} \right)^2 + \left( \frac{\partial \dot{Q}}{\partial t_2} \cdot u_{t_2} \right)^2}$$

Einsetzen der oben berechneten Werte liefert:

$$u_{\dot{Q}} = \sqrt{\left( 0,749597 \cdot 1,437 \cdot 10^{-4} \text{ m} \right)^2 + \left( 0,086558 \cdot 1,141 \cdot 10^{-4} \text{ m} \right)^2 + \left( -47887,4 \cdot 1 \cdot 10^{-9} \right)^2 + \left( 47452,63 \cdot 1 \cdot 10^{-9} \right)^2} \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$u_{\dot{Q}} \approx 1,275 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Vollständiges Messergebnis für Volumenstrom  $\dot{Q}$ :

$$\dot{Q} = 0,0299841 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \pm 1,275 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} ; \mathbf{P = 99\%}$$

**Aufgabe 2:  $\chi^2$ -Test**

**a) Überprüfung auf Poisson-Verteilung mit  $\lambda = 2$  auf Signifikanzniveau  $\alpha = 0,1$ :**

Es soll überprüft werden, ob die für insgesamt  $n = 500$  Schichten ermittelten Anzahlen von als Ausschuss deklarierten Werkstücken einer Poisson-Verteilung genügen. Der Parameter  $\lambda$  der zum Vergleich heranzuziehenden Verteilung wurde anhand der beobachteten Verteilung mit  $\lambda = 2$  abgeschätzt. Die Überprüfung erfolgt mittels eines  $\chi^2$ -Tests.

Die für den Test benötigten theoretischen Häufigkeiten  $E_i$  ergeben sich aus der Wahrscheinlichkeitsfunktion der Poisson-Verteilung:

$$P_\lambda(X = k) = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}$$

Der Wert  $k$  steht für die möglichen Ergebnisse, also die Anzahl der pro Schicht ermittelten Ausschussteile. Theoretisch könnte  $k$  damit alle Werte aus der Menge der natürlichen Zahlen annehmen. Im vorliegenden Fall werden zur Vereinfachung jedoch alle Ergebnisse für die gilt  $k \geq 5$  zu einer gemeinsamen Klasse zusammengefasst und somit nicht weiter unterschieden. Es gilt also:

$$k \in \{0, 1, 2, 3, 4, \geq 5\}$$

Die Anzahl  $n$  der insgesamt untersuchten Schichten im Datensatz beträgt laut Aufgabenstellung:

$$n = 500.$$

Damit ergeben sich die in folgender Tabelle eingetragenen theoretischen Wahrscheinlichkeiten  $p_i$ :

k	$p_i$	$E_i = n \cdot p_i$
0	0,135335	67,668
1	0,270671	135,336
2	0,270671	135,336
3	0,180447	90,224
4	0,090224	45,112
$\geq 5$	0,052652	26,326

Hinweis: Die kumulierte Wahrscheinlichkeit für die Klassen mit  $k \geq 5$  wird am einfachsten dadurch bestimmt, dass die Summe der Wahrscheinlichkeiten für die Klassen 0 bis 4 von der theoretischen Gesamtwahrscheinlichkeit von 1 (entsprechend 100%) subtrahiert wird.

Um auf die theoretischen absoluten Häufigkeiten zu kommen, werden die Wahrscheinlichkeiten  $p_i$  mit der Anzahl der Versuche multipliziert. Als Versuche werden hier die der beobachteten Verteilung zugrundeliegenden  $n = 500$  Schichten angesehen. Es ergeben sich so die in obiger Tabelle eingetragenen theoretischen Häufigkeiten  $E_i$ .

Hinweis: Es ist hier nicht sinnvoll, die theoretischen Häufigkeiten auf ganze Zahlen zu runden!

Die in nachfolgender Tabelle vorgenommene Zusammenstellung von empirischem und theoretischem Histogramm zeigt, dass eine Zusammenlegung von Klassen nicht erforderlich ist, da alle Klassen eine Besetzungszahl  $\geq 5$  aufweisen. In der Folge kann dann der  $\chi^2_0$ -Wert direkt aus den angegebenen  $B_i$  und  $E_i$  berechnet werden.

k	B <sub>i</sub>	E <sub>i</sub>	$\frac{(B'_i - E'_i)^2}{E'_i}$
0	58	67,668	1,381
1	141	135,336	0,237
2	129	135,336	0,297
3	94	90,224	0,158
4	55	45,112	2,167
≥ 5	23	26,326	0,420
		Σ	<b>4,661</b>

$$\Rightarrow \chi_0^2 \approx 4,661$$

Bestimmung der Zahl der Freiheitsgrade:

Zahl der auswertbaren Klassen:  $r^* = 6$

Zahl der Parameter der Verteilungsfunktion:  $s = 1$  (der Parameter  $\lambda$  wurde laut Aufgabenstellung aus der Stichprobe abgeschätzt)

$$\Rightarrow r^* - s - 1 = 6 - 1 - 1 = 4$$

Festlegen der Irrtumswahrscheinlichkeit:

gegeben:  $\alpha = 0,1$

Vergleichswert ermitteln:

$$\chi_{r^*-s-1; 1-\alpha}^2 = \chi_{4; 0,9}^2 = 7,78 \quad (\text{aus Tabelle})$$

Test:  $\chi_0^2 > \chi_{4; 0,9}^2$  ?

hier:

$$4,661 > 7,78 \quad \text{⚡}$$

$\Rightarrow$  Die Hypothese  $H_0$  wird **nicht abgelehnt!**

$\Rightarrow$  Auf einem Signifikanzniveau von  $\alpha = 0,1$  **wird** das beobachtete Ergebnis durch eine Poisson-Verteilung mit dem Parameter  $\lambda = 2$  beschrieben!

**Antwort-Wahl-Verfahren, Teil A (für 5 LP Klausur):**

3. Bei einem Hersteller von Kupplungsdruckstiften für Motorradantriebe wird im Rahmen der Qualitätssicherung der Durchmesser der zylinderförmigen Druckstifte überwacht. Hierzu wird aus der laufenden Fertigung eine Stichprobe vom Umfang  $n = 12$  entnommen und der Durchmesser  $D$  der Druckstifte ermittelt. Aus der Stichprobe ergibt sich ein Mittelwert des Durchmessers von  $\bar{D} = 14,98$  mm und eine Streuung von  $S_D = 0,014$  mm. Die Standardabweichung  $\sigma$  sei unbekannt.

3.1. Das Konfidenzintervall des Erwartungswertes des Druckstiftdurchmessers  $D$  für eine Aussagewahrscheinlichkeit von  $P = 98\%$  beträgt für diesen Fall gerundet:

- a)  $D = 14,98$  mm  $\pm$  0,0089 mm;  $P = 98\%$
- b)  $D = 14,98$  mm  $\pm$  0,0094 mm;  $P = 98\%$
- c)  $D = 14,98$  mm  $\pm$  0,0110 mm;  $P = 98\%$
- d)  $D = 14,98$  mm  $\pm$  0,0123 mm;  $P = 98\%$
- e)  $D = 14,98$  mm  $\pm$  0,0126 mm;  $P = 98\%$

(Fragetyp Einfachwahl)

3.2. Der minimal erforderliche Stichprobenumfang  $n$ , um bei einer Aussagewahrscheinlichkeit von  $P = 95\%$  das Konfidenzintervall des Erwartungswertes des Durchmessers auf maximal  $\pm 0,006$  mm abschätzen zu können, beträgt:

- a)  $n = 6$
- b)  $n = 17$
- c)  $n = 21$
- d)  $n = 24$
- e)  $n = 26$

(Fragetyp Einfachwahl)

3.3. Gehen Sie davon aus, dass Mittelwert und Streuung obiger Stichprobe mit dem Erwartungswert und der Standardabweichung der Grundgesamtheit übereinstimmen. Wie viel Prozent aller Druckstifte weisen dann etwa einen Durchmesser im Bereich  $14,97$  mm  $\leq D \leq 15,01$  mm auf?

- a) 23,9%
- b) 25,5%
- c) 68,3%
- d) 74,5%
- e) 98,4%

(Fragetyp Einfachwahl)

4. Sie möchten für zwei in Ihrem Besitz befindliche PKW unterschiedlichen Typs überprüfen, ob deren Benzinverbrauch die jeweilige Herstellerangabe nach NEFZ einhält. Hierzu ermitteln Sie über jeweils  $n = 20$  Tankfüllungen den Durchschnittsverbrauch beider Fahrzeuge. Die so ermittelten Verbräuche beider Fahrzeuge vergleichen Sie jeweils mit dem Normverbrauch laut Herstellerangabe. Sie möchten für beide Fahrzeuge separat jeweils die Frage beantworten, ob der Verbrauch mit dem Normverbrauch übereinstimmt oder aber diesen übersteigt.

4.1. Welcher statistische Test ist geeignet, die Frage zu beantworten?

- a) lineare Regression
  - b) t-Test für Erwartungswert
  - c) t-Test für den Vergleich zweier Erwartungswerte bei unabhängigen Stichproben
  - d) t-Test für den Vergleich zweier Erwartungswerte bei verbundenen Stichproben
  - e) Chi-Quadrat-Test
- (Fragetyp Einfachwahl)

4.2. Welche Alternativhypothese ist für den Test zu wählen?

- a) einseitige Alternativhypothese
  - b) zweiseitige Alternativhypothese
- (Fragetyp Einfachwahl)

5. Anhand zweier unabhängiger Stichproben möchten Sie einen t-Test für den Vergleich zweier Erwartungswerte durchführen. Aus den Stichproben, die jeweils einen Umfang von  $n = 30$  aufweisen, haben Sie Mittelwerte und Streuungen der Größen  $x$  und  $y$  ermittelt zu  $\bar{x} = 12,03$  mm,  $S_x = 0,27$  mm,  $\bar{y} = 11,98$  mm und  $S_y = 0,29$  mm.

5.1. Die Testgröße  $t_0$  beträgt in diesem Fall gerundet:

- a) 0,366
  - b) 0,691
  - c) 0,978
  - d) 3,786
- (Fragetyp Einfachwahl)

5.2. Der für die Bestimmung des kritischen Wertes benötigte Freiheitsgrad  $s$  beträgt bei diesem Test:

- a) 28
  - b) 29
  - c) 58
  - d) 59
- (Fragetyp Einfachwahl)

6. Sie möchten mittels eines t-Tests für den Vergleich zweier Erwartungswerte die Wirksamkeit zweier Nahrungsergänzungsmittel A und B zum Muskelaufbau vergleichen. Der Stichprobenumfang beträgt  $n = 20$ . Ihre Nullhypothese lautet, dass die Wirkung der Nahrungsergänzungsmittel sich nicht unterscheidet ( $\mu_x = \mu_y$ ). Sie wählen eine zweiseitige Alternativhypothese ( $\mu_x \neq \mu_y$ ). Sie wählen ein Signifikanzniveau von  $\alpha = 0,05$ . Die von Ihnen berechnete Testgröße beträgt  $t_0 = 1,94$ .

6.1. Geben Sie an, ob die Nullhypothese abgelehnt oder nicht abgelehnt werden muss!

- a) Nullhypothese wird nicht abgelehnt
- b) Nullhypothese wird abgelehnt
- (Fragetyp Einfachwahl)

6.2. Angenommen, die Nullhypothese würde nicht abgelehnt. Welche Aussage in Bezug auf die Wirksamkeit der untersuchten Nahrungsergänzungsmittel A und B wäre dann am zutreffendsten?

Die Wirkung der Nahrungsergänzungsmittel A und B

- a) unterscheidet sich wahrscheinlich.
- b) unterscheidet sich definitiv.
- c) unterscheidet sich wahrscheinlich nicht.
- d) unterscheidet sich definitiv nicht.

(Fragetyp Einfachwahl)



**Antwort-Wahl-Verfahren, Teil B (für 5 LP Klausur):**

7. Geben Sie an, bei welchen der folgenden Zustandsgrößen es sich um intensive Größen handelt!

- a) Temperatur
- b) Wärmekapazität
- c) Molare Masse
- d) elektrische Spannung
- e) Volumen
- f) Druck
- g) Stoffmenge
- h) Entropie

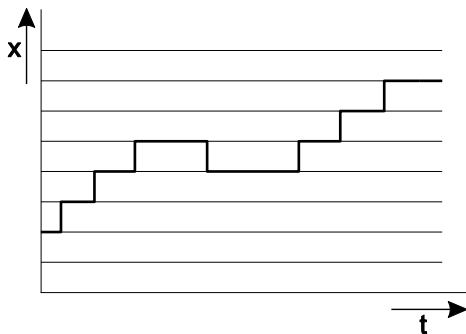
(Fragetyp Mehrfachwahl)

8. Geben Sie an, welche der folgenden Gleichungen korrekt sind!

- a)  $10^{-3} \text{ kg} + 10^6 \text{ } \mu\text{g} = 2 \text{ g}$
- b)  $1 \text{ pF} = 10^3 \text{ nF}$
- c)  $99 \text{ cm} + 1 \text{ mm} = 1 \text{ m}$
- d)  $10 \text{ mA} + 100 \text{ } \mu\text{A} = 1,01 \cdot 10^{-2} \text{ A}$
- e)  $1 \text{ m}^3/\text{s} + 100 \text{ cm}^3/\text{s} = 1,01 \text{ m}^3/\text{s}$

(Fragetyp Mehrfachwahl)

9. Geben Sie an, von welcher Art das nachfolgend abgebildete Signal hinsichtlich seines Verhaltens in Zeit- sowie in Amplitudenrichtung ist!



- a) amplitudenkontinuierlich und zeitkontinuierlich
- b) amplitudendiskret und zeitkontinuierlich
- c) amplitudenkontinuierlich und zeitdiskret
- d) amplitudendiskret und zeitdiskret

(Fragetyp Einfachwahl)

10. Ein lineares System 1. Ordnung mit der Zeitkonstanten  $T$  und dem Übertragungsfaktor  $K = 1$  werde zum Zeitpunkt  $t = 0$  mit einer sprungförmigen Änderung der Eingangsspannung von  $0 \text{ V}$  auf  $20 \text{ V}$  beaufschlagt. Welche Spannung wird nach der Zeitdauer  $t = T$  am Ausgang etwa anliegen?

- a)  $5 \text{ V}$
- b)  $6,3 \text{ V}$
- c)  $10 \text{ V}$
- d)  $12,6 \text{ V}$
- e)  $18 \text{ V}$

*(Fragetyp Einfachwahl)*

11. Eine normalverteilte, dimensionslose Größe werde mit 10 Wiederholungen gemessen. Das Konfidenzintervall des Erwartungswertes wird zu  $12 \leq \mu \leq 30$  bei  $P = 95\%$  bestimmt. Die Standardabweichung  $\sigma$  sei bekannt. Geben Sie an, wie viele Wiederholungsmessungen durchgeführt werden müssten, um das Konfidenzintervall bei unveränderter Aussagesicherheit auf  $18 \leq \mu \leq 24$  zu reduzieren!

- a) 30
- b) 90
- c) 100
- d) 160
- e) 200

*(Fragetyp Einfachwahl)*

12. Auf dem Wochenmarkt nutzt ein Gemüsehändler eine Balkenwaage zum Wiegen der Ware. Dabei wirken sich zwei Störeinflüsse auf die Messung aus. Charakterisieren Sie jeweils die zwei nachfolgend beschriebenen Störeinflüsse!

12.1. Da die Waage am Rand der Überdachung des Standes aufgebaut ist, wird bei Sonnenschein eine Seite des Messbalkens stärker erwärmt als die andere.

- a) superponierender äußerer Störeinfluss
- b) deformierender äußerer Störeinfluss
- c) innerer Störeinfluss

*(Fragetyp Einfachwahl)*

12.2. Da die Waage am Rand der Überdachung des Standes aufgebaut ist, sammelt sich bei Regen etwas Wasser in einer der Waagschalen.

- a) superponierender äußerer Störeinfluss
- b) deformierender äußerer Störeinfluss
- c) innerer Störeinfluss

*(Fragetyp Einfachwahl)*

13. Sie führen ein Zufallsexperiment durch, bei welchem Sie aus einem mit roten und grünen Kugeln gefüllten Gefäß zufällig  $n$  Kugeln nacheinander entnehmen, wobei Sie jede Kugel sofort nach ihrer Entnahme wieder in das Gefäß zurücklegen. Durch welche statistische Verteilung lässt sich die Wahrscheinlichkeit beschreiben, mit der bei diesem Versuch eine bestimmte Anzahl roter Kugeln gezogen wird?

- a) Binomialverteilung
- b) Normalverteilung
- c) Gleichverteilung
- d) Poissonverteilung
- e) Hypergeometrische Verteilung

(Fragetyp Einfachwahl)

14. Geben Sie an, welche der folgenden Aussagen über statistische Tests korrekt sind!

- a) Eine Messreihe, die zur Bildung einer Hypothese verwendet wurde, darf nicht für einen Test dieser Hypothese genutzt werden.
- b) Als Fehlentscheidung 1. Art bezeichnet man den Fall, dass als Ergebnis eines statistischen Tests die Nullhypothese  $H_0$  nicht abgelehnt wird, obwohl  $H_0$  tatsächlich nicht zutrifft.
- c) Wird für einen statistischen Test ein Signifikanzniveau von 1% gewählt, bedeutet dies, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 1% eine Fehlentscheidung 2. Art auftritt.
- d) In experimentellen Wissenschaften können statistische Tests dazu genutzt werden, Hypothesen abzusichern oder begründet zu verwerfen.
- e) Die Güte eines statistischen Tests lässt sich durch Vergrößerung des zugrunde gelegten Stichprobenumfangs erhöhen.

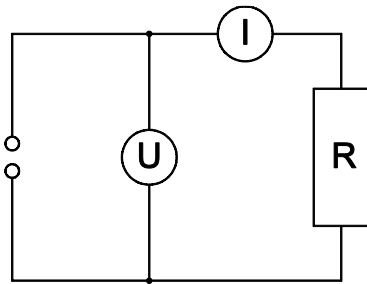
(Fragetyp Mehrfachwahl)

15. Geben Sie an, welche der folgenden Aussagen hinsichtlich Handmessmitteln zutreffend sind!

- a) Der Messschieber ist anfällig für das Auftreten des Abbefehlers, da bei ihm Antast- und Messlinie nicht fluchten.
- b) Der Nonius eines Messschiebers dient dazu, bei der Ablesung der Skala das Auftreten eines Parallaxenfehlers zu vermeiden.
- c) Bei der Bügelmessschraube stellt in der Regel eine Rutschkupplung eine bei allen Messungen gleiche Antastkraft sicher.
- d) Bei der Messuhr wird die Auslenkung des Messbolzens über ein Präzisionsgetriebe in eine Zeigerdrehung gewandelt.
- e) Bei der Längenmessung mittels eines Maßstabes handelt es sich um eine direkte Messmethode im weiteren Sinne.

(Fragetyp Mehrfachwahl)

16. Geben Sie an, welche der folgenden Aussagen über die nachfolgend abgebildete Schaltung zutreffend sind!



- a) Bei der Schaltung handelt es sich um eine Stromfehlerschaltung zur indirekten Widerstandsmessung.
- b) Die indirekte Widerstandsmessung basiert auf der Anwendung des Ohmschen Gesetzes.
- c) Die Schaltung ist für die Messung großer Widerstände besser geeignet als für die Messung kleiner Widerstände.
- d) Die systematische Messabweichung der Schaltung würde zu Null werden, wenn das verwendete Spannungsmessgerät einen unendlich hohen Innenwiderstand aufweisen würde.
- e) Bei bekannten Innenwiderständen von Strom- und Spannungsmessgerät kann der korrekte Widerstandswert von R mittels einer Korrekturformel ermittelt werden.

(Fragetyp Mehrfachwahl)

17. Ein analoges Spannungssignal im Bereich von  $-10\text{ V}$  bis  $10\text{ V}$  soll so digitalisiert werden, dass der maximale Quantisierungsfehler  $1\text{ }\mu\text{V}$  beträgt. Geben Sie an, mit wie viel Bit der A/D-Umsetzer mindestens arbeiten muss!

- a) 14 Bit
- b) 20 Bit
- c) 24 Bit
- d) 25 Bit

(Fragetyp Einfachwahl)

**Kurzfragen (für 5 LP Klausur):**

- 18. Geben Sie an, ob die Aussage „Die Messunsicherheit kann beliebig klein gemacht werden, wenn man ausreichend viele Wiederholungen der Messung durchführt“ zutreffend ist! Begründen Sie Ihre Aussage!**

Nein, denn der systematische Abweichungsanteil kann durch wiederholte Messung nicht reduziert werden.

- 19. Erläutern Sie, was darunter zu verstehen ist, dass es sich bei dem Abtasttheorem nach Shannon um eine hinreichende, aber nicht notwendige Bedingung handelt!**

*Hinreichende Bedingung:* Wenn das Abtasttheorem eingehalten wird, wird bereits alleine dadurch eine verlustfreie Rekonstruktion des Ursprungssignals ermöglicht.

*Nicht notwendige Bedingung:* Auch wenn das Abtasttheorem nicht eingehalten wird, ist prinzipiell noch eine verlustfreie Rekonstruktion des Ursprungssignals möglich, beispielsweise unter Einbeziehung von Zusatzinformationen.

- 20. Ein Rechtecksignal mit einer Periodendauer von 5 ms werde mit einer Abtastrate von 1 kHz digitalisiert. Geben Sie an, ob in diesem Fall das Abtasttheorem nach Shannon erfüllt ist! Begründen Sie Ihre Antwort!**

Ein Rechtecksignal ist nicht bandbegrenzt, das Abtasttheorem kann daher nicht eingehalten werden, da die Abtastrate unendlich hoch sein müsste.

- 21. Geben Sie an, wie groß die Fläche unter der Verteilungsdichtefunktion einer Binomialverteilung  $P(X = k) = \binom{n}{k} p^k q^{n-k}$  mit dem Parameter  $p = 0,3$  ist!**

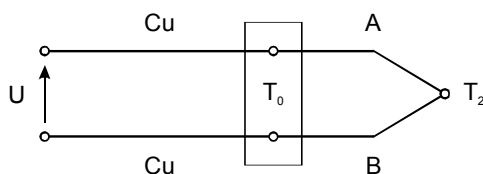
1 (entsprechend 100% wie bei allen anderen Verteilungen auch)

- 22. Geben Sie an, welcher Punkt bei der linearen Regression stets auf der berechneten Geraden liegt!**

Der Schwerpunkt  $(\bar{x}, \bar{y})$  der zugrunde liegenden Punkte.

- 23. Skizzieren Sie den Aufbau eines Thermoelements und erläutern Sie dessen Wirkungsweise!**

Bei Thermoelementen werden zwei unterschiedliche Metalldrähte A und B verbunden und die Verbindungsstelle mit dem Messobjekt in Kontakt gebracht (Temperatur  $T_2$ ). Die offenen Enden werden an die Messleitungen (meist Kupfer) angeschlossen und liegen auf der Referenztemperatur  $T_0$ . Eine Temperaturdifferenz zwischen  $T_0$  und  $T_2$  bewirkt durch den Seebeck-Effekt eine elektrische Spannung.



- 24. Geben Sie an, welche beiden grundlegenden Typen von mechanischen Tastern man in der Koordinatenmesstechnik unterscheidet! Erläutern Sie deren Unterschied hinsichtlich der über den Antastvorgang gelieferten Information!**

Man unterscheidet schaltende und messende Taster. Ein schaltender Taster liefert nur die Information, dass das Messobjekt angetastet wurde, während ein messender Taster auch Informationen zur Antastkraft und Antastrichtung liefern kann.

- 25. Geben Sie an, wie viele Takte ein A/D-Umsetzer nach dem Zählverfahren maximal für die Digitalisierung einer Messgröße mit 16 Bit Auflösung benötigt!**

65536

- 26. Auf einer zukünftigen Marsmission soll den Astronauten eine Waage mitgegeben werden, um vor Ort die Masse von für den Transport zur Erde bestimmten Gesteinsproben ermitteln zu können. Im Auftrag der ESA sollen Sie analysieren, welche Grundprinzipien von Waagen für diesen Zweck einsetzbar sind. Ihre Großmutter schlägt vor, hierfür eine Balkenwaage und einen Satz kalibrierter Massestücke einzusetzen, wie sie dies noch aus ihrer Jugend vom Wochenmarkt kennt.**

- a) Geben Sie an, ob eine derartige Wäganordnung auf dem Mars bei sachgemäßer Verwendung eine präzise Massebestimmung erwarten lässt! Begründen Sie Ihre Antwort!**

Eine Balkenwaage und ein Satz kalibrierter Massestücke sind auch für die Messung auf dem Mars geeignet, da es sich um ein Kompensationsmessverfahren handelt und sowohl das Wägegut als auch die Massestücke von der herrschenden Schwerkraft (die sich von der auf der Erde unterscheidet) betroffen sind.