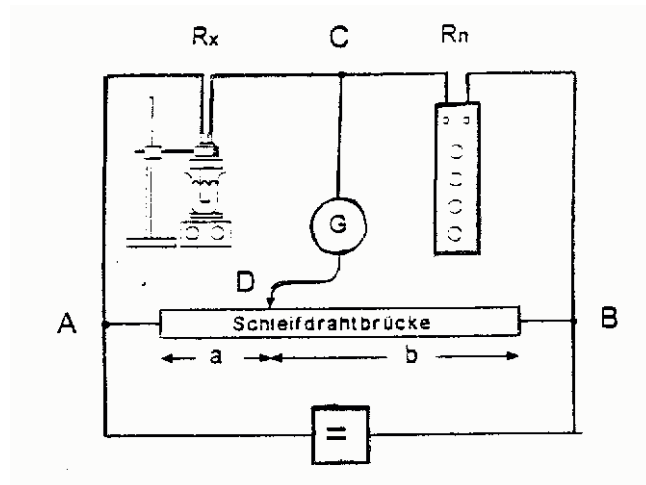


In diesem Versuch geht es darum, die Temperaturabhängigkeit von Widerständen zu bestimmen. Dies erfolgt mit folgender Anordnung:



Folgende Geräte wurden dabei verwendet

Gerät	Bezeichnung/Hersteller	Inventarnummer
Schleifdrahtbrücke	Phywe	020000162
Widerstandsdekade	Typ1435 burster	
Galvanometer	metramax2	
Heizrührer		
Gleichspannungsnetzteil		

Zur Bestimmung der Widerstände verwenden wir eine Wheatstone Brücke. R_x ist dabei der zu bestimmende Widerstand, R_n ist ein genau bekannter Vergleichswiderstand, der in unserem Versuch durch eine hochpräzise ($\pm 0,08\%$) Widerstandsdekade gegeben ist. Auf der anderen Seite befindet sich eine Schleifdrahtbrücke von 1 m Länge. Zwischen den Punkten C und D liegt ein empfindlicher Strommesser. Liegt an den Punkten C und D das gleiche Potential, so fließt kein Strom durch den Strommesser. Das ist genau dann der Fall, wenn die Widerstandsverhältnisse gleich sind.

$$\frac{R_a}{R_b} = \frac{R_x}{R_n}$$

Da es wie gesagt, nur auf die Widerstandsverhältnisse ankommt und Widerstand proportional zur Länge des Drahtes ist, kann man statt der Widerstände auch das Längenverhältnis der Drahtabschnitte a und b einsetzen. Dies darf man natürlich nur dann, wenn der Draht pro Längenabschnitt immer den gleichen Widerstand hat, also immer den gleichen Durchmesser hat. Ist diese Bedingung erfüllt, so folgt:

$$\frac{l_a}{l_b} = \frac{R_x}{R_n}$$

$$R_x = R_n \cdot \frac{l_a}{l_b}$$

$$R_x = R_n \cdot \frac{l_a}{l - l_a}$$

Damit ist es nun möglich die temperaturabhängigen Widerstände zu bestimmen. Dazu tauchen die zu bestimmenden Widerstände in ein Becherglas mit Wasser, was auf einem Heizrührer

steht. Während das Wasser erwärmt wird, lesen wir die Temperatur von einem eingetauchten Thermometer ab und gleichen die Meßbrücke ab, so daß über den Strommesser kein Strom fließt.

Doch bevor die Widerstände ins Wasser eingetaucht werden, wird deren Widerstand bei Zimmertemperatur ermittelt. Dazu wird die Schaltung gemäß Schaltplan aufgebaut und an der Widerstandsdekade ein Widerstand gewählt, so daß der Schleifer der Schleifdrahtbrücke in etwa in der Mitte zu liegen kommt. Der Grund dafür ist, daß hier der relative Fehler am kleinsten ist. Die Ableseungenauigkeit ist zwar immer genauso groß, aber im Verhältnis zum Abgelesenen Wert ist sie an den Enden größer als in der Mitte. Mathematisch läßt sich dies überprüfen indem man das Minimum der Formel zur Bestimmung des Fehlers bestimmt (Formel weiter unten). Die Widerstände werden mit unterschiedlichen Vergleichswiderständen R_n gemessen, dabei ergaben sich folgende Meßwerte und Ergebnisse.

	A	B	C	D	E
1	I_a [cm]	R_n [Ohm]	R_x	dR_x	Mittelwert
2	1. Widerstand				
3	50,2	200	201,606426	0,15967226	
4	57	150	198,837209	0,10228231	198,187094
5	66	100	194,117647	0,01688581	
6	2. Widerstand				
7	37,3	180	107,08134	0,14381392	
8	40,1	160	107,111853	0,12983652	107,515714
9	47,45	120	108,353949	0,09776408	

Wie man sehen kann weichen die einzelnen Werte, insbesondere beim 1. Widerstand erheblich voneinander ab. Dies liegt aber weniger an den Toleranzen der Brücke, sondern vielmehr an den unterschiedlichen Vergleichswiderständen R_n . Beim 1. Widerstand liegen die Widerstände bis zu 100 Ohm auseinander, was natürlich zu einem stark unterschiedlichen Strom führt. Ein großer Strom führt aber dazu, das in den Widerständen eine größere Leistung umgesetzt wird, so daß sich der Widerstand erwärmt und damit seinen Widerstand verändert. Ähnlich verhält es sich bei Widerstand 2, nur daß hier die Unterschiede nicht so gravierend ausfallen.

Nun tauchen wir die Widerstände nacheinander ins Wasser und erwärmen sie. Dabei gleichen wir die Brücke ab und nehmen alle 5°C die Werte auf.

	A	B	C	D	E
1	Temperatur	I_a	R_n	R_x	dR_x
2	25	48,3	200	186,847195	0,16219807
3	30	44	200	157,142857	0,16397959
4	35	40,65	200	136,983993	0,16267566
5	40	37,7	200	121,027287	0,16020282
6	45,5	33,9	200	102,571861	0,15575502
7	50	31,25	200	90,9090909	0,15206612
8	55,5	28,35	200	79,1346825	0,147652
9	60	26,2	200	71,00271	0,14419871
10	65	24,15	200	63,6783125	0,14080533
11	70	22	200	56,4102564	0,13717291
12	75	20,25	200	50,7836991	0,1341795
13	80	18,5	200	45,398773	0,1311664

Hier konnte der Forderung, das der Schleifer immer etwa in der Mitte steht, leider nicht nachgekommen werden, da die Widerstandsdekade nur bis knapp über 200 Ohm geht und so kein passenderer Widerstand eingestellt werden konnte.

Für den Zweiten Widerstand:

	A	B	C	D	E
1	Temperatur	la	Rn	Rx	
2	20	40	160	106,666667	0,12977778
3	25	40,5	160	108,907563	0,13006087
4	30	41	160	111,186441	0,13031658
5	35	41,35	160	112,804774	0,13047845
6	40	41,8	160	114,914089	0,13066487
7	46	42,25	160	117,056277	0,13082573
8	50	42,6	160	118,745645	0,13093237
9	55	43	160	120,701754	0,13103355
10	60	43,4	160	122,685512	0,13111174
11	65	43,8	160	124,697509	0,13116592
12	70	44,1	160	126,225403	0,13119016
13	75	44,45	160	128,028803	0,1312

In der Tabelle ist auch gleich noch der Fehler angegeben, welcher nach folgender Formel berechnet wurde (gaußsche Fehlerfortpflanzung). Um den Fehler nach der gaußschen Fehlerfortpflanzung zu errechnen, muß man die Formel zur Bestimmung des Widerstandes nach den eingehenden Fehler ableiten. Es folgt:

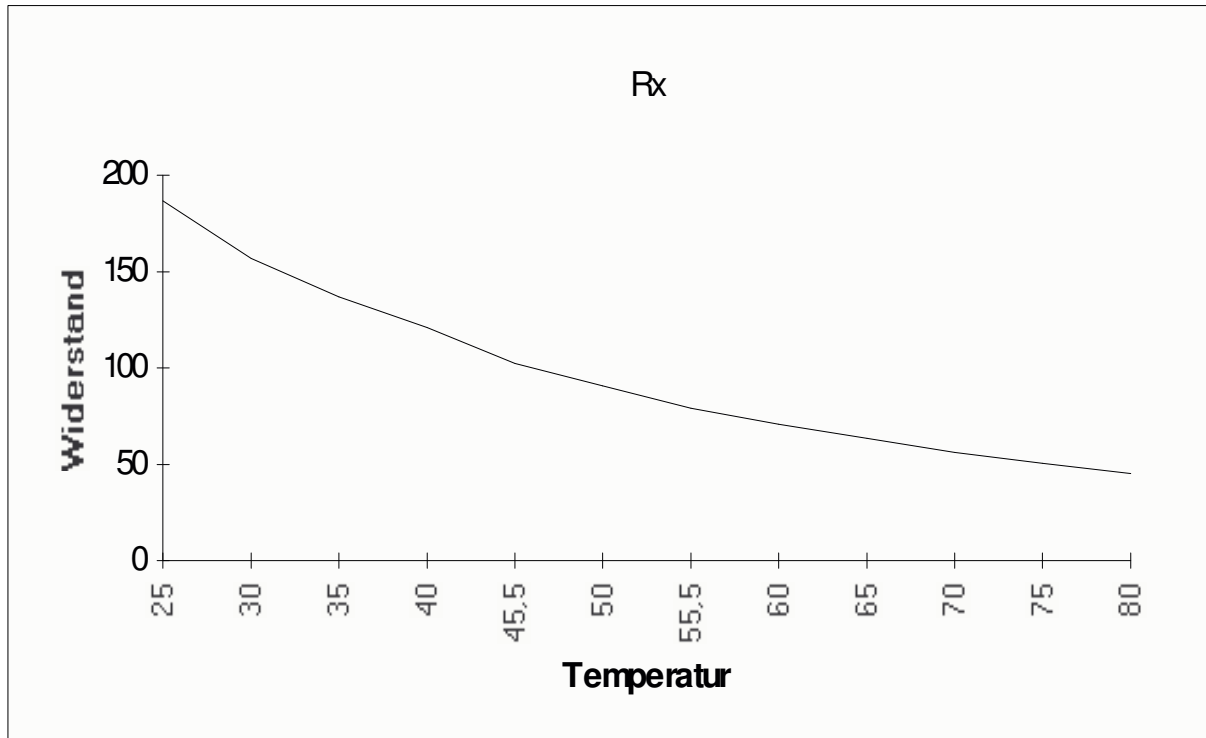
$$R_x = R_n \cdot \frac{l_a}{l - l_a}$$

$$\Rightarrow \Delta R_x = \Delta R_n \frac{l_a}{l - l_a} + \Delta l_a \cdot R_n \cdot \left(\frac{1}{l - l_a} - \frac{l_a}{(l - l_a)^2} \right)$$

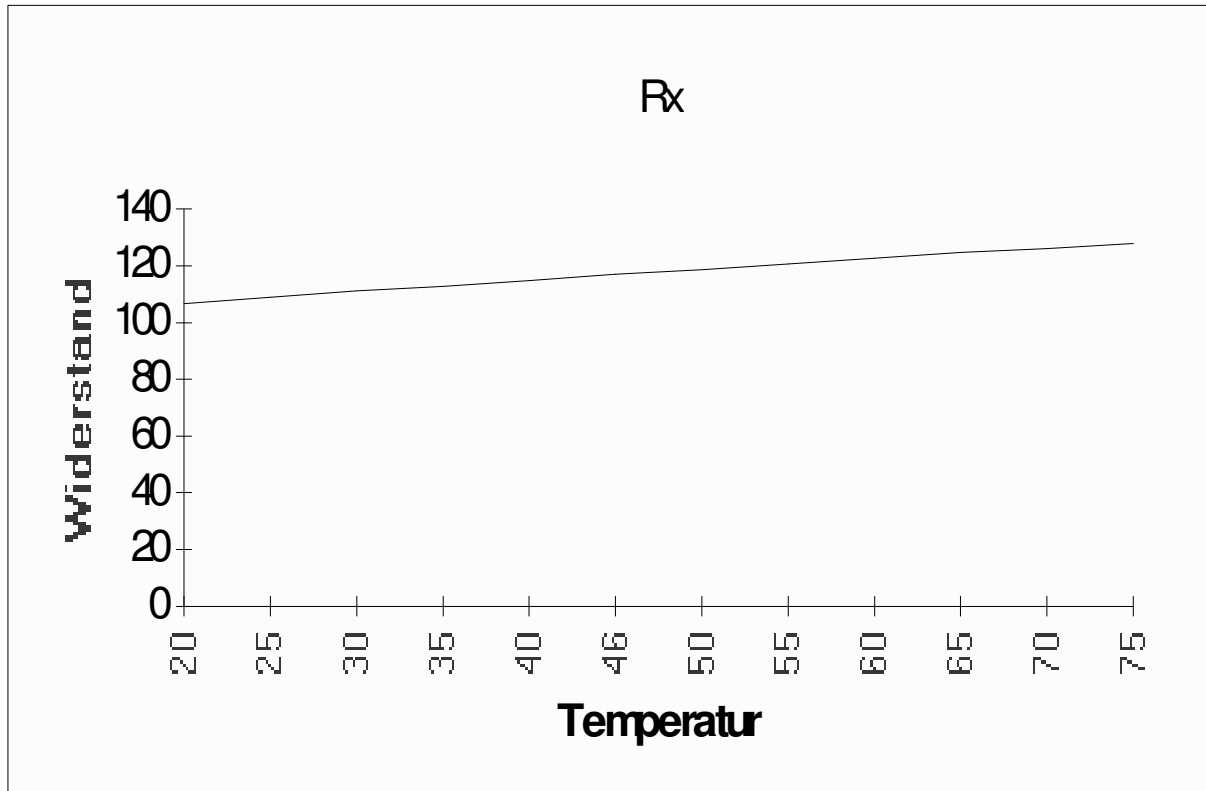
Der Fehler des Widerstandes Rn liegt bei 0,08% und die Ableseungenauigkeit des Schleifdrahtes beträgt 0,5mm.

Mit diesen Werten ergeben sich die folgenden Kurven

1. Widerstand



Für den 2. Widerstand



Es ist leider nicht möglich die Fehlerbalken einzuzeichnen, da der Fehler zu klein ist (selbst wenn man eine ganze DIN A4 Seite verwenden würde, bei 10 Ohm pro Zentimeter, wäre der Fehler deutlich kleiner als 1mm, also nicht darstellbar).

Wie man sieht haben die beiden Widerstände ein vollkommen unterschiedliches Verhalten. Während bei dem 1. Widerstand mit steigender Temperatur der Widerstand abnimmt, nimmt er beim zweiten zu.

Der erste Widerstand ist ein NTC (negative temperature coefficient) oder auch Kaltleiter genannt. Der zweite hingegen ist ein Heißleiter oder PTC (positive temperature coefficient).

Das unterschiedliche Verhalten erklärt sich wie folgt:

PTCs sind in der Regel Metalle, bei denen sich die Valenzelektronen als „Elektronengas“ im Gitter frei bewegen können, weshalb sie auch gute Leiter sind. Dabei gleiten sie über die Atomrümpfe. Erwärmt man nun die Metalle, so beginnt das Gitter stärker zu schwingen, wodurch die Elektronen in ihrer Bewegung stärker behindert wird. Dies führt dann dazu dass der Widerstand steigt.

NTCs hingegen bestehen aus Halbleitermaterialien, welche fast keine freien Elektronen besitzen, sie leiten folglich kaum. Erwärmt man nun die Halbleiter, so wird ein Teil der Elektronen aus seinen festen Positionen in eine bewegliche gehoben. Je höher die Temperatur, desto mehr Elektronen werden frei, was sich in einem sinkenden Widerstand bemerkbar macht. Zwar tritt auch hier der gleiche Effekt wie bei den Metallen auf, jedoch überwiegt der Effekt der freiwerdenden Elektronen, so dass der Widerstand insgesamt sinkt.

Aus den Kurven läßt sich nun mit Hilfe der linearen Regression, der Widerstandsänderung pro °C bestimmen.

Der 1. Widerstand verhält sich nicht linear, weshalb es keinen Sinn macht hier die lineare Regression anzuwenden. Ebenso wenig läßt sich die Widerstandsänderung pro Grad Celsius angeben.

Beim 2. Widerstand sieht es anders aus, der verhält sich im gemessenen Bereich annähernd linear. Hier beträgt die Widerstandsänderung 0,39 Ohm pro 1°C Temperaturerhöhung.

