Erstellungsdatum: 2005-02-21 14:23:55

Name: goerz

GP, Ferienkurs, Testat erforderlich, benotet

Anforderungen für den ersten Praktikumstermin erfüllt

Testat am: 2005-02-21 14:23:35
Aktuelle Note: 5 Punkte

Aufgaben	Gesamt	15
	Richtig	15
	Falsch	0

1. Benutzungshinweise

Diese Seiten dienen der Übung der Fehlerrechnung und müssen zur Teilnahme am ersten Versuchstermin des GP I vollständig bearbeitet worden sein. Als Nachweis und zur Dokumentation ist ein Ausdruck der gelösten Übung in das Praktikumprotokollheft einzufügen. Die Übung erläutert einige der notwendigen Grundlagen, ersetzt aber nicht die Lektüre der Anlage I (Fehlerrechnung) und Anlage II (Grafische Darstellung) des Praktikumskripts.

Es empfiehlt sich, die Übungen in der vorgegebenen Reihenfolge zu bearbeiten. Wenn Sie an einer Aufgabe scheitern, können Sie allerdings auch mit Hilfe des Inhaltsverzeichnisses (links) direkt zur folgenden Seite springen und später auf die übersprungene Aufgabe zurückkommen.

Für die Bewertung der Übung ist es unerheblich, ob Sie zunächst falsche Antworten eingegeben haben. Falsche Antworten werden kommentiert und Sie haben fünf Versuche offen, die korrekte Antwort zu finden. Nach fünf falschen Antworten wird die korrekte Antwort angezeigt und eine neue Aufgabe mit veränderten Zahlenwerten gestellt. Für diese neue Aufgabe haben Sie beliebig viele Versuche, bis sie richtig beantwortet ist. Gewertet wird nur, ob Sie vor Ablauf der entsprechenden Frist die richtige Antwort gefunden haben, oder nicht. Es ist durchaus im Sinne des interaktiven Charakters der Übung, dass Sie auch Lösungen versuchsweise eingeben, von denen Sie noch nicht ganz sicher sind, ob Sie sie richtig berechnet haben.

Fragen und Anregungen zur Vebesserung der Übung senden Sie bitte an gpfr@physik.fu-berlin.de.

---

2. Einführung in die Fehlerrechnung

Physikalische Messungen beinhalten immer Ungenauigkeiten, die z.B. auf die endliche Genauigkeit der Kalibrierung von Messgeräten, der Ablesegenauigkeit und der Präzision der Durchführung zurückgehen.

Darüber hinaus gibt es Größen, die aufgrund ihrer Natur nicht exakt messbar sind. Ein Beispiel wäre die Lebensdauer eines radioaktiven Isotops. In diesem Fall würde man prinzipiell die Lebensdauer vieler einzelner Atomkerne sehr genau bestimmen können, für die Lebensdauer des Isotops wäre das aber nur eine Stichprobe, der Wert also mit einem statistischen Fehler behaftet.

Auf den folgenden Seiten sollen die Charakterisierung der Fehler einzelner Messwerte und die Berechnung der resultierenden Fehler in den zu bestimmenden physikalischen Größen geübt werden.

---

3. Systematische und statistische Fehler

Man unterscheidet zwischen systematischen und statistischen Fehlern. Systematische Fehler treten bei Wiederholung der Messung identisch wieder auf. Ein Beispiel wäre ein zu heiß gewaschenes Stoffmaßband, das systematisch um einen konstanten Faktor zu große Längenmesswerte ergibt.

Zufällige Fehler dagegen produzieren eine Streuung von Messwerten um den korrekten Mittelwert. Wenn viele unabhängige statistische Fehlerquellen die Messung beeinflussen, dann ergibt sich eine Normalverteilung (Gaußkurve) der Messwerte, die durch Mittelwert und Standardabweichung σ vollständig charakterisiert ist.

Der Hauptunterschied zwischen systematischen und statistischen Fehlern für die Gestaltung von Experimenten besteht darin, dass der Einfluss statistischer Fehler durch entsprechend umfangreiche Messreihen beliebig reduziert werden kann, wohingegen der Einfluss systematischer Fehler nur durch eine bessere Konzeption des Experiments oder bessere Messgeräte reduziert werden kann.

---

4. Messreihen und Standardabweichung

Aus einer Messreihe von n Messwerten $\{x_i\}$ kann man neben dem Mittelwert <x> die Standardabweichung σ eines Einzelmesswertes und die Standardabweichung $\sigma_{<x>}$ des Mittelwertes bestimmen.

$$<x> = \frac{1}{n}\sum_i x_i$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1}\sum_i (x_i - <x>)^2$$

$$\sigma^2_{<x>} = \frac{1}{n}\sigma^2$$

Aufgabe:

Sie wollen demonstrieren, dass Sie eine Münze so werfen können, dass Sie häufiger Kopf (1) als Zahl (0) erhalten. Bei Ihren Würfen erhalten Sie folgende Sequenz:

1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1

Berechnen Sie Mittelwert <x> und Standardabweichung des Mittelwertes $\sigma_{<x>}$ der Stichprobe. Bitte geben Sie die Ergebnisse jeweils kaufmännisch gerundet mit zwei Nachkommastellen an.

Ihre Antwort <x> = 0,73 ± 0,12 istrichtig

---

5. Darstellung von Messwerten und Ergebnissen

Messwerte und Ergebnisse werden in Form von Ergebnisintervallen, z. B. U = (3,45 ± 0,03) V dargestellt. Die Intervallmitte wird als Ergebniswert und der Intervallradius als absoluter Fehler ΔU bezeichnet. Das Ergebnisintervall ist so gewählt, das für Stichproben $U = (<U>_S \pm \sigma_{<U>})$ gilt.

Fehler von Endergebnissen werden mit einer signifikanten Stelle angegeben. Um auszuschließen, dass ein zu kleiner Fehler angegeben wird, wird bei der Reduktion auf den Zahlenwert mit einer signifikanten Stelle aufgerundet (0,0214 wird 0,03).

Ergebniswert und Fehler müssen in der gleichen Zehnerpotenz enden (gleiche Auflösung). Hierbei wird der Ergebniswert kaufmännisch gerundet.

Um zu vermeiden, dass sich Rundungsfehler im Laufe der Rechnung unverhältnismäßig aufsummieren, werden Zwischenergebnisse mit zwei signifikanten Stellen im Fehler angegeben. In diesem Fall erfolgt die Rundung auch in dem Fehler kaufmännisch. Diese letzte Stelle fällt bei Erstellung des Endergebnises durch Aufrundung weg.

Aufgabe:

Bei der Berechnung von Wert und Fehler einer Länge a in mm zeigt Ihr Taschenrechner folgende Werte an:

a: 52,684063
Δa: 0,0176228

Was ist die korrekte Darstellung als Endergebnis?

Ihre Antwort a = (52,68 ± 0,02) mm istrichtig

---

6. Bedeutung des Ergebnisintervalls

Für rein statistische Fehler charakterisiert das Ergebnisintervall x = (<x> ± Δx) die erwartete Verteilung neuer Ergebniswerte bei Versuchswiederholungen. Mit einer Wahrscheinlichkeit von 68% sollte der neue Wert in das Intervall fallen, zu 32% außerhalb liegen. In das dreifache Fehlerintervall sollten dagegen 99,7% der Werte fallen.

Diese statistischen Aussagen nutzt man für den quantitativen Vergleich der Messergebnisse mit unabhängigen Ergebnissen (Theorie, Literatur, andere Messung). Dabei bezeichnet man die Ergebnisse als *gleich*, wenn sich die Fehlerintervalle schneiden, als *verträglich* , wenn sich die dreifachen Fehlerintervalle schneiden und als *signifikant unterschiedlich*, wenn dies nicht der Fall ist.

---

7. Relative Fehler

Der Fehler einer Größe x mit absolutem Fehler Δx wird häufig auch durch einen relativen Fehler δx = (Δx) / x charakterisiert, der bei der Fehlerfortpflanzung eine wichtige Rolle spielt. Der relative Fehler wird analog zum absoluten Fehler in Zwischenergebnissen mit zwei und in Endergebnissen mit einer signifikanten Stelle dargestellt.

Aufgabe:

Bei der Bestimmung der spezifischen Wärme von Kupfer haben Sie in der Auswertung als Zwischenwert ein Wasseräquivalent von $m_a = (45{,}0 \pm 3{,}0)$ g bestimmt. Zur weiteren Auswertung benötigen Sie den relativen Fehler von m_a. Wie groß ist dieser? (Hier bitte nicht in % angeben.)

Ihre Antwort $\delta m_a = 0{,}067$ ist richtig

---

8. Fehlerfortpflanzung

Bei der Auswertung von Experimenten werden die gesuchten physikalischen Größen i.a. aus einem oder mehreren Messwerten berechnet. Die Fehler der Messwerte pflanzen sich dabei fort und resultieren in Fehlern der Endergebnisse. Für Gauß-verteilte zufällige Fehler, die zwischen den Einzelmesswerten unkorreliert (statistisch unabhängig) sind und deren Einfluss auf das Endergebnis gut durch eine lineare Näherung wiedergegeben wird, liefert die Gauß'sche Fehlerfortpflanzung den Fehler des Endergebnisses.

Mit der linearen Näherung der Größe f(a,b) nach ihren Eingangswerten a,b ergibt sich:

$$f(a,b) = f(a_0 + \Delta a, b_0 + \Delta b) \approx f(a_0 + b_0) + \left(\frac{\partial f}{\partial a}\right)\Delta a + \left(\frac{\partial f}{\partial b}\right)\Delta b$$

$$\Rightarrow \qquad (\Delta f)^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial a}\right)^2 (\Delta a)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial b}\right)^2 (\Delta b)^2$$

Dies beruht darauf, dass die Faltung zweier Gaußfunktionen mit Breiten σ_1 und σ_2 eine Gaußfunktion mit $\sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2$ ergibt.

Einfachste Beispiele der Fehlerfortpflanzung sind konstante Faktoren und Summanden:

$$\boxed{\begin{aligned} f(a,c) &= a + c \quad \textbf{mit} \quad \Delta c = 0 \\ &\Rightarrow \quad \Delta f = \Delta a \\[1em] g(a,c) &= c * a \quad \textbf{mit} \quad \Delta c = 0 \\ &\Rightarrow \quad \Delta g = |c| * \Delta a \\ &\Rightarrow \quad \delta g = \delta a \end{aligned}}$$

Es ist zweckmäßig, bei der Berechnung kleine Fehlerbeiträge frühzeitig gegenüber größeren zu vernachlässigen, wenn sichergestellt ist, dass der Fehlerwert des Ergebnisses dadurch nicht signifikant verändert wird. Weil die Fehler der Endergebnisse nur mit einer signifikanten Stelle angegeben werden, reicht eine Genauigkeit von 10%. Durch die quadratische Addition der Fehlerbeiträge können in einfachen Summen einzelne absolute Fehler vernachlässigt werden, wenn sie kleiner als 30% des größten vorkommenden Fehlers sind. Analoges gilt für Produkte in Bezug auf die relativen Fehler.

---

9. Gesamtfehler von Summen und Differenzen

Bei Summen ergibt sich nach der Gauß'schen Fehlerfortpflanzung das Quadrat des absoluten Fehlers als Summe der Quadrate der einzelnen absoluten Fehler.

$$\boxed{\begin{gathered} c = a + b \text{ oder } c = a - b \\ (\Delta c)^2 = (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2 \end{gathered}}$$

Frühere Aufgabe:

Die Länge eines Korridors wird mit einem Zollstock von zwei Meter Länge vermessen. Das Ergebnis ergibt sich aus drei Teilmessungen.

$$L = L_1 + L_2 + L_2$$
mit
$$L_1 = (200{,}0 \pm 0{,}5)\ \text{cm}$$
$$L_2 = (200{,}0 \pm 0{,}5)\ \text{cm}$$
$$L_3 = (104{,}7 \pm 1{,}5)\ \text{cm}$$

Geben Sie als Endergebnis die ermittelte Länge L an.

Korrekte Antwort ist: L = (505 ± 2) cm

Aufgabe:

Die Länge eines Korridors wird mit einem Zollstock von zwei Meter Länge vermessen. Das Ergebnis ergibt sich aus drei Teilmessungen.

$$L = L_1 + L_2 + L_2$$
mit
$$L_1 = (200{,}0 \pm 0{,}5)\ \text{cm}$$
$$L_2 = (200{,}0 \pm 0{,}5)\ \text{cm}$$
$$L_3 = (91{,}1 \pm 2{,}5)\ \text{cm}$$

Geben Sie als Endergebnis die ermittelte Länge L an.

Ihre Antwort L = (491 ± 3) cm istrichtig

---

10. Gesamtfehler von Produkten und Quotienten

Bei Produkten ergibt sich nach der Gauß'schen Fehlerfortpflanzung das Quadrat des relativen Fehlers als Summe der Quadrate der einzelnen relativen Fehler.

$$c = a * b \text{ oder } c = a/b$$
$$(\delta c)^2 = (\delta a)^2 + (\delta b)^2$$

Aufgabe:

Sie sind der Meinung, dass in Ihrer Zone-30-Straße häufig zu schnell gefahren wird. Zur Überprüfung messen Sie eine Strecke ab, indem Sie von einer Kreuzung 10 Sekunden die Straße entlang sprinten. Sie sind von Ihrer Sportlichkeit überzeugt und schließen somit auf eine zurückgelegte Strecke von s = (100 ± 10) m. Von Ihrem Balkon aus stoppen Sie die Zeit t = (9,0 ± 0,2) s, die ein Pkw für die Strecke benötigt. Wie groß ist die Durchschnittsgeschwindigkeit v_d des Pkw auf der Strecke? (Angabe in km/h!)

Ihre Antwort v_d = (40 ± 4) km/h istrichtig

---

11. Gesamtfehler von Potenzen

Bei Potenzen multipliziert sich der relative Fehler mit dem Absolutwert des Exponenten.

$$b = a^r \text{ mit } \Delta r = 0$$
$$\delta b = | r | \delta a$$

Frühere Aufgabe:

Sie haben mehrere Stahlkugeln mit bekanntem Radius r_0 = (1,000 ± 0,005) mm und eine mit unbekanntem Radius r_1. Diesen Radius r_1 wollen Sie durch einen Vergleich der entsprechenden Fallzeiten t_0 und t_1 für die Strecke s durch eine viskose Flüssigkeit (Öl) bestimmen. Für die Referenzkugeln machen Sie mehrere Messungen und erhalten als Zwischenergebnis t_0 = (12,67 ± 0,11) s. Da Sie die einzelne Kugel mit r_1 nicht für wiederholte Messungen aus dem Öl fischen wollen, führen Sie für t_1 nur eine einzige Messung aus und erhalten t_1 = (3,1 ± 0,2) s. Aus Ihrer Versuchsvorbereitung wissen Sie, dass die Fallgeschwindigkeit proportional zum Quadrat des Radius ist. Welches Endergebnis erhalten Sie für den Radius r_1?

(Beachten Sie, dass der relative Fehler von t_1 die der anderen Eingangswerte deutlich übertrifft.)

Korrekte Antwort ist: r_1 = (2,02 ± 0,07) mm

Aufgabe:

Sie haben mehrere Stahlkugeln mit bekanntem Radius r_0 = (1,000 ± 0,005) mm und eine mit unbekanntem Radius r_1. Diesen Radius r_1 wollen Sie durch einen Vergleich der entsprechenden Fallzeiten t_0 und t_1 für die Strecke s durch eine viskose Flüssigkeit (Öl) bestimmen. Für die Referenzkugeln machen Sie mehrere Messungen und erhalten als Zwischenergebnis t_0 = (11,43 ± 0,11) s. Da Sie die einzelne Kugel mit r_1 nicht für wiederholte Messungen aus dem Öl fischen wollen, führen Sie für t_1 nur eine einzige Messung aus und erhalten t_1 = (3,3 ± 0,2) s. Aus Ihrer Versuchsvorbereitung wissen Sie, dass die Fallgeschwindigkeit proportional zum Quadrat des Radius ist. Welches Endergebnis erhalten Sie für den Radius r_1?

(Beachten Sie, dass der relative Fehler von t_1 die der anderen Eingangswerte deutlich übertrifft.)

Ihre Antwort r_1 = (1,86 ± 0,06) mm istrichtig

---

12. Gesamtfehler algebraischer Ausdrücke

Bei Ausdrücken, die sich aus den Grundrechenarten und Potenzen zusammensetzen und in denen jeder Eingangswert nur an einer einzigen Stelle auftritt, lässt sich der Fehler unter wiederholter Verwendung der bereits besprochenen Regeln berechnen.

Die Berechnung von v = (a - b) / t mit den Eingangswerten

a = (62,4 ± 0,2) m
b = (11,2 ± 0,2) m
t = (9,2 ± 0,2) s

würde man z.B. wie folgt durchführen und dokumentieren:

$$\boxed{\begin{aligned}
&v = (a - b)/t \\
&d = a - b = \mathbf{51{,}2\,m} \\
&\Delta \mathbf{d} = \sqrt{(\Delta \mathbf{a})^2 + (\Delta \mathbf{b})^2} = \mathbf{0{,}28\,m} \\
&v = d/t = \mathbf{5{,}565\,m/s} \\
&\Delta v = v\,\delta v = v\sqrt{(\delta \mathbf{d})^2 + (\delta \mathbf{t})^2} = \mathbf{0{,}12\,m/s} \\
&v = \mathbf{(5{,}6 \pm 0{,}2)\,m/s}
\end{aligned}}$$

Aufgabe:

Sie stehen an einem Sportplatz und beobachten wie ein Läufer seine Runden dreht. Mit Ihrer Armbanduhr (ohne Stoppuhrfunktion) messen Sie die Zeitpunkte t_1 und t_2, zu denen er in aufeinander folgenden Runden an Ihnen vorbei läuft (t_1: 10:18 h und 23 Sekunden; t_2: 10:19 h und 26 Sekunden; Messfehler jeweils Δt = 1s). Die Streckenlänge beträgt (400 ± 5) m. Welche Zeit t braucht der Läufer bei gleicher mittlerer Laufgeschwindigkeit für 1000 m?

Ihre Antwort t = (158 ± 4) s istrichtig

---

13. Auflösbares mehrfaches Auftreten einzelner Messwerte in Bestimmungsgleichungen

Sollte in einem Ausdruck ein Eingangswert mehrfach auftreten, so muss versucht werden, den Ausdruck so umzuformen, dass dies nicht mehr der Fall ist.

Andernfalls ergibt die Verwendung der geschilderten Regeln einen zu großen Fehlerwert. Ein simples Beispiel, das dies verdeutlicht, ist b = a - a. Offensichtlich ist b = 0 ohne Fehlerintervall. Nach der Summenregel erhielte man aber Δb = 1.41 * Δa.

Aufgabe:

Sie haben gelernt, dass man die Brennweite f einer idealen Linse aus Gegenstands- und Bildweite (a und b) gemäß f = (a * b)/(a + b) berechnen kann. Sie haben a = (18,0 ± 0,2) cm und b = (18,7 ± 0,2) cm gemessen. Wie groß ist die Brennweite f?

---

14. Nicht auflösbares Mehrfachauftreten einzelner Messwerte

Lässt sich ein Mehrfachauftreten einzelner Eingangswerte auch durch Umformung der Bestimmungsgleichung nicht verhindern, so muss man für die Fehlerberechnung auf die zugrundeliegende Linearisierung mit partiellen Ableitungen zurückgreifen (s. Seite Fehlerfortpflanzung).

Aufgabe:

Sie wollen die Brennweite f einer idealen Linse bestimmen. Bei der Versuchsdurchführung waren Sie der (berechtigten) Meinung, zur Minimierung der Messfehler sei es günstiger, den Abstand zwischen Gegenstand und Bild d = a + b und die Bildweite b zu bestimmen, anstatt Gegenstands- und Bildweite, a und b zu messen.

Berechnen Sie aus den Messwerten d = (28,7 ± 0,3) cm und b = (15,1 ± 0,3) cm die Brennweite f.

Ihre Antwort f = (7,16 ± 0,09) cm istrichtig

15. Versagen der linearen Fehlerrechnung

Es gibt auch Fälle, in denen die lineare Fehlerrechnung versagt. Z. B. werden wertvolle (Elektronen-) Optiken bewusst so aufgebaut, dass lineare chromatische Aberrationen kompensiert sind und Abweichungen erst in quadratischer Näherung auftreten.

Stellt sich also zusätzlich zu der Nichtauflösbarkeit des Mehrfachauftretens einzelner Eingangswerte auch noch heraus, dass alle auftretenden partiellen Ableitungen verschwinden, so bleibt nur noch ein Einsetzen der Fehlerintervallgrenzwerte zur Bestimmung eines Fehlers. Als Fehlerwert wird die maximale Abweichung gewählt.

Bei Versagen der linearen Fehlerrechnung liegt das Fehlerintervall i. a. auch nicht mehr symmetrisch um den Ergebniswert. Dies wird manchmal in der Form $x = x_0 + \Delta x_+ - \Delta x_-$ dargestellt, wovon hier aber kein Gebrauch gemacht werden soll.

Als generelle Vorgehensweise auch in den anderen Fällen ist dies nicht geeignet, weil die Werte für alle Kombinationen der jeweils zwei Fehlerintervallgrenzen der Eingangswerte berechnet werden müssten und darüber hinaus die gegenseitige Kompensation der zufälligen Fehler nicht berücksichtigt würde.

Aufgabe:

Bestimmen Sie ein Zwischenergebnis b = 1,5 * (a + 1/a) mit der Messgröße a = 1,00 ± 0,49.

Ihre Antwort b = 3,00 ± 0,71 istrichtig

16. Gesamtfehler von Ausdrücken mit Funktionen

Die Fehlerfortpflanzung von Funktionen erfolgt zweckmäßigerweise durch Ableitung nach ihrem Argument, ohne den gesamten Fehler über partielle Ableitung zu berechnen.

Beispiel:

$$\boxed{\begin{gathered} k = f((a+b)/c) \\ h := (a+b)/c \\ \Delta k = |f'(h)| * \Delta h \end{gathered}}$$

Aufgabe:

In der Beugung an einem Gitter mit rotem He-Ne-Laserlicht (λ = 632,8 nm) beobachten Sie unter einem Beugungswinkel von α = (25,8 ± 0,5)° die erste Beugungsordnung (z = 1). Was ergibt sich für die Gitterkonstante d unter Verwendung der Beugungsformel d sin(α) = z λ?

Ihre Antwort d = (1,45 ± 0,03) µm istrichtig

---

17. Fehlerangaben für Geräte mit Digitalanzeigen

Messgeräte verfügen über eine endliche Messgenauigkeit, die von den Herstellern untersucht und in den Bedienungsanleitungen als Nennfehler angegeben wird.

Bei Digitalgeräten setzt sich der Nennfehler aus einem relativen und einem absoluten Anteil zusammen. Der relative Anteil geht auf die endliche Genauigkeit der Kalibrierung zurück und wird in % vom Messwert angegeben. Der absolute Anteil wird in Digits (d) angegeben (z.B. bedeutet 3d bei einer Anzeige von 1,5347 einen Fehler von ± 0,0003). Für die spätere Fehlerberechnung ist es also notwendig auch abschließende Nullen zu protokollieren (2d von 1,25 ist 0,02; 2d von 1,250 ist 0,002). Der Gesamtfehler wird als einfache (nicht quadratische) Summe der zwei Anteile berechnet.

Aufgabe:

Sie messen Ströme und Spannungen mit einem Digitalmultimeter. Der angegebene Nennfehler für ihre Messung ist "2% + 1d". Wie lautet das Zwischenergebnis für den Strom, wenn im 200 mA Messbereich ein Zahlenwert von 130,5 angezeigt wird?

Ihre Antwort I = (130,5 ± 2,7) mA istrichtig

---

18. Fehlerangaben für Geräte mit Analoganzeigen

Bei Analoggeräten wird der Nennfehler in Form einer Güteklasse angegeben. Geräte mit einer Güteklasse k haben einen absoluten Fehler von Δx = Messbereich * k/100. Die Berechnung erfordert also die Kenntnis des verwendeten Messbereiches, der daher protokolliert werden muss. Zu dem Nennfehler addiert sich noch ein Ablesefehler, dessen Größe gemäß der verwendeten Sorgfalt gewählt werden muss. Da der Nennfehler ein systematischer ist, erfolgt die Summierung wie bei den Digitalgeräten linear.

Aufgabe:

Sie messen mit einem Analogmultimeter mit Güteklasse 1,5 eine Gleichspannung. In dem Messbereich von 3 V = 30 Skt lesen Sie die Zeigerposition als (6,9 ± 0,1) Skt ab. Wie lautet das Endergebnis für die Spannung?

Ihre Antwort U = (0,69 ± 0,06) V istrichtig

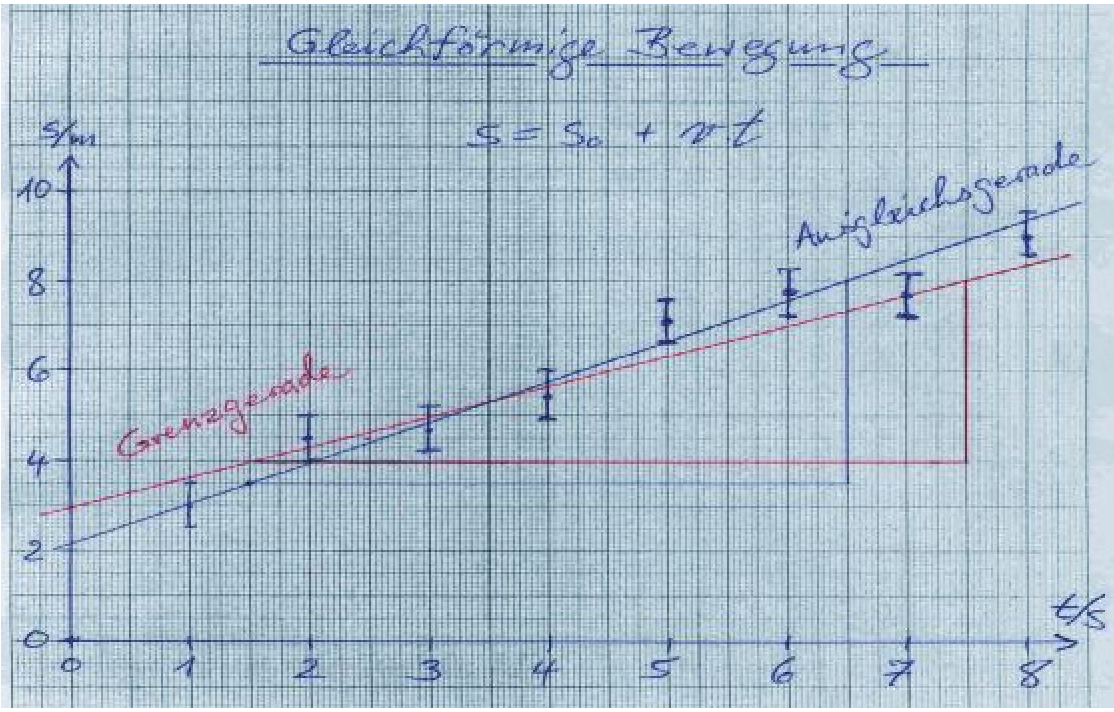
---

19. Grafische Auswertung linearer Zusammenhänge

Die grafische Auswertung linearer Zusammenhänge erfolgt durch Einzeichnen von Ausgleichs- und Grenzgeraden. Gehen die Fehler der aufgetragenen Werte auf statistische Fehlerquellen zurück, so sollte die Ausgleichsgerade zwei plus 68% der verbleibenden Fehlerbalken schneiden. Die Wahl der Grenzgeraden hängt davon ab, welche Größe bestimmt werden soll. Ist es die Steigung, dann wählt man eine maximale Verkippung, ist der Achsenabschnitt gesucht, muss man dagegen dessen Abweichung gegenüber der Ausgleichsgeraden maximieren. In beiden Fällen sollte die Grenzgerade noch einen Großteil der Fehlerbalken schneiden.

Frühere Aufgabe:

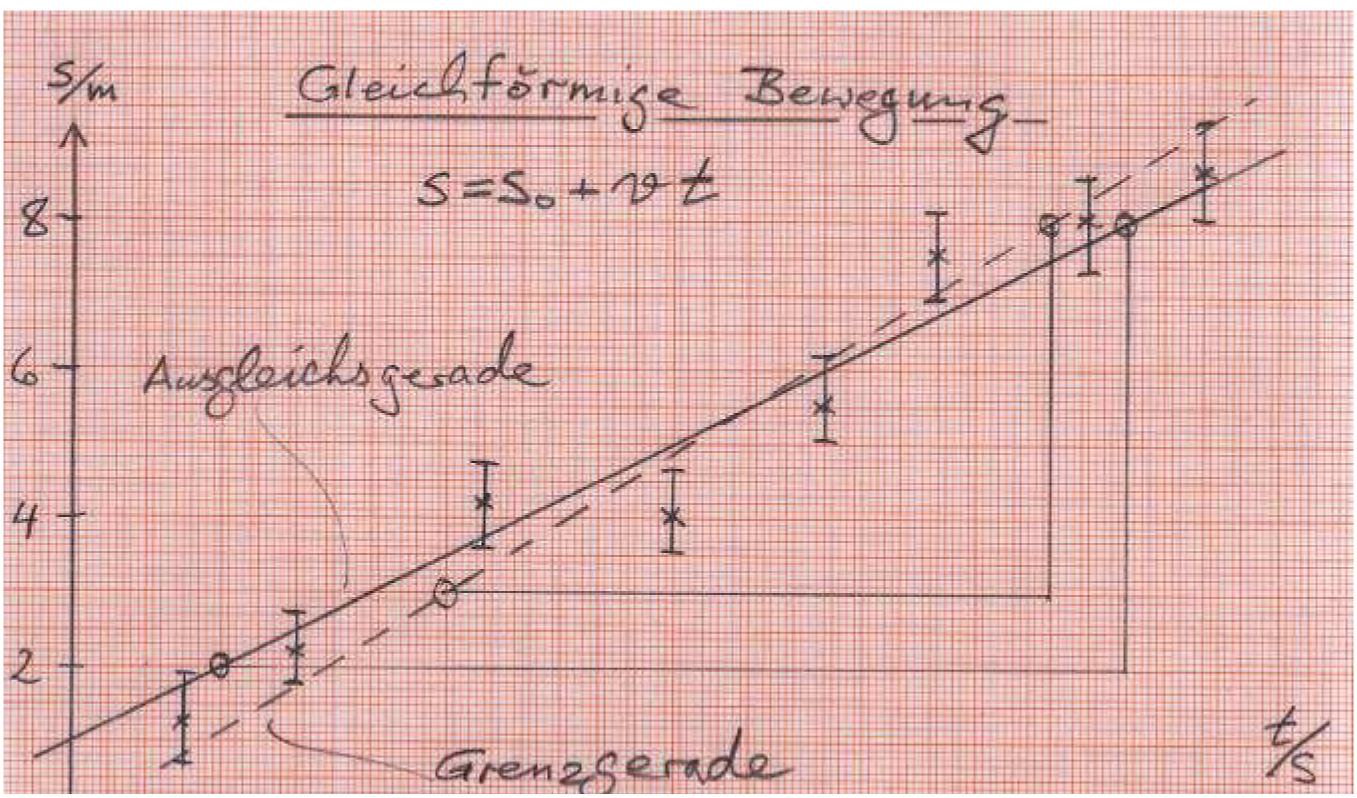
Die bei einer gleichförmigen Bewegung ($s(t) = s_0 + v * t$) gemessenen Zeit-Ort-Wertepaaren wurden unten grafisch dargestellt. Bestimmen Sie unter Verwendung der eingezeichneten Steigungsdreiecke, deren Eckpunkte auf Hauptlinien liegen, den Geschwindigkeitsparameter v als Zwischenergebnis für die weitere Auswertung.

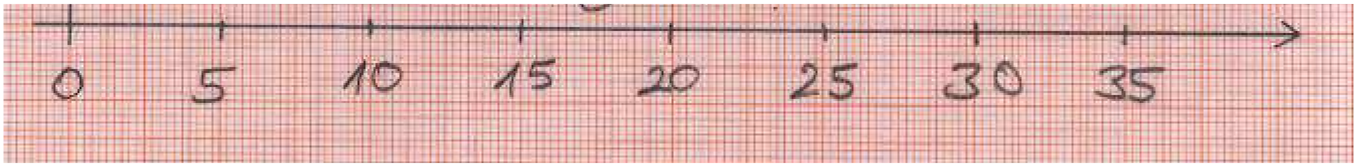


Korrekte Antwort ist: v = (0,90 ± 0,23) m/s

Aufgabe:

Die bei einer gleichförmigen Bewegung ($s(t) = s_0 + v * t$) gemessenen Zeit-Ort-Wertepaaren wurden unten grafisch dargestellt. Bestimmen Sie unter Verwendung der eingezeichneten Steigungsdreiecke, deren Eckpunkte auf Hauptlinien liegen, den Geschwindigkeitsparameter v als Zwischenergebnis für die weitere Auswertung.





Ihre Antwort v = (0,200 ± 0,050) m/s ist richtig

20. Grafische Auswertung exponentieller Zusammenhänge

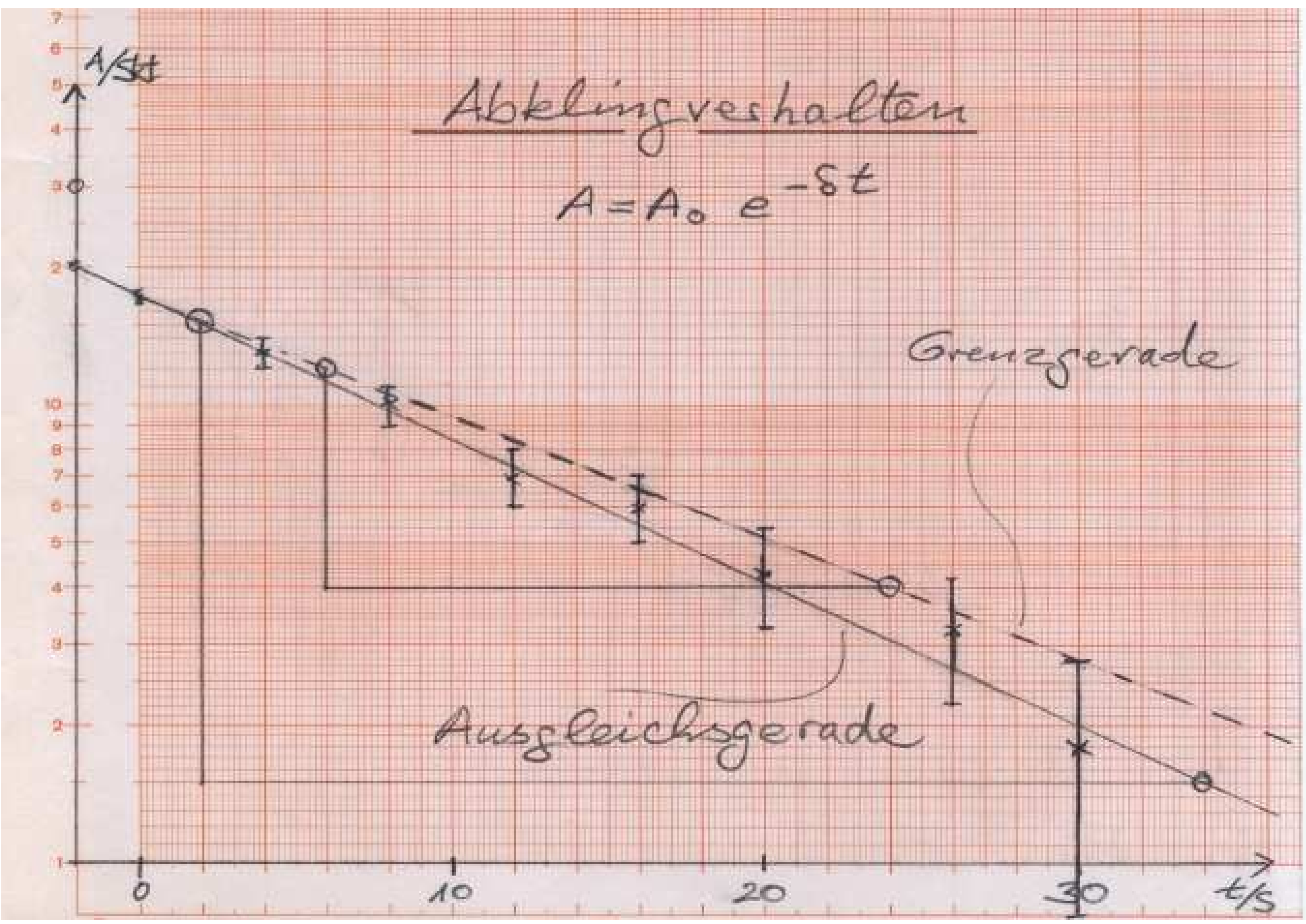
Daten mit exponentieller Abhängigkeit

$$y(x) = y_0 \, e^{a\,x}$$

werden zur Auswertung auf halblogarithmischem Netzpapier dargestellt. Der Vorfaktor im Exponenten wird aus Ausgleichs- und Grenzgeraden bestimmt. Auf der jeweiligen Geraden werden zwei Punkte (x_1, y_1) und (x_2, y_2) gewählt und aus diesen gemäß $a = \ln(y_2/y_1)/(x_2-x_1)$ der Vorfaktor bestimmt.

Aufgabe:

Sie haben ein Abklingverhalten $A(t) = A_0 \, e^{-\delta\, t}$ untersucht. Bestimmen Sie aus der grafischen Darstellung die Abklingkonstante δ als Zwischenergebnis für die weiter Auswertung.



Ihre Antwort δ = (0,072 ± 0,011) s^{-1} ist richtig