19.11.20

Versuch ~~B~~232 – Gleichströme, Spannungsquellen und Widerstände

Dieser Versuch aus insgesamt fünf unterschiedlichen Versuchsteilen zu folgenden Themen: Widerstandsmessung durch Strom- und Spannungsmessung, Potentiometerschaltung, Kompensationsschaltung zur Bestimmung der Leerlaufspannung, Wheatstonesche Brückenschaltung sowie Temperaturabhängigkeit von Widerständen.

Ein wichtiger Punkt, der zu beachten ist, ist, dass eine reale Spannungsquelle die Klemmspannung $U = U_0 \cdot R_i \cdot I = U_0 \frac{R_a}{R_a+R_i}$ liefert da sie einen Innenwiderstand R_i besitzt. Diese sind auch für verschieden Messgeräte zu beachten.

Im ersten Versuchsteil ist unter Berücksichtigung dessen ein unbekannter Widerstand R_x zu bestimmen.

Im zweiten Versuchsteil wird das Verhalten einer Spannungsteil unter und ohne Belastung gemessen. ~~[illegible]~~ Bestimmt werden vor allem die Größen Innenwiderstand R_i^S und Leerlaufspannung. Hierbei gilt: $U = \frac{R_2}{R_2+R_1} U_0 - \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1+R_2} \cdot I = U_0^S - R_i^S \cdot I$, was ebenfalls zu überprüfen ist.

Im dritten Versuchsteil wird dann zunächst eine Hilfsspannungsquelle (Spannungsteiler) durch ein Weston-Element (Spannung genau bekannt) kalibriert und mithilfe dessen die Leerlaufspannung einer unbekannten Batterie ~~Batterie~~ ermittelt.

Bei der Wheatstoneschen Brücke ist das Prinzip ähnlich wie bei der Kompensationsschaltung nach Poggendorf, nur das hier ein unbekannter Widerstand ermittelt werden soll. Es gilt: $R_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_0$, falls das Nullinstrument seine Ruhestellung in der Mitte der Skala innehat.

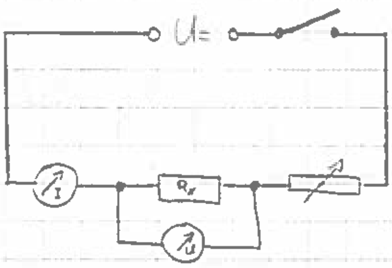
Im letzten Versuchsteil wird durch schrittweise Erwärmung ~~der~~ d Temperaturabhängigkeit verschiedener Widerstände untersucht.

Für Metalle gilt dabei: $R(T) = R_0(1+\alpha\vartheta)$

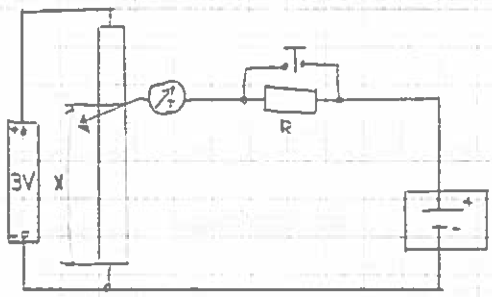
und für Halbleiter: $R(T) = R_0\, e^{\frac{E_G}{2kT}}$

Trägt man alles in einen Graphen ein, so lässt sich aus dem Temperaturkoeffizient die Metallart bestimmen, aus der Gap-Energie E_G die Art des Halbleiters und für PTC die Curie-Temperatur (rasanter Anstieg).

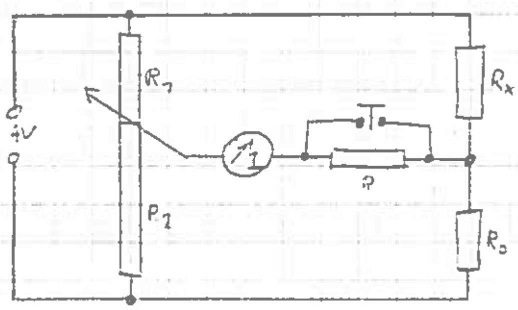
<u>Skizzen</u>



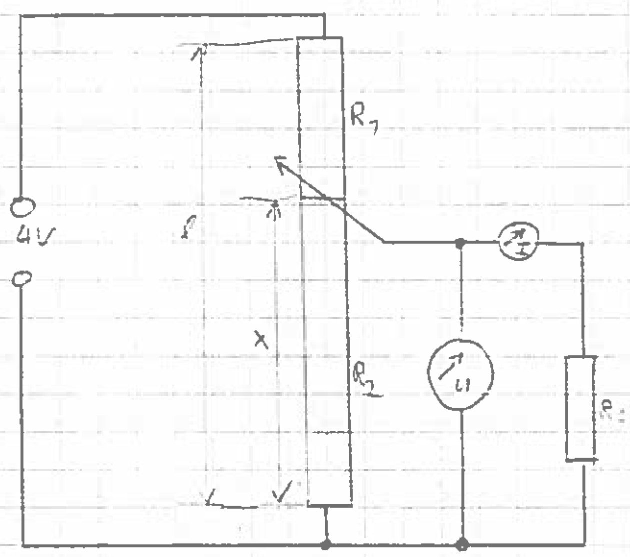
Widerstandbestimmung



Kompensationsschaltung nach Poggendorf



Wheatstonesche Brücke

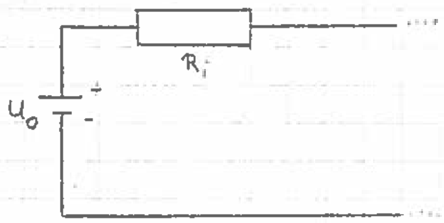


Belastete

Potentiometerschaltung

232. A

Eine ideale Spannungsquelle liefert eine vom entnommenen Strom unabhängige Spannung. Eine reale Spannungsquelle liefert eine stromabhängige Spannung. In einem Ersatzschaltbild wird sie dargestellt, als ideale Spannungsquelle mit dahinter geschaltetem Widerstand.



Es sollte eine Stromquelle bekannt werden...

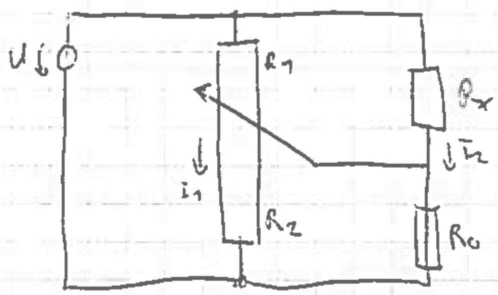
232. B

Es gilt $U = U_0 - R_i \cdot I$

U_0 wird über eine Kompensationsschaltung gemessen

$$R_i = \frac{U_0 - U}{I}$$

232. C



Wenn I am Messgerät = 0 A gilt:

$U_{R_1} = U_{R_x}$ $\quad U_{R_2} = U_{R_0}$

$$\frac{U_1}{U_x} = \frac{U_2}{U_0} \qquad U = R \cdot I$$

$$R_x \cdot I_2 = \frac{R_1 I_1 R_0 I_2}{R_2 I_1}$$

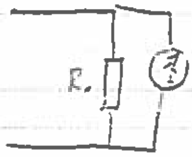
$$\hookrightarrow R_x = \frac{R_1 \cdot R_0}{R_2}$$

$$U_x = \frac{U_1 \cdot U_0}{U_2}$$

232. D

232. D

mit Amperemeter mit Vollausschlag 1 mA und $R_i = 1\,\Omega$ soll 4 A gemessen werden

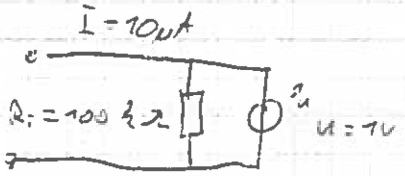


$$\frac{1\,\Omega \cdot 0{,}001\,A}{4\,A} = R_{gesamt} = 0{,}00025\,\Omega$$

$$\frac{1}{R_g} = \frac{1}{1\,\Omega} + \frac{1}{R_x} \Leftrightarrow R_x = \frac{1}{\frac{1}{R_g} - \frac{1}{1\,\Omega}}$$

$$R_x = \frac{1}{\frac{1}{0{,}00025\,\Omega} - \frac{1}{1\,\Omega}} \approx 0{,}00025\,\Omega \mathrel{\hat{=}} 0{,}25\,m\Omega$$

Aufgabe 232.E



$$U = R \cdot I$$

$$R = \frac{1\,V}{10 \cdot 10^{-6}\,\Omega} = 100\,k\Omega = R_i$$

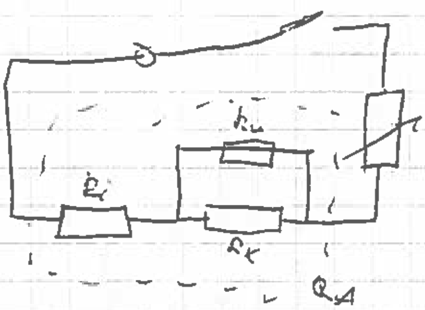
Man muss das Voltmeter in Reihe schalten und sobald das Messgerät 1V anzeigt, fließen 10µA durch das Messgerät (Prinzip eines Amperemeters)

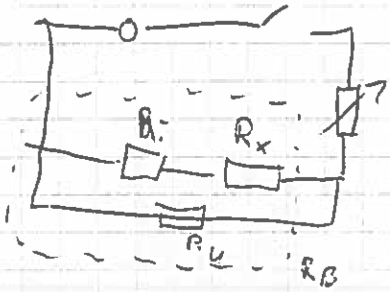
232 F

Da ein Amperemeter nur die Spannung über einem bekannten Widerstand misst, ist es auch ein Voltmeter nur mit einem sehr kleinen Innenwiderstand. Wegen $U = RI$ muss der Innenwiderstand bekannt sein

232. G

(1)





$$R_A = R_i + \frac{1}{\frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_u}}$$

$$R_B = \frac{1}{\frac{1}{R_u} + \frac{1}{R_x + R_i}}$$

[redacted]

232. a

U	1,7 V	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5
I	21 mA	22	23	25	27	29	31
R	100 Ω	90	80	70	60	50	40

U	2,7	3,0	3,3
I	34	37	41
R	30	20	10 [redacted]

$\Delta U = 0{,}1\,V$

$\Delta I = 1\,mA$

$R5 = 82{,}5\ \Omega = R_x$

232 d

U	2,8 V	2,8	2,7	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3
I	1 mA	2	5	11	18	28	32	41
R	2000 Ω	1000	500	200	100	50	20	10

[redacted]

232 f

$l = 1\,m$ $U_0 = 4V$

	s [cm]	10	20	30	40	50	60	70	80	
$R_a = \infty$ →	U_1 [V]	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	
R_a = 20 [redacted]			0,8	1,1	1,4	1,8	2,2	2,5	3,0	3
$R_a = 50\Omega$	U_3 [V]	0,4	0,8	1,2	1,6	1,9	2,3	2,7	3,1	3

[redacted]

$\Delta x = 1\,mm$

$\Delta U = 0{,}1\,V$

232.i

$x_1 = 32,7$ cm (mit Weston-Element) Spannungsquelle U2

$x_2 = 47,4$ cm (mit Spannungsquelle U2) $U_0 = 3V$

232.j

mit ~~[illegible]~~ Manometer: ~~[illegible]~~ V 1,45 V [redacted]

mit Digitalmessgerät: ~~[illegible]~~ 1,47 [redacted]

232.k

$R_2 = 38,4\ \Omega$

$R_1 = 100\ \Omega$ [redacted] $R_2 = 61,6\ \Omega$

232.m

T [°C]	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	T [K]
25	975	4,6	96,7	1098	100,2	298,15
35	664	4,6	126,2	1133	100,2	308,15
45	455,3	4,6	218,3	1169	100,2	318,15
55	317,4	4,[illegible]6	635	1206	[redacted]	328,15
65	22[illegible]5	4,6	15000	1242	100,2	338,15
75	162,6	4,6	240000	1282	100,2	348,15
85	118,8	4,6	4[illegible]0000	1314	100,2	358,15
95	88,7	4,6	230000	1356	100,2 [redacted]	368,18 [redacted]

[redacted]

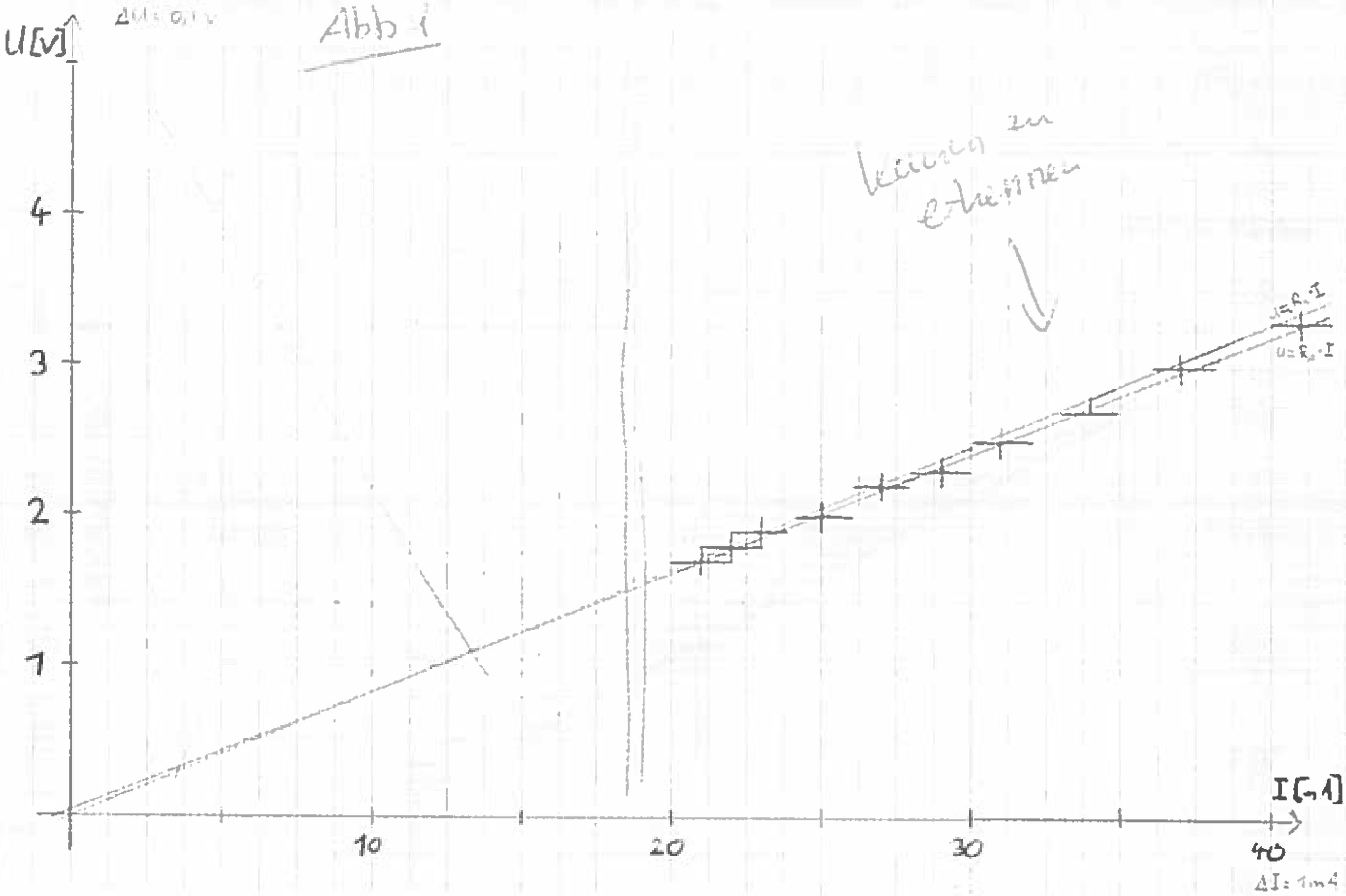
Auswertung

232. a

Gemessen wurde spannungsrichtig (siehe Abbildung 232.6 A)

und was machst du jetzt? Aufgabenstellung?

Abb 1



De Steigung der Fitgerade ergibt sich zu:

$m = 79{,}14 \pm 1{,}36$

Daraus folgt für den effektiven Widerstand: $R_A = (79{,}14 \pm 1{,}36)\,\Omega$

aus welcher Formel?

$$\frac{1}{R_A} = \frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_i + R_U} \quad \Leftrightarrow \quad R_x = \frac{1}{\frac{1}{R_A} - \frac{1}{R_i + R_U}}$$

(mit R_i = Innenwiderstand, R_U = Widerstand gemessen mit Digitalmultimeter

$$R_x = \frac{1}{\frac{1}{79{,}14\,\Omega} - \frac{1}{2550\,\Omega}} \approx 81{,}67\,\Omega$$

$$\Delta R_x = \sqrt{\left(\frac{\partial}{\partial R_A} R_x \cdot \Delta R_A\right)^2} = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_A} - \frac{1}{R_i + R_u}\right)^2 \cdot R_A^2} \Delta R_A = 1{,}45\,\Omega$$

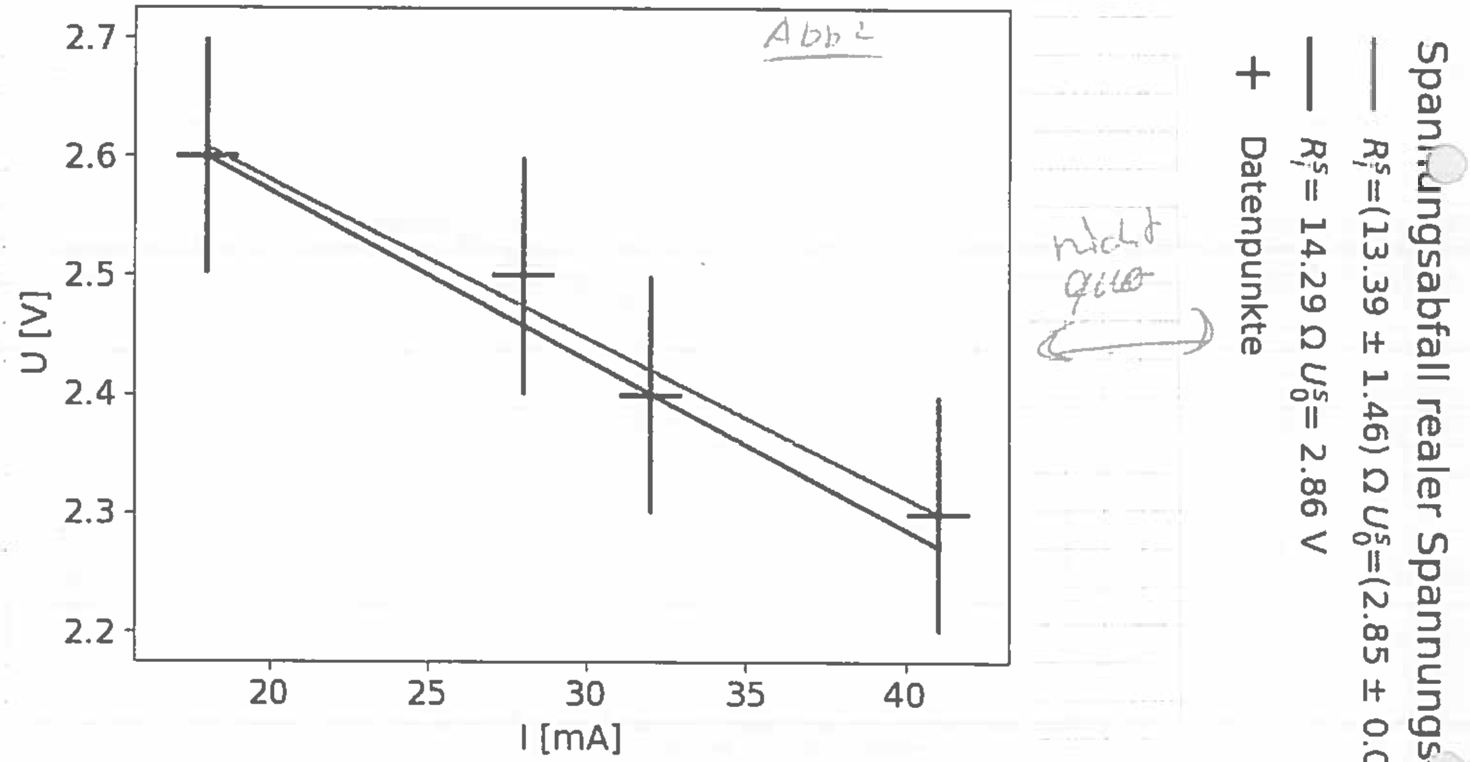
$\Rightarrow R_x = (81{,}67 \pm 1{,}45)\,\Omega$

Mit dem Digitalmultimeter wurden 82,5 Ω gemessen. Dieser Wert liegt im Fehlerintervall.

232.e) Wer soll t. die jetzt tun? Aufgabenstellung?

Da erst im Nachhinein klar wurde, dass man nur 0 - 130 Ω für R_a hätte verwenden sollen, wurden die ersten 4 Werte gestrichen und stattdessen nur die letzten vier übernommen. Als Graph ergibt sich:

Anleitung lesen?



mit Steigung $m = -0{,}013388 \pm 0{,}001455$

und Achsenabschnitt $n = 2{,}848 \pm 0{,}045$

für welche Funktion?

Es ergibt sich daraus: $R_i^s = (13{,}39 \pm 1{,}46)\,\Omega$

$U_0^s = (2{,}85 \pm 0{,}04)\,V$

orangene Kurve

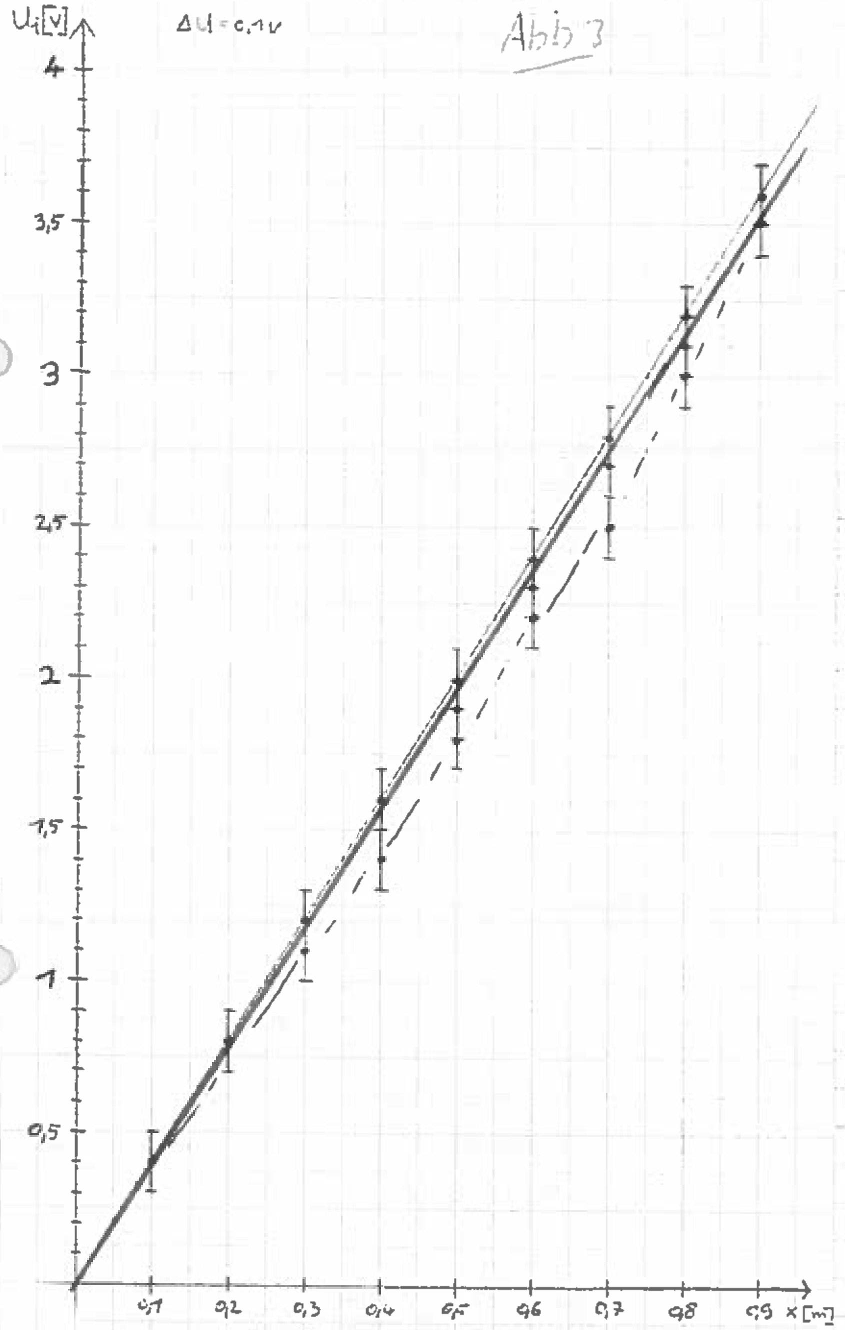
Wieso & Welche Formel?

Das liegt sehr nah an der gegebenen Relation (grüne Kurve) mit $R_i^s = 14{,}29\,\Omega$ und $U_0^s = 2{,}86\,V$, bzw innerhalb des Fehlerintervalls.

Zur Beibehaltung von U_0^s muss das Verhältnis $\frac{R_1}{R_1+R_2}$ konstant bleiben. Um den Innenwiderstand zu verkleinern muss R_1 kleiner werden, deswegen kann man das nicht beliebig weit treiben.

Spätestens bei 0Ω (in diesem Fall wird sogar das Verhältnis verletzt) oder sehr nahe bei 0 wird der Strom exorbitant groß dass der ganze Aufbau erhitzt und/oder eine Sicherung den Strom drosselt/abschaltet.

232.f)



Was möchtest du uns hier zeigen?

Man erkennt bereits an den aufgenommenen Messwerten, dass die lineare Relation $U_1 = \frac{R_2}{R_1+R_2} \cdot U_0 =$ bestätigt wird. Die beiden Geraden liegen perfekt aufeinander.

Die rote Gerade war offensichtlich eine schlechte Idee, da hier kein linearer Zusammenhang besteht. Ebenso die blaue Linie. Beide Linien nehmen für x = 0 m und x = 1 m den gleichen Wert wie beim unbelasteten Fall an, verlaufen aber im Vergleich mit einer Krümmung, die stärker gekrümmt ist, je kleiner der Widerstand ist.

Welche Farbe für welchen Wert?

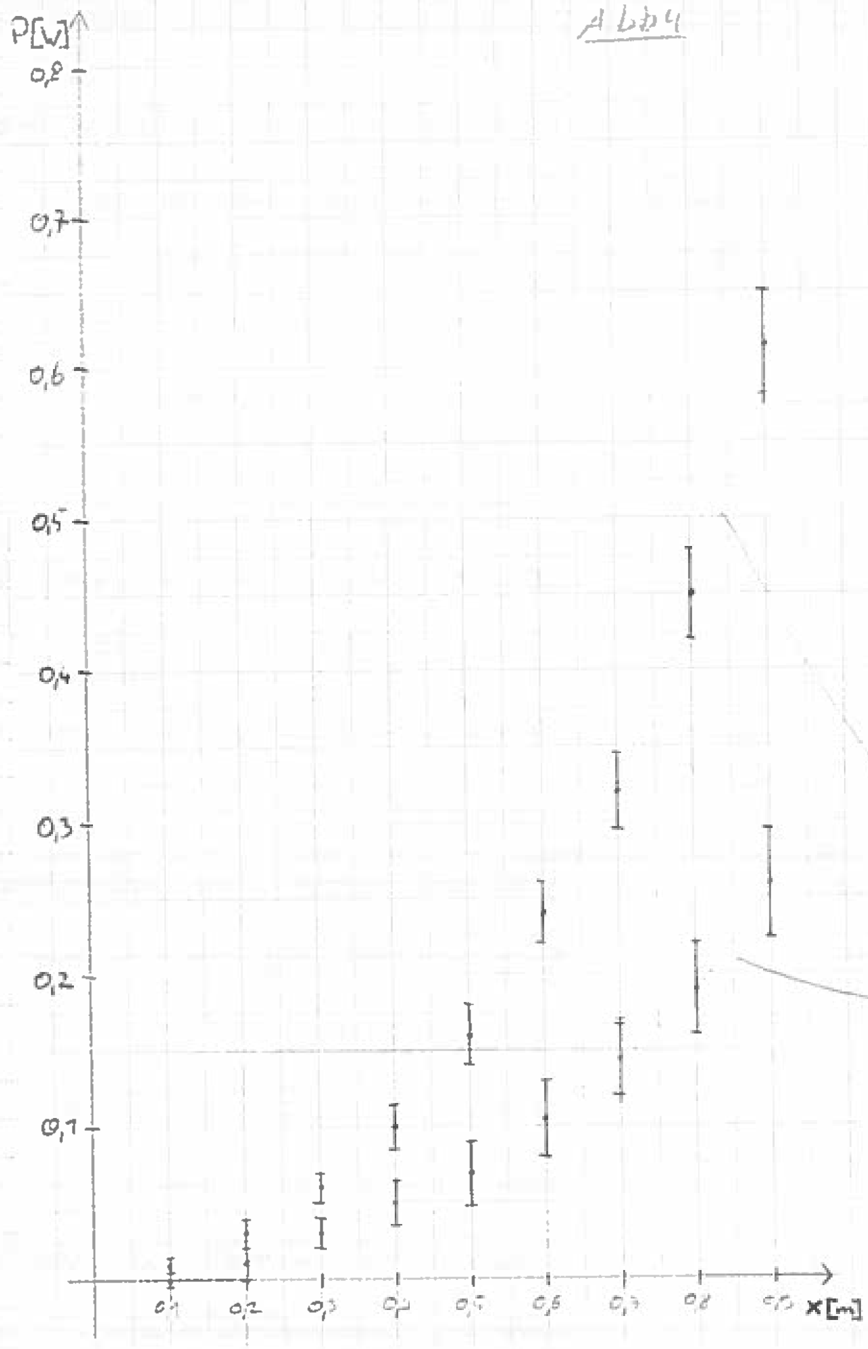
<u>232.g)</u> Werte... Was passiert hier? Wieso? ...

$$P = P(x) = \frac{U^2}{R} \qquad \Delta P = 2\,\frac{U}{R} \cdot \Delta U \quad \text{mit } \Delta U = 0{,}1V$$

<u>Tabelle 1</u>

	x[m]	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
R = 20Ω	P_2 [W]	0,008	0,032	0,605	0,098	0,162	0,242	0,3725	0,45
R = 50Ω	P_3 [W]	0,0032	0,0128	0,0288	0,0512	0,0722	0,1058	0,1458	0,1922

Abb 4



Δx verdoppelt? einzeichnen!

Ausgleichsgeraden berechnet?

Für x = 1 m, heißt volle Länge, wird die Leistung maximal.

In diesem Fall ist R_2 = maximal und $R_1 = 0$. $\Rightarrow \frac{R_2}{R_1+R_2} = 1$

$\Rightarrow U_0 = U_1$

232.h Werte…

Da $U = \frac{x}{l} \cdot U_0$, ist $U_0 = \frac{l}{x} \cdot U$ mit $\Delta U_0 = \sqrt{\left(\frac{l}{x^2} \cdot U \cdot \Delta x\right)^2 + \left(\frac{l}{x} \cdot \Delta U\right)^2}$

mit $l = 1 m$

$x_1 = 0{,}327\ m \pm 0{,}001\ m$

$U = (1{,}0190 \pm 0{,}0009)\ V$

betrug unsere angelegte Hilfsspannung $(3{,}116 \pm 0{,}01)\ V$

232 i) Wo-Te...

$$U = \frac{x}{l} \cdot U_0 \qquad \text{mit } \Delta U = \sqrt{\left(\frac{\Delta x}{l} \cdot U_0\right)^2 + \left(\frac{x}{l} \cdot \Delta U_0\right)^2}$$

$U_0 = (3{,}116 \pm 0{,}01)\,V$

$l = 1\,m$

$x_2 = (0{,}474 \pm 0{,}001)\,m$

$\Rightarrow U = (1{,}477 \pm 0{,}006)\,V$

Dies ist die Spannung der unbekannten Batterie.
Der Fehler auf U wird größer für größeres X. An dieser Stelle sieht man, dass bei konstantem ΔU_0 ~~dem~~ der x-Wert ausschlaggebend ist für die Größe des Fehlers. Ein Spannungselement von 10V zu verwenden wäre nicht gut, da der Fehler größer wird und zudem liefert die Spannungsquelle keine 10V, sondern maximal 4V.

232.j)

Es stimmt tatsächlich, dass der Wert des Digitalmultimeters ziemlich gut übereinstimmt, während der Messwert des Mavometers etwas daneben liegt: $U_{Dig} = 1{,}47\,V$; $U_{Mav} = 1{,}45\,V$.
Der Wert des Mavometers dürfte deshalb geringer ausfallen, da ein Teil der Spannung über dessen Innenwiderstand abfällt. Die Rückwirkungsabweichung ist beim Digitalmultimeter durch den hohen Innenwiderstand nicht so groß.

232.k) Worte...

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_0 \qquad \Delta R_x = \sqrt{\left(\frac{\Delta R_1}{R_2} R_0\right)^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_0 \cdot \Delta R_2}{R_2^2}\right)^2 + \left(\frac{R_1}{R_2} \Delta R_0\right)^2}$$

mit $\Delta R_1 = \Delta R_2 = \Delta R_0 = 0{,}1\,\Omega$

$\Rightarrow R_x = (80{,}21 \pm 0{,}33)\,\Omega$

232.l

Pullgalvanometer: $U_{max} = 4\,mV$; $R_i = 100\,\Omega$

$\Rightarrow I_{max} = 4 \cdot 10^{-5}\,A$

Im schlimmsten Fall ist $R_x = R_2 = 0\,\Omega$

$\Rightarrow R_{ges} = R + R_i = \frac{U}{I} \iff R = \frac{U}{I} - R_i$

$\Rightarrow R = 99900\,\Omega$

Der Widerstand R muss mindestens 99,9 kΩ betragen, damit das Nullinstrument ausreichend geschützt ist und andererseits nicht viel mehr, um die Empfindlichkeit zu bewahren.

232.n

~~Tabelle~~ Tabelle 2

T[°C]	T [K]	1/T [1/K]	R_1 [Ω]	$\ln(R_1)$	R_3	$\ln(R_3)$
25	298,15	0,00335	975	6,882	96,7	4,572
35	308,15	0,00325	664	6,498	126,2	4,838
45	318,15	0,00314	455,3	6,121	218,3	5,386
55	328,15	0,00305	317,4	5,76	635	6,454
65	338,15	0,00296	225	5,416	15000	9,616
75	348,15	0,00287	162,6	5,091	240000	12,388
85	358,15	0,00279	118,8	4,777	490000	13,102
95	368,15	0,00272	88,7	4,485	230000	12,346

Metallische Leiter (+ Kohleschichtwiderstand):

Quelle

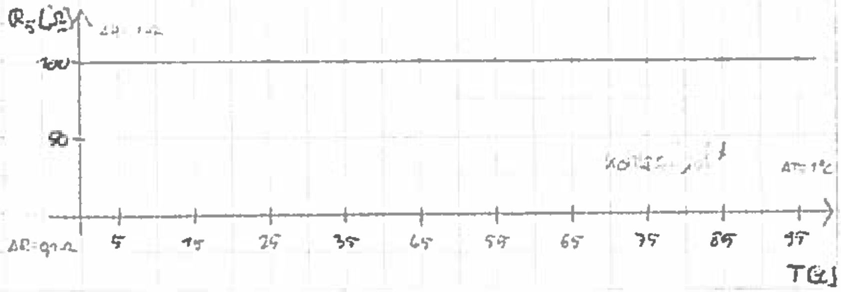
$$R(T) = R_0(1+\alpha\vartheta) = R_0 + \alpha\vartheta R_0 = \underbrace{R_0}_{\text{Achsenabschnitt } n} + \underbrace{\alpha R_0}_{\text{Steigung } m}\vartheta$$

$$\alpha = \frac{m}{n}$$

$$\Delta\alpha = \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{n}\right)^2 + \left(\frac{m}{n^2}\cdot\Delta n\right)^2}$$

Kohleschicht:

Abb 5



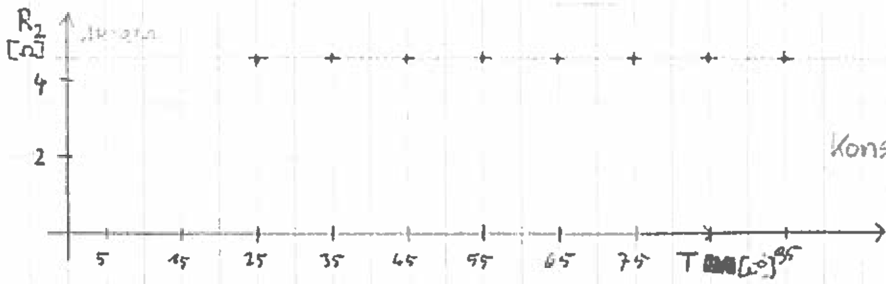
$$m = (0 \pm 1{,}54\cdot 10^{-3})\,\frac{\Omega}{°C}$$

$$n = (100{,}2 \pm 0{,}0991)\,\Omega$$

$$\Rightarrow \alpha = (0 \pm 1{,}54\cdot 10^{-5})\,K^{-1}$$

Konstantan

Abb 6



$$m = (0 \pm 1{,}54\cdot 10^{-3})\,\frac{\Omega}{°C}$$

$$n = (4{,}6 \pm 0{,}0931)\,\Omega$$

$$\Rightarrow \alpha = (0 \pm 3{,}35\cdot 10^{-4})\,K^{-1}$$

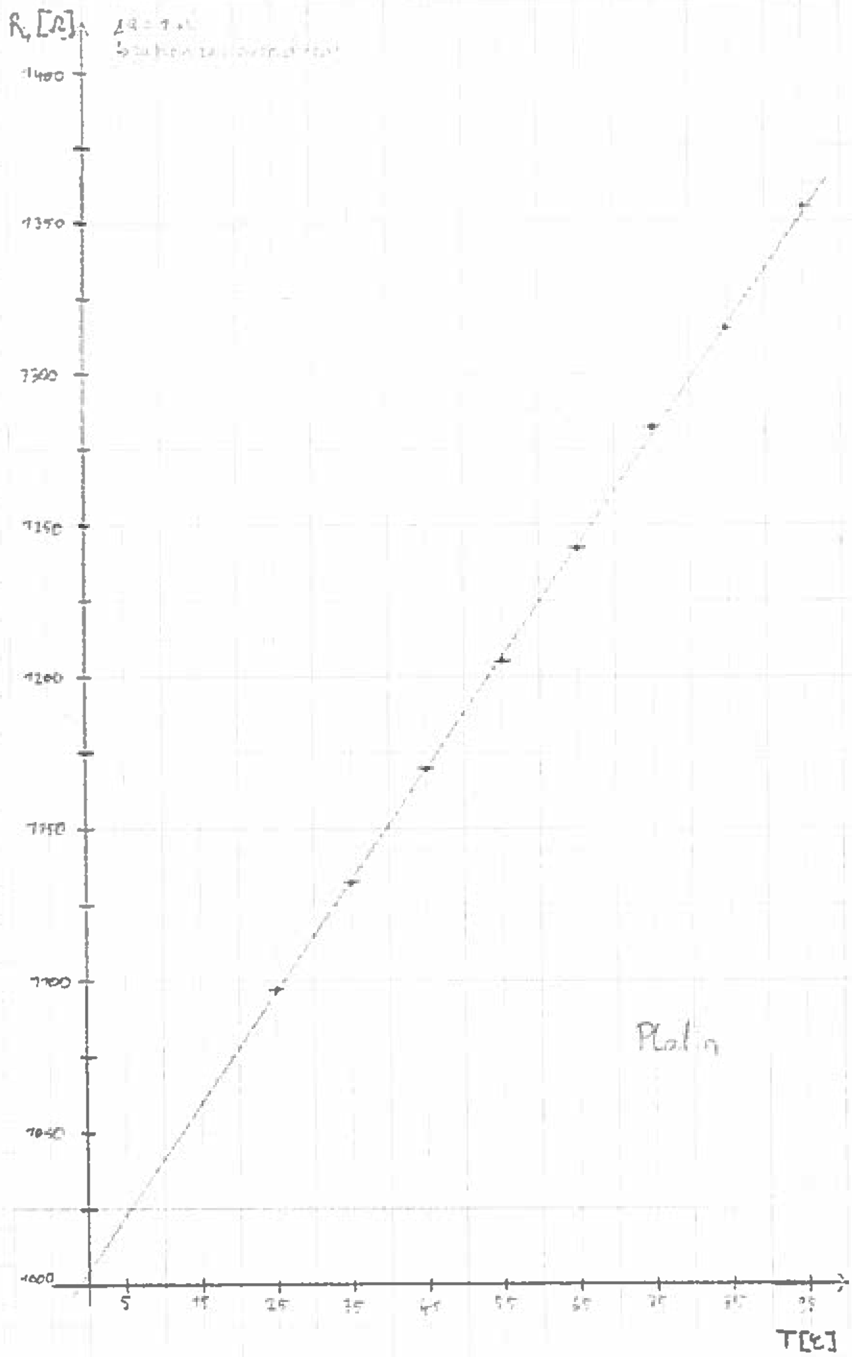
Platin-Widerstand

$$m = (3{,}673 \pm 0{,}0154)\,\frac{\Omega}{°C}$$

$$n = (1{,}005 \pm 0{,}891)\,\Omega$$

$$\Rightarrow \alpha = (3{,}66\cdot 10^{-3} \pm 1{,}58\cdot 10^{-5})\,K^{-1}$$

Abb 7



Halbleiter:

$$R(T) = R_0 \, e^{\frac{E_G}{2kT}}$$

mit k = Boltzmannkonstante

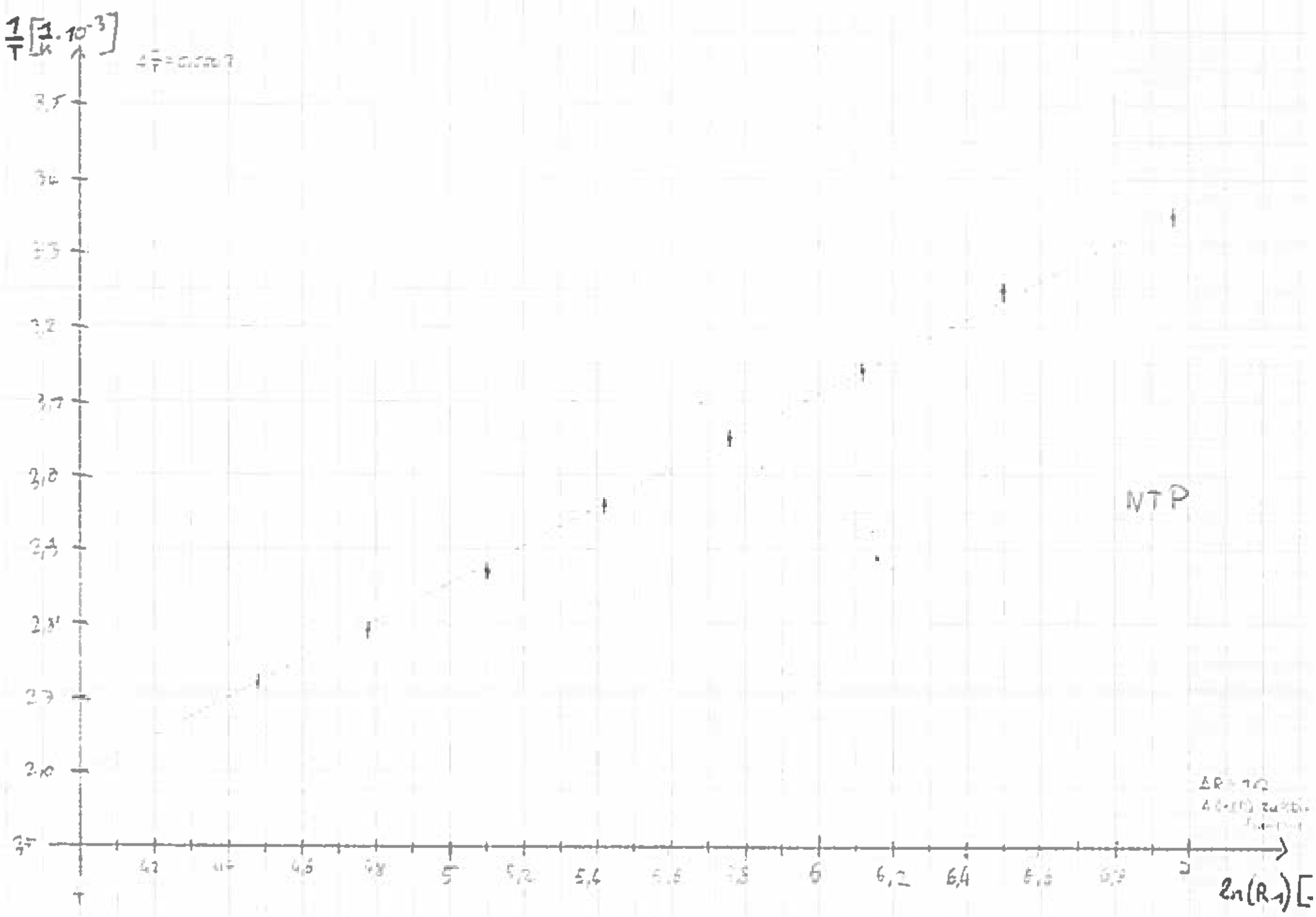
E_G = Gap-Energie

$$\ln\left(R_0 \, e^{\frac{E_G}{2kT}}\right) = \underbrace{\ln(R_0)}_{\text{Achsen-abschnitt}} + \underbrace{\frac{E_G}{2k}}_{\text{Steigung: } m} \cdot \frac{1}{T}$$

Da ich in meinem Diagramm die Achsen fälschlicherweise aufgetragen habe, muss berücksichtigt werden, dass der Kehrwert der Steigung: $\frac{1}{m}$ genommen wird!

Abb 7

NTP



NTP:

$m = (\text{bzw } \frac{1}{m} \text{ in diesem Fall}) = (3{.}774{,}2 \pm 16{,}87)\,K$

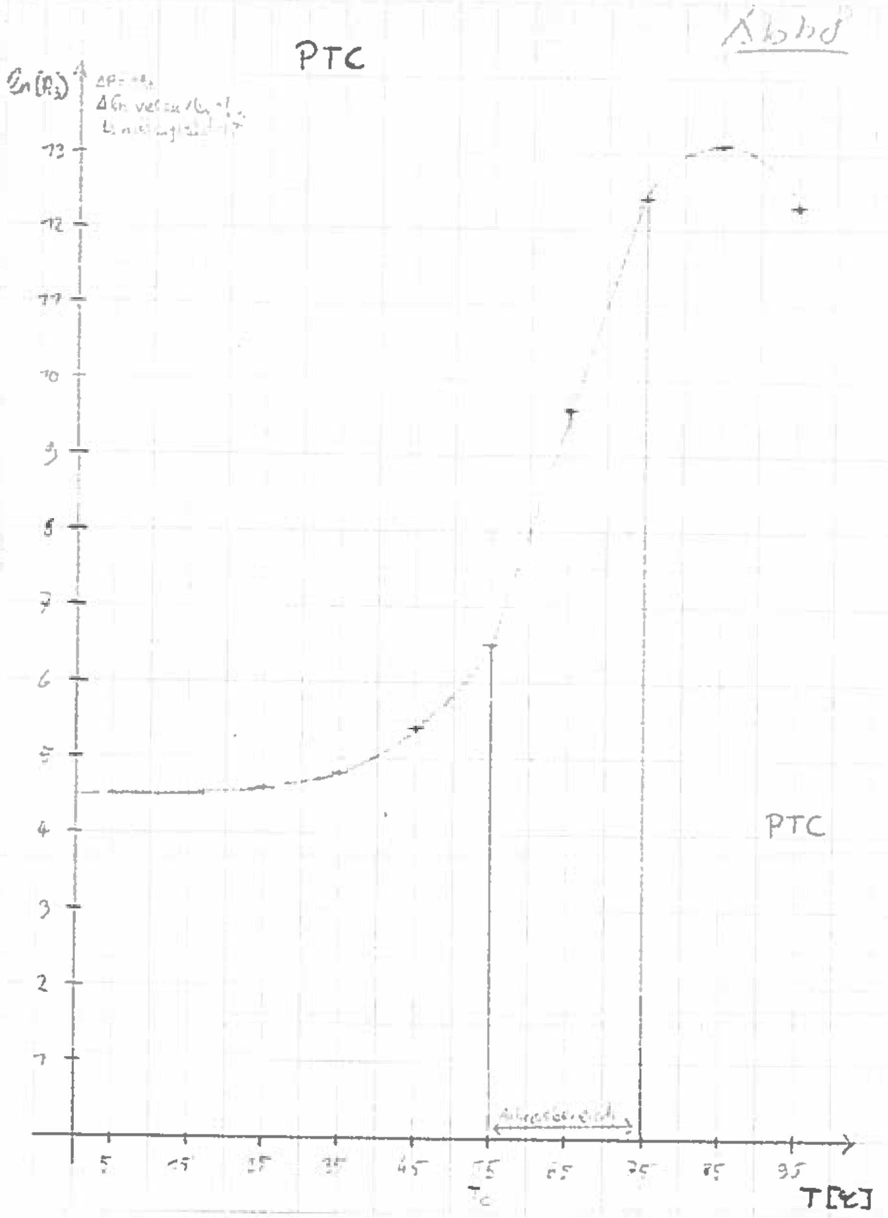
$n = (-5{,}75 \pm 0{,}05)\,\Omega$

$E_G = 2 \cdot k \cdot m$ mit $\Delta E_G = 2 \cdot k \cdot \Delta m$

$\Rightarrow E_G = (1{,}042 \pm 0{,}0047) \cdot 10^{-19}\,J$

$= (0{,}65 \pm 0{,}003)\,eV$

Alle Geraden-Anpassungen wurden nach Abschnitt A 1.4 erstellt!



Mit großem Unsicherheit beträgt die Curie-Temperatur in etwa:

$T_c = (55 \pm 5)\,°C$

Innerhalb des Arbeitsbereiches verhält sich der PTC-Widerstand relativ linear. Am Beginn dessen steht die ~~[illegible]~~ Curie-Temperatur. Um die Curie-Temperatur besser ablesen zu können, müsste man mehr Messwerte aufnehmen.

Fazit [redacted]

Wie erwartet blieben die Werte für Konstantan, sowie den Kohleschichtwiderstand über die Temperatur hinweg konstant. Der Literaturwert für Konstantan beträgt $\alpha = (\pm 0{,}01 \cdot 10^{-3})\,K^{-1}$ und für Kohlenstoff: $\alpha_c = (-0{,}5 \cdot 10^{-3})\,K^{-1}$ und somit liegen beide Werte innerhalb des Fehlerintervalls. (Quelle: Wikipedia.org/wiki/Temperaturkoeffizient, z 26.11.20 / 02:03)

Der Literaturwert für Platin liegt bei $\alpha = (3{,}92 \cdot 10^{-3})\,K^{-1}$ (gleiche Quelle, gleicher Zeitpunkt). Dieser Wert ist nah an unserem ermittelten u liegt jedoch nicht ganz im Fehlerintervall. Vermutlich wurde der Fehler von 1 als etwas zu klein geschätzt.

Die Gap-Energie von $(0{,}65 \pm 0{,}003)\,eV$ deutet stark auf Germanium hin. Laut Wikipedia.org (Zugriff: 26.11.20) liegt diese bei 0,67 eV bei Germanium. Im Praktikumsskript ist der Wert als 0,7 eV festgehalten (S. Da die Gap-Energie allerdings von der Temperatur abhängig ist, pa der Wert von 0,65 eV schon ziemlich gut.

[redacted]

(wie letzte Besprechung kommentiert)

✓ 1) Wie wurden Ausgleichsgeraden berechnet?

✓ 2) Aufgabenstellungen, Erklärungen zu deinem Vorgehen fehlen (Verweise auf Skizzen und Abbildungen ...

✓ 3) in Aufg. f) welche Farbe für welchen Wert für Ra?

4) Diskussion für ~~Afg~~ Versuchsteil 1) fehlt ...

✓ 5) Steigung und y-Achsenabschnitt mit zugehörige Formel anzitieren, damit Rechnung klar wird (wie du es in Versuchsteil 2) getan hast ...)

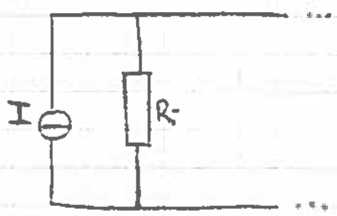
6.) Voraufgabe A)

Alle Punkte nachreichen! [redacted]

Korrektur des Protokolls:

232.A

Analog zur idealen Spannungsquelle hängt bei einer idealen Stromquelle die Stromstärke I nicht von der angelegten Spannung U ab. Eine reale Stromquelle liefert einen spannungsabhängigen Strom. In einem Ersatzschaltbild wird sie als ideale Stromquelle mit parallel geschalteten Widerstand:



Anmerkung zu Ausgleichsgeraden:

Fast alle Fitgeraden (ausgenommen Abb. 4) wurden gemäß Anhang A1 Abschnitt 4 „Geraden-Anpassung („Fit")" berechnet.
Zur Verringerung des Arbeitsaufwandes wurde ein Python-Skript verwendet, welches exakt die Schritte, wie in A1.4 beschrieben, ausführt und somit Steigung, Achsenabschnitt und deren Fehler ermittelt.
Die Kurve in Abb. 4 wurde händisch, per Augenmaß und lediglich zur Verdeutlichung des ungefähren Verlaufs der Datenpunkte eingetragen. Die Messwerte folgen keiner linearen Funktion und somit wurde auch keine Ausgleichsgerade berechnet, die man hätte einzeichnen können.
Gleiches gilt für die rote und blaue Kurve in Abb. 3. Dies wird aber an der entsprechenden Stelle in der Korrektur noch mal erwähnt.

[redacted]

232.d

Aus einer Strom- und Spannungsmessung sollte ein unbekannter Widerstand bestimmt werden. Mithilfe des Ohmschen Gesetzes $U = \underbrace{R}_{\text{Steigung}} \cdot I$, können wir verschiedene

Spannungs-Strom-Paare messen und gegeneinander auftragen. Die Steigung der Fitgeraden entspricht dann dem Widerstand R_A, dem effektiven Widerstand, über den U und I verknüpft sind. Dieser setzt sich zusammen aus den Widerständen der Messgeräte und dem zu bestimmenden unbekannten Widerstand. Formt man nach R_x um, so ergibt sich für den unbekannten Widerstand:

$$R_x = \frac{1}{\frac{1}{R_A} - \frac{1}{R_i + R_u}}$$

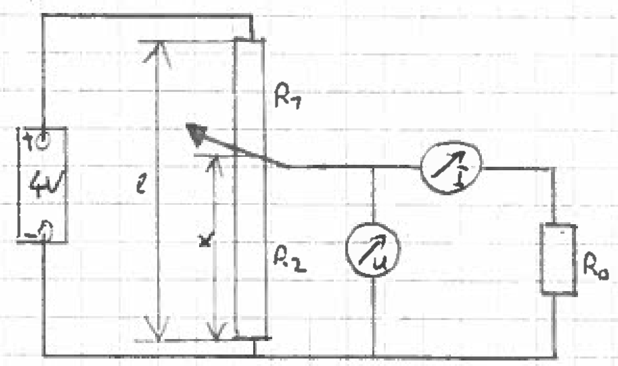
mit R_i ≙ Innenwiderstand

R_u ≙ Widerstand Voltmeter gemessen mit DMM

Die aufgenommenen Messpaare ergeben sich zu folgendem Diagramm: (Abb. 1)

Belastete Potentiometerschaltung

Nun soll die belastete Potentiometerschaltung untersucht werden. Dazu wurde die Spannungsteilerschaltung gemäß 232.7 verwendet:



mit $R_1 = 20\,\Omega$

$R_2 = 50\,\Omega$

$R_a = (0-130)\,\Omega$

232 e)

Betrachtet man die Spannungsteilerschaltung als neue Spannungsquelle und das entsprechende Ersatzschaltbild einer realen Spannungsquelle, so kann man ebenso die neuen Größen Innenwiderstand R_i^S und Leerlaufspannung U_0^S betrachten.

Im Zuge dessen soll folgende Relation bestätigt werden:

$$U = \underbrace{\frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_0 - \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot I}_{\text{Erwartung}} = \underbrace{\underbrace{U_0^S}_{n} - \underbrace{R_i^S}_{m} \cdot I}_{\text{ermittelte Werte}}$$

Wird U gegen I aufgetragen, so erhält man, wie bereits in 232.a den Innenwiderstand R_i^S aus der Steigung m. Zusätzlich erhalten wir diesmal aber aus dem Achsenabschnitt einen Wert für die Leerlaufspannung U_0^S der Spannungsteilerschaltung.

(Siehe Abb 2)

Eingetragen wurde eine Ausgleichsgerade für die gemessenen Werte (Orange), sowie die erwartete Kurve (grün) aus der Relation $U = \frac{R_2}{R_1+R_2} \cdot U_0 - \frac{R_1 R_2}{R_1+R_2} \cdot I$.

232.f)

In diesem Versuchsteil soll eine weitere Relation bestätigt werden, jedoch diesmal für ein Schleifdrahtpotentiometer:

$$U = \frac{R_2}{R_1+R_2} \cdot U_0 = \frac{x}{l} \cdot U_0 \qquad \text{(ohne Last)}$$

Schon anhand der Messwerte für den unbelasteten Fall kann man die gegebene lineare Relation bestätigen, da die Werte exakt der Erwartung entsprechen. Trägt man hier in diesem

Fall die Eichgerade und die erwartete Kurve ein, so lägen beide Kurven perfekt übereinander. (U wird ~~wieder~~ gegen x aufgetragen). Anders bei einer belasteten Schaltung. Belastet man das Schleifdrahtpotentiometer mit $20\,\Omega$ (blaue Kurve) oder $50\,\Omega$ (rote Kurve), so ergibt sich ein nicht-linearer Zusammenhang. (Die rote und blaue Kurve wurden nicht berechnet sondern lediglich per Augenmaß zur Verdeutlichung des Zusammenhangs eingezeichnet.) (Die rote Kurve sollte ebenfalls eine Krümmung haben, da ein nicht-linearer Zusammenhang vorliegt).

Zu Anfang sollte bei $R_2 = 0$ bzw. $x = 0$ auch die Spannung $U = 0$ sein, in allen Fällen. Auch für $R_1 = 0$ bzw $x = 1\,m$ sollte die abgenommene Spannung sich nicht vom unbelasteten, linearen Fall unterscheiden:

In den anderen Fällen, in denen eine Spannung zwischen 0 und U_0 abgenommen wird, wird deutlich, dass die Ausgangsspannung des Potentiometers von der angeschlossenen Last abhängig ist. Mit zunehmender Belastung verringert sich bei gleichem Teilerverhältnis die Ausgangsspannung

6 h

232.g

Für die einzelnen Widerstände kann man die jeweils verbrauchte Leistung P in Abhängigkeit des Teilerverhältnisses berechnen und auftragen:

$$P = P(x) = \frac{U^2}{R} \qquad \text{mit } \Delta P = 2\,\frac{U}{R}\cdot \Delta U \qquad (\Delta U = 0{,}1\,V)$$

Es ergibt sich Tabelle 1 und Abb. 4.

Die verbrauchte Leistung wird maximal, wenn über den Widerstand R_1 keine Spannung abfällt, heißt $R_1 = 0$.

Messung der Leerlaufspannung einer Batterie mit Hilfe einer Kompensationsschaltung (nach Poggendorff)

232.h)

Zunächst muss die Spannungsquelle mit der Spannung U_0 kalibriert werden. Dazu nutzt uns eine Kompensationsschaltung nach Poggendorf mit einem Weston-Element der Spannung U als Hilfsspannungsquelle.

Mithilfe des ~~Hilfs~~ Potentiometers kann nun U_0 und U gegenseitig ausgeglichen werden. Die Stromlosigkeit zwischen den beiden wird dabei mit einem Galvanometer festgestellt. Da U, sowie l und x bekannt sind, kann daraus die Spannung U_0 des Netzgerätes ermittelt werden.

(Rechnung: 232.h, Seite 15)

232. i)

Mithilfe der nun bekannten Spannung U_0 des Netzgerätes kann umgekehrt nun eine unbekannte Spannungsquelle (Batterie) gemessen werden. Dazu ist das Vorgehen wie bereits in 232.h.

Mithilfe eines Potentiometers (und eines Galvanometers) gleicht man die Spannungen aus und da U_0, x und l bekannt sind, kann man so die Spannung U der Batterie berechnen.

(Rechnung: 232. i, Seite 16)

Widerstandsmessung mit der Wheatstoneschen Brücke

232.k)

Bestimmt wird ein unbekannter Widerstand R_x mithilfe der Wheatstoneschen Brücke gemäß Abb 232.9. Als Nullinstrument dient wieder das Pultgalvanometer mit der Ruhestellung des Zeigers in der Mitte. (Skizze und Herleitung wie Voraufgabe 232. c, Seite 8, bzw. Skizze auf Seite 7)

232.q

Betrachtet man das Multinstrument, so stellt sich die Frage, welchen Wert der Widerstand R ungefähr haben sollte, wenn e bei nicht gedrücktem Taste das Multinstrument U ausreichend v Überlastung schützen soll und andererseits die Empfindlichkeit ni verloren geht.

Mit $U_{max} = 4\,mV$, $R_i = 100\,\Omega$ ergibt sich:

(siehe 232 l, Seite 17)

Messung der Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes

232.n

Zu guter Letzt sollen verschiedene Widerstände in Abhängi von der Temperatur T bis knapp 100°C untersucht werden. Un den verschiedenen Widerständen befinden sich metallische Leit Halbleiter, sowie ein Kohleschichtwiderstand und ein PTC-Widerstand. Durch eine geschickte Wahl der Darstelle können stoffspezifische Parameter gewonnen werden, woraus Art des Widerstands bestimmt werden kann.

Für die metallischen Leiter, sowie den Kohleschichtwiderstand gilt:

$$R(T) = R_0 (1 + \alpha \vartheta)$$ mit $R_0 \hat{=}$ Widerstand bei 0°C

$\vartheta \hat{=}$ Temperatur in Celsiu

$\alpha \hat{=}$ Temperaturkoeffizient

Für Halbleiter:

[redacted]

$$R(T) = R_0 e^{\frac{E_G}{2kT}}$$ mit $R_0 \hat{=}$ Konstante

$E_G \hat{=}$ charakteristische Gap-En

$k \hat{=}$ Boltzmann-Konst. $T \hat{=}$ Temperatur in Kelvin

Da für die Halbleiter die reziproke Kelvin-Temperatur, sowie für die Halbleiter und den PTC-Widerstand der natürliche Logarithmus der Widerstände benötigt wird, wurde Tabelle 2 (S. 17) zur Hilfe angefertigt.

Trägt man für die metallischen Leiter, sowie den Kohleschicht-widerstand R als Funktion von ϑ auf, so ergeben sich R_0 als Achsenabschnitt und αR_0 als Steigung:

$$R(T) = R_0(1+\alpha\vartheta) = R_0 + \alpha\vartheta R_0 = \underbrace{R_0}_{\text{Achsenabschnitt } n} + \underbrace{\alpha R_0}_{\text{Steigung } m} \vartheta$$

Bei Halbleitern trägt man $\ln(R)$ als Funktion von $1/T$ auf, so ergibt sich:

$$R(T) = R_0 e^{\frac{E_G}{2kT}} \quad \Rightarrow \quad \ln\left(R_0 e^{\frac{E_G}{2kT}}\right) = \underbrace{\ln(R_0)}_{\text{Achsenabschnitt } n} + \underbrace{\frac{E_G}{2k}}_{\text{Steigung } m} \frac{1}{T}$$

Für den PTC-Widerstand ergibt sich ein hochgradig nichtlineares Verhalten, aus dem die Curie-Temperatur abgeschätzt werden soll. (Alles weitere ab Seite 18)

Fazit Versuchsteil 1

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Versuchsteil 1 sehr gut, ohne größere Schwierigkeiten, abgelaufen ist. Alle gemessenen Werte stimmen sehr gut mit den jeweiligen Erwartungswerten überein: Die Werte für R_x aus (a), sowie U_0^S und R_i^S aus (e), aber auch die Spannung der Batterie aus (i). Zudem konnten die Relationen der Potentiometerschaltung aus (e) und (f) sehr gut bestätigt werden.

Nice ok [redacted]