

Auswertung zum Versuch „Widerstandskennlinien und ihre Temperaturabhängigkeit“

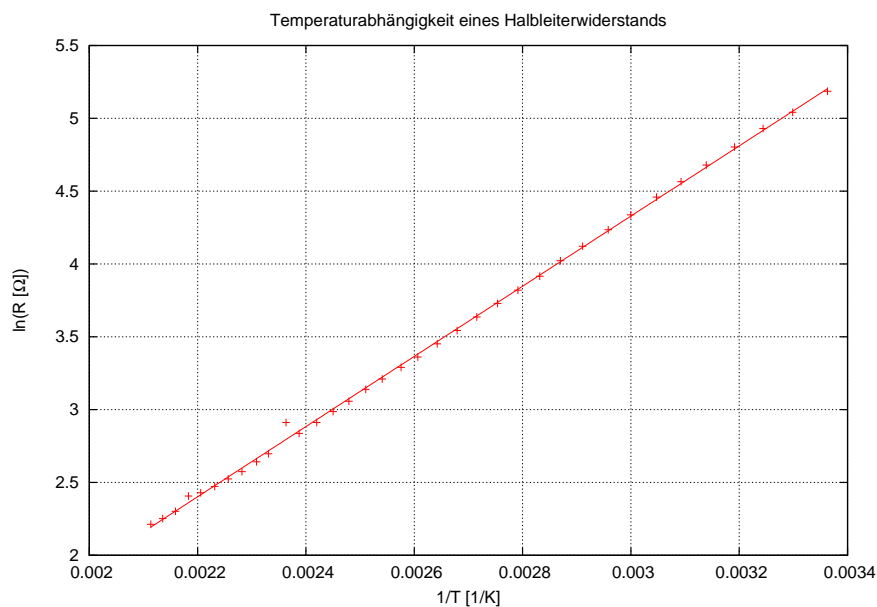
Kirstin Hübner (1348630) Armin Burgmeier (1347488)
Gruppe 15

2. Juni 2008

1 Temperaturabhängigkeit eines Halbleiterwiderstands

Wir haben die Schaltung der Brückenschaltung entsprechend aufgebaut und das Messgerät im feinsten Bereich ($10\mu\text{A}$) betrieben. Den gesuchten Widerstand können wir wie in der Vorbereitung beschrieben über $R_x = R_1 \frac{R_{max} - R_P}{R_P}$ berechnen. Dabei ist $R_1 = 101\Omega$, $R_{max} = 10\text{k}\Omega$ und R_P der gemessene Widerstand. Den Halbleiterwiderstand haben wir elektrisch von Zimmertemperatur bis 200°C geheizt und alle 5°C einen Messwert aufgenommen.

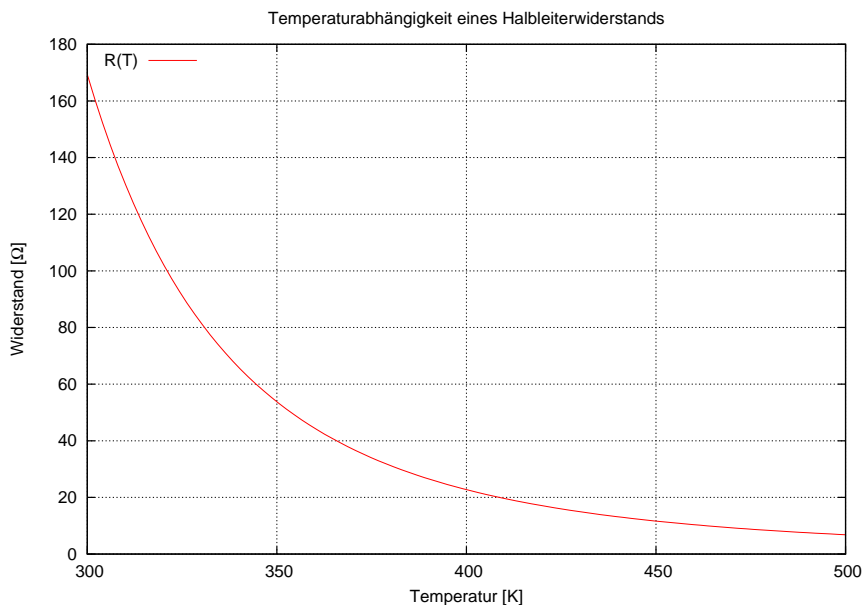
Trägt man nun $\ln R_x$ über $\frac{1}{T}$ auf, so erhält man folgendes Schaubild:



Wie erwartet erhalten wir eine Gerade mit positiver Steigung, da der Widerstand mit zunehmender Temperatur kleiner wird. Der Wert bei $\frac{1}{T} = 0,002361/\text{K}$

fällt als einziger aus dem Rahmen. Schon beim Aufnehmen der Messreihe fiel dieser Wert auf, da der Widerstand am Potentiometer R_P wieder kleiner wurde.

Da die Temperaturabhängigkeit eines Halbleiterwiderstands allgemein als $R = ae^{\frac{b}{T}}$ erhalten wir mit den aus dem vorigen Schaubild bestimmten Koeffizienten $a = 0,055$ und $b = 2409,05\text{K} \log \Omega$ folgende Abhängigkeit:



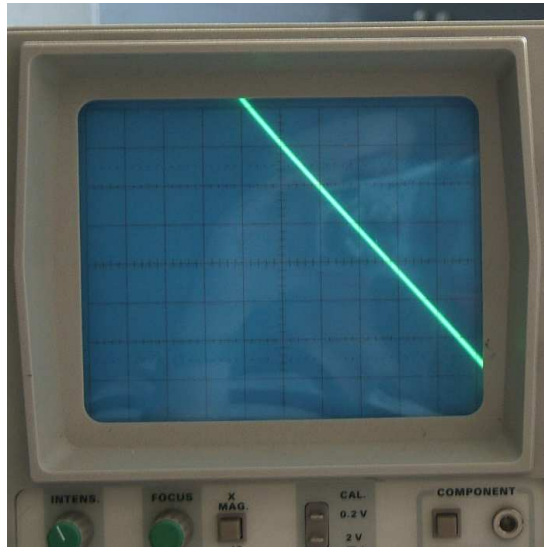
Wie erwartet nimmt der Widerstand des Halbleiters mit steigender Temperatur ab.

2 Messung von Widerständen und der $I(U)$ -Abhängigkeit

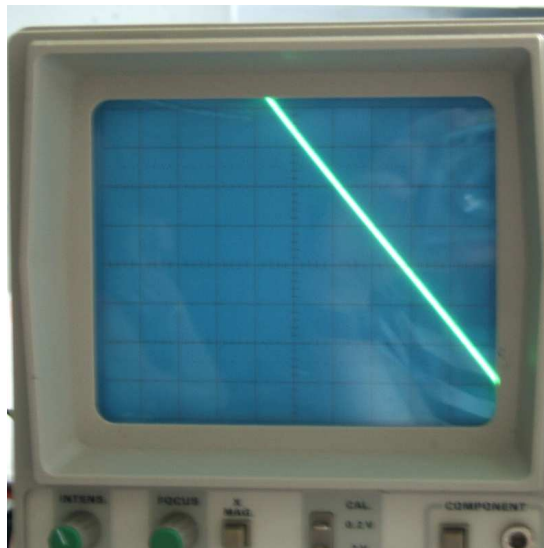
2.1 Spannungsabhängigkeit eines Edelmetallwiderstands

Wir haben die Spannung über einem Edelmetallwiderstand abgegriffen und an den X-Eingang eines Oszilloskops angeschlossen. Als Maß für die Stromstärke haben wir die Spannung über einem bekannten 101Ω -Widerstand auf den Y-Eingang des Oszilloskops gelegt.

Bei Zimmertemperatur konnten wir eine Gerade mit Steigung $-0,9$ beobachten. Diese ist wegen $R = \frac{U}{I}$ umgekehrt proportional zum Widerstand des Edelmetalls.



Nachdem wir den Edelmetallwiderstand mit Hilfe eines Föns auf eine nicht näher bekannte Temperatur erhitzt haben ergab sich eine Steigung von $-0,82$. Damit ist die Steigung kleiner, und somit der Widerstand größer geworden. Im Gegensatz zum Halbleiter ergibt sich hier eine Vergrößerung des Widerstands mit der Temperatur, da die Leitungselektronen durch die thermische Anregung öfter stoßen und somit am Fluss gehindert werden.



2.2 Kaltwiderstand einer üblichen 60W-Glühbirne

Den Kaltwiderstand haben wir mit Hilfe eines Ohmmeters zu $R = 71,97\Omega$ gemessen. Damit ist dieser wesentlich kleiner als der in der Vorbereitung berechnete Betriebswiderstand von $806,667\Omega$. Dies hatten wir erwartet, da es sich bei Wolfram wie bei gewöhnlichen Metallen um einen Kaltleiter handelt, das heißt der Widerstand ist mit geringerer Temperatur kleiner.

2.3 Kaltwiderstand einer 50W-Kohlefadenlampe

Wie in der vorherigen Aufgabe haben wir den Kaltwiderstand bestimmt. Er beträgt hier $R = 1,705k\Omega$ und ist damit wesentlich größer als der Betriebswiderstand von 968Ω . Somit handelt es sich bei Kohlenstoff um einen Heißleiter handelt.

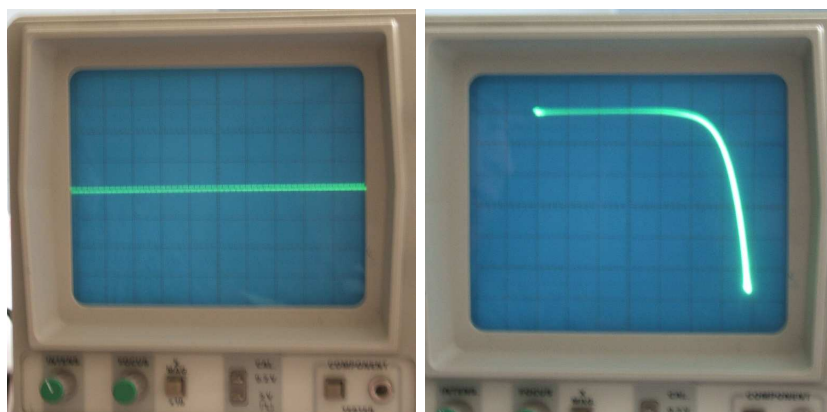
Vergleicht man bei ähnlicher elektrischer Leistung die beiden Glühlampen, so kann man beobachten, dass die Wolframwendel-Glühbirne deutlich heller ist als die Kohlefadenlampe, da letztere mehr im nicht sichtbaren Bereich strahlt.

3 $I(U)$ -Abhängigkeit verschiedener Dioden und eines Varistors

Wir haben die Spannung über dem jeweiligen Bauteil auf der X-Achse des Oszilloskops und die Spannung über den bekannten 101Ω -Widerstand auf die Y-Achse aufgetragen um die Kennlinie darzustellen. Dabei haben wir alle Bauteile in beiden Polungen betrachtet.

3.1 Siliziumdiode

Die SID hat sich in beiden Polungen wie erwartet verhalten (links Sperrrichtung, rechts Durchlassrichtung):

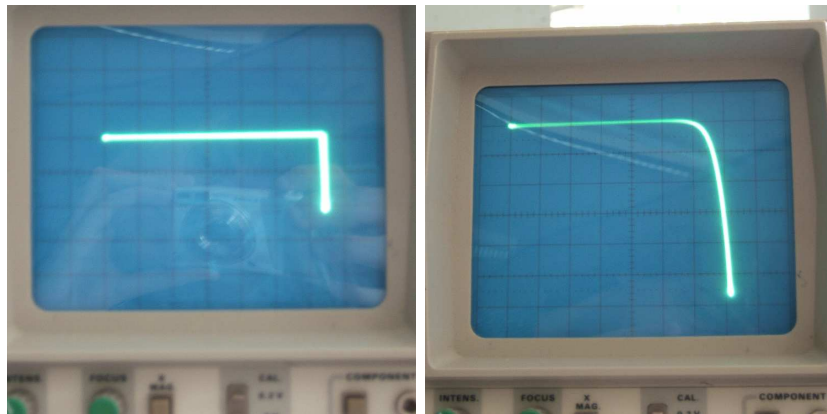


In Durchlassrichtung lässt sich die Schleusenspannung zu etwa $U_S = 550\text{mV}$ bestimmen.

Wir haben die Temperaturabhängigkeit der Kennlinie untersucht indem wir die Diode mit einem Fön erhitzt haben. Leider konnten wir keine Veränderung des Schaubilds feststellen. Erwartet hätten wir, dass die Kennlinie nach links verschoben wird, also die Schleusenspannung früher erreicht wird.

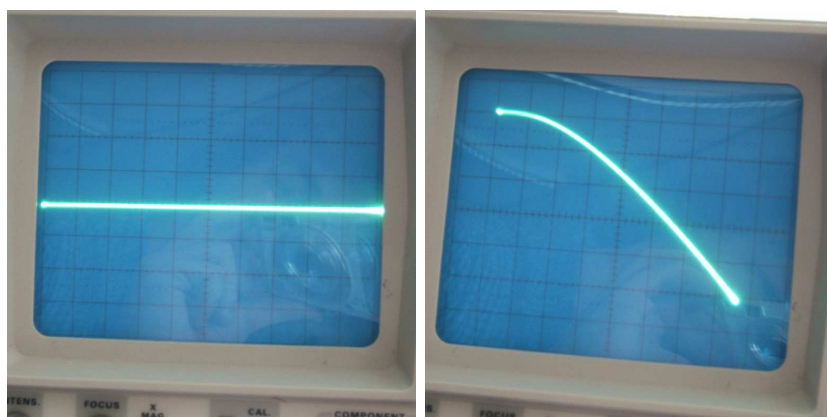
3.2 Zenerdiode

Auch hier haben sich unsere Erwartungen erfüllt. In Zenerrichtung (links) sieht man einen deutlichen Knick der allerdings erst bei höherer Spannung al der normale Knick in Durchlassrichtung (rechts) auftritt. Die Spannungen betragen $U_S = 630\text{mV}$ in Durchlassrichtung und $U_Z = 6,3\text{V}$ in Zenerrichtung.



3.3 Germanium-Diode

Die Kennlinie der Germanium-Diode zeigte in Durchlassrichtung (rechts) einen früheren und weicheren Anstieg als die Silizium-Diode.

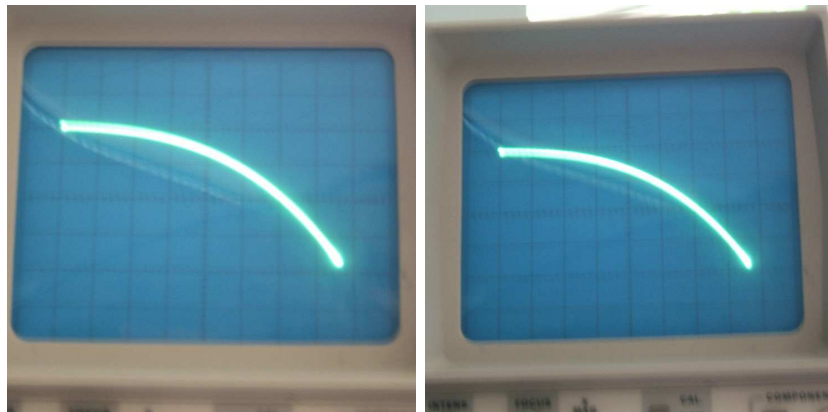


Die Schleusenspannung kann zu $U_S = 300\text{mV}$ am Oszilloskop abgelesen werden.

Auch hier haben wir versucht die Temperaturabhängigkeit der Kennlinie zu untersuchen, doch auch hier hatten wir leider keinen Erfolg.

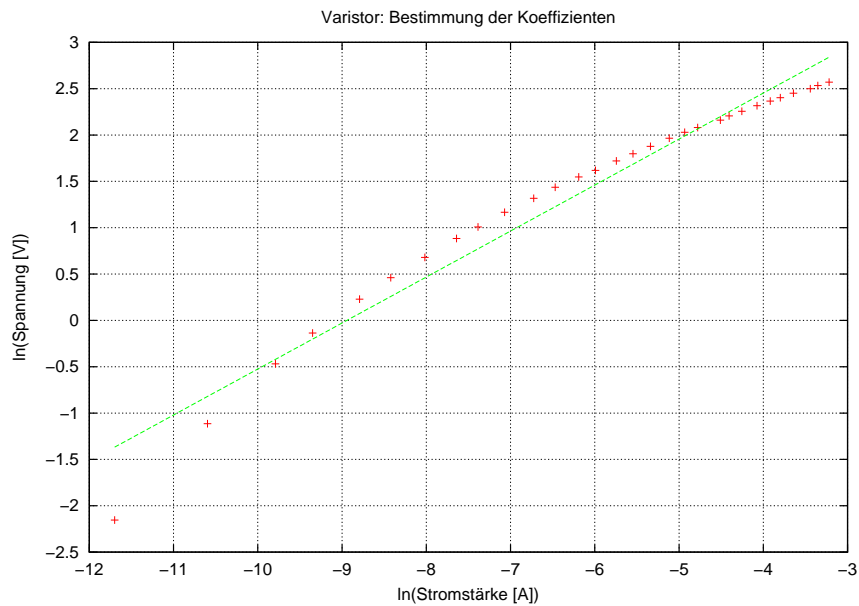
3.4 Varistor

Wie erwartet ergibt sich ein zum Nullpunkt der Spannung symmetrisches Kennlinienbild. In beiden Richtungen ergibt sich die Schleusenspannung zu $U = 2\text{V}$.

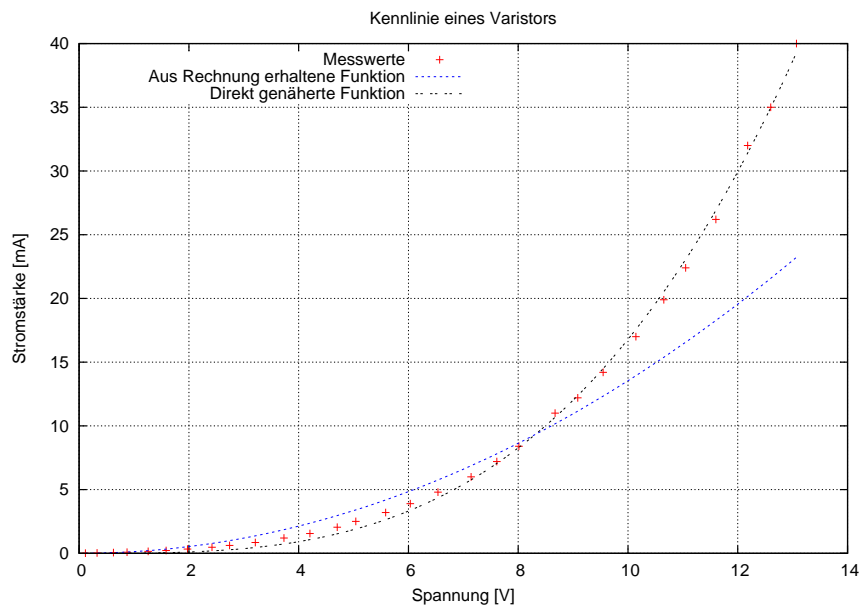


4 Punktweise Messung der Varistorkennlinie

Wir haben nun Strom und Spannung mit entsprechenden Messgeräten an Stelle des Oszilloskops gemessen. Trägt man $\ln(U)$ über $\ln(I)$ auf und führt eine lineare Regression durch, so erhält man folgendes Bild:



Wider Erwarten liegen die Messwerte nicht auf einer Geraden wodurch die aus der Regression bestimmten Koeffizienten $b = 0,496$ und $c = 84,529$ für $U = cI^b$ unsere Messwerte nur schlecht annähern.



Zusätzlich zu der aus der linearen Regression berechneten Funktion haben wir die Funktion eingezeichnet, die wir aus einer nichtlinearen Anpassung der Messwerte an die Funktion $U = cI^b$ erhalten. In diesem Fall ergeben sich die Koeffizienten zu $b = 0,315$ und $c = 36,222$. Leider können wir uns nicht erklären

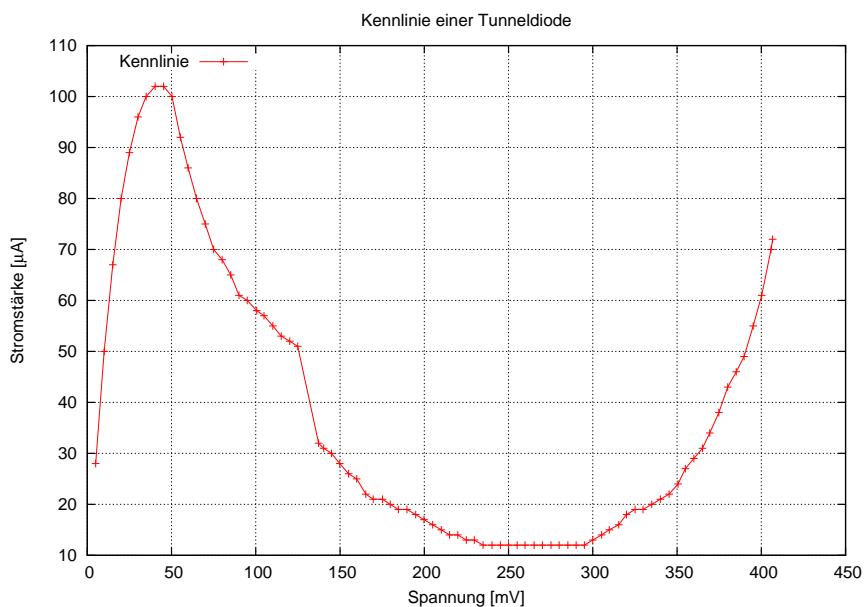
warum sich für den ersten Ansatz so schlechte Werte ergeben. Ursächlich dafür ist vor allem, dass sich nach Auftragung der Logarithmen keine Gerade sondern eine leicht gebogene Kurve ergibt.

Insgesamt entsprechen die Messwerte der Kennlinie die wir auf dem Oszilloskop beobachtet haben.

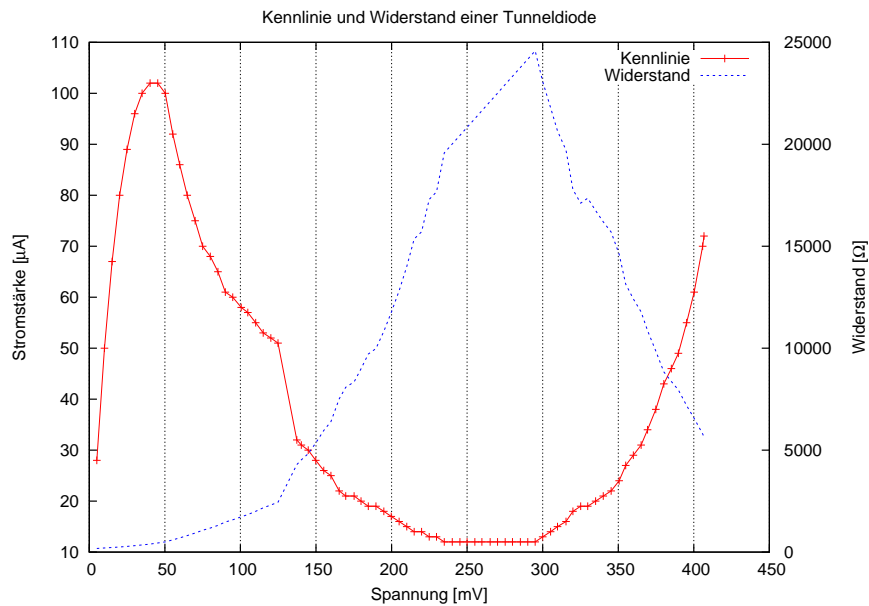
5 Tunneldiode

5.1 Punktweise Messung der $I(U)$ -Abhängigkeit

Wir haben die Spannungsteilerschaltung des Experimentiergerätes verwendet um die Kennlinie einer Tunneldiode im Bereich zwischen 0mV und 400mV aufzunehmen. Trägt man I über U auf, so erhält man:

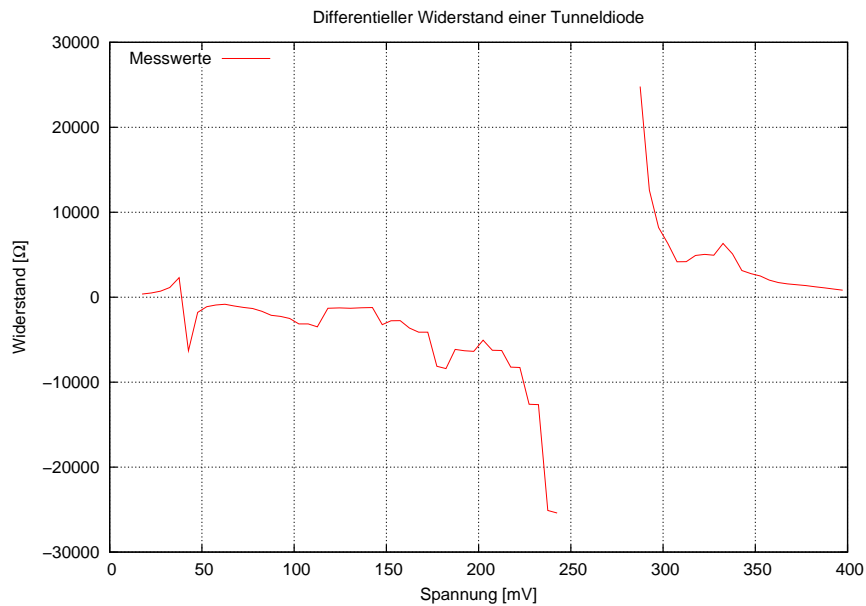


Wie erwartet erkennt man einen deutlichen Hochpunkt und ein ausgeprägtes Tal. Der Hochpunkt liegt bei 45mV und $102\mu\text{A}$. Dies kommt den gegebenen Daten der Tunneldiode (50mV und $100\mu\text{A}$) sehr nahe. Der Talpunkt liegt im Bereich von 265mV und einem Strom von $12\mu\text{A}$. Auch dies stimmt mit der angegebenen Talspannung von 300mV und dem Talstrom von $10\mu\text{A}$ überein.



Zeichnet man zusätzlich den Widerstand der Tunnelodiode ein, so beobachtet man, dass der Widerstand in der Nähe des Talpunktes am größten ist. Da dort auch am wenigsten Strom fließt haben wir dieses Verhalten erwartet.

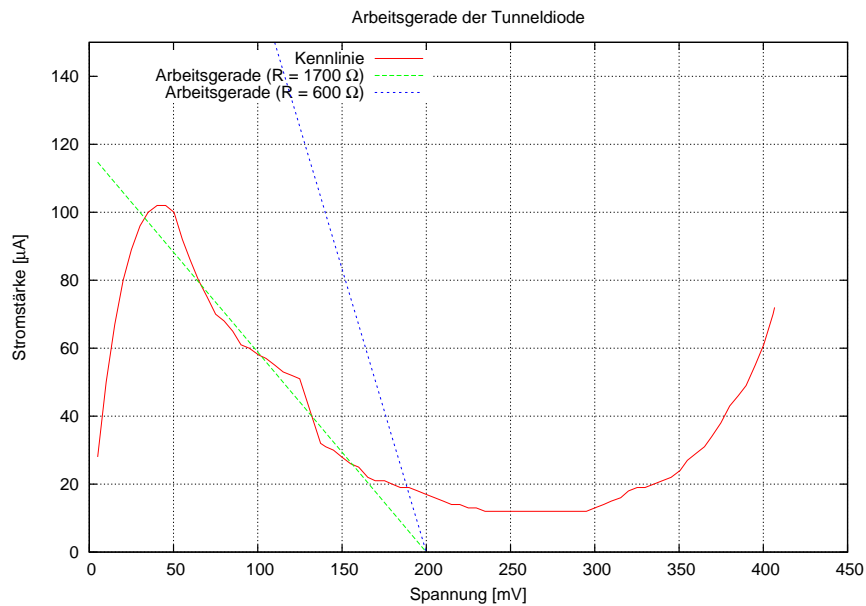
Der differentielle Widerstand $\frac{dU}{dI}$ haben wir berechnet indem wir den Quotient zweier benachbarter Messwerte gebildet haben: $\frac{dU}{dI} = \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1}$. Würden wir dies über U auftragen, so erhalten wir eine Kurve mit äußerst starken Schwankungen aus der sich keine Aussage ablesen lässt. Deshalb haben wir immer fünf benachbarte dU - und dI -Werte gemittelt und über das Mittel der jeweiligen Spannung aufgetragen:



Der differentielle Widerstand nimmt mit zunehmender Spannung leicht ab bis er auf eine Resonanz bei etwa $U = 270\text{V}$ stößt. Die Unterbrechung der Kurve dort entsteht, da der Strom an dieser Stelle über mehrere Spannungswerte konstant blieb.

5.2 Sprungverhalten des Stroms

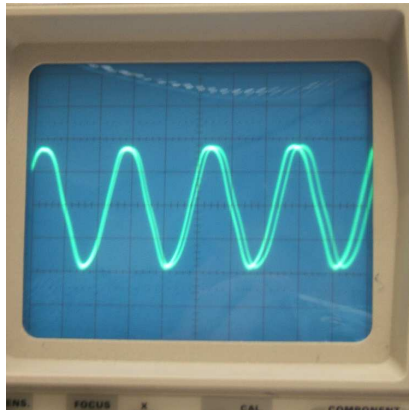
Das Sprungverhalten des Stroms konnten wir bei der Messung im $300\mu\text{A}$ -Bereich bereits bei etwa 130mV beobachten. Nach dem Umschalten des Messbereichs auf $100\mu\text{A}$ war dies jedoch deutlich ausgeprägter.



Die Sprungstellen können beobachtet werden, wenn die Arbeitsgerade für einen Wert von U_0 die Kennlinie an mehreren Stellen schneidet. Dann gibt es keine eindeutige Lösung und die Anzeige des Messgeräts schwankt. Im $100\mu\text{A}$ -Bereich ist die Gerade aufgrund des höheren Instrumenteninnenwiderstands flacher wodurch sie die Kennlinien in mehreren Fällen mehrmals schneidet. Die weiteren Kennlinien liegen jeweils parallel zu den exemplarisch eingezeichneten des jeweiligen Messbereichs.

5.3 Oszillographische Beobachtung des Sprungs

Nachdem wir in die Schaltung zusätzlich eine Spule eingebaut haben konnten wir das Sprungverhalten auf dem Oszilloskop darstellen. Da die Spule der Änderung des Stroms entgegenwirkt wird die Periodendauer der Schwankungen vergrößert wodurch wir sie auf dem Oszilloskop erkennen können.



An der Sprungstelle sieht man Sinusschwankungen der Spannung mit der Zeit. Entfernt man sich von der Sprungstelle, so werden die Schwankungen flacher bis sie in einem Bereich wo die Arbeitsgerade eine eindeutige Lösung besitzt ganz verschwinden.

6 Fazit

Im Versuch „Widerstandskennlinien und ihre Temperaturabhängigkeit“ wurden die verschiedenen Abhängigkeiten der Widerstände sehr gut verdeutlicht. Der Vergleich der verschiedenen Halbleiterwiderstände und des Metallwiderstands war sehr interessant und stimmte mit unseren Vorüberlegungen überein. Auch das Vergleichen der Kohlefadenlampe mit der Wolframwendellampe war eindrücklich und könnte auch als Versuch in der Schule gezeigt werden. Vor allem die Kennlinie der uns zuvor unbekanntes Tunnel diode war für uns interessant zu beobachten, da sie sich gänzlich anders verhält als wir es von anderen Dioden erwarten würden.