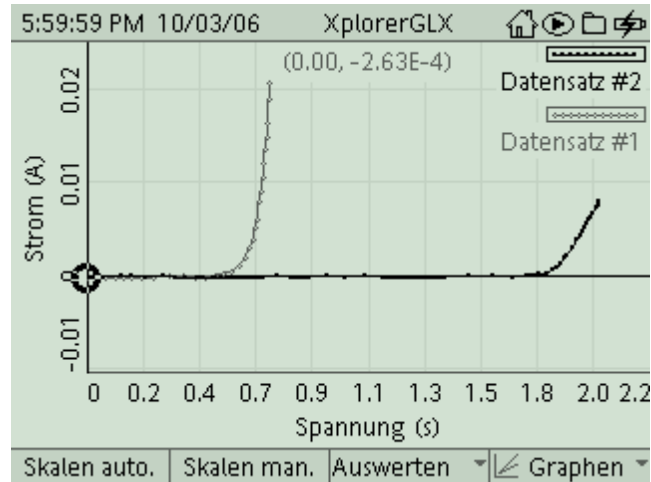


Kennlinien von Dioden



Klassenstufe	Oberthemen	Untertemen	Anforderungs- niveau	Durchführungs- niveau	Vorlauf Vorbereitung Durchführung
SI	Elektrizitätslehre	Halbleiter-Bauelemente	●●	■ ■	- 0 - 15 Min 45 Min

Lehrziele

- die Schüler untersuchen den Zusammenhang zwischen Spannung und Stromstärke an einer Diode (fachlicher Inhalt)
- die Schüler nehmen eine U-I-Kennlinie mit Hilfe eines Strom-/Spannungssensors und dem Messinterface Xplorer GLX durch (technische Kompetenz)
- die Schüler vergleichen die Kennlinien verschiedener Dioden (Methodenkompetenz)

Einführung

Die Diode ist neben dem Transistor das wichtigste Primärbauteil auf Halbleiterbasis. Sie ist aus fast keiner diskreten Schaltung, vor allem aber aus keinem internen Aufbau eines integrierten Schaltkreises oder Mikrokontrollers wegzudenken. Dazu sind ihre Eigenschaften mit typischen Schulmitteln gut zugänglich und mit den üblichen Modellen vom Halbleiter auch noch ganz gut erklärbar. Insbesondere die Leitung der Halbleiterdiode ab einer materialtypischen Durchbruchspannung und das Sperren bei entgegengesetzter Stromrichtung sind wesentliche Aspekte, die hier untersucht werden.

Dieser Versuch kann natürlich auch problemlos und gut mit analogen Messinstrumenten durchgeführt werden. Interessant wird der Einsatz der Messwerterfassung erst dann, wenn man mehrere verschiedene Dioden untersuchen und miteinander vergleichen will (hier zum Beispiel eine Standard-Siliziumdiode und eine LED). Der zusätzliche Aufwand bei der Einstellung der Messparameter wird dann durch sehr kurze Zeiten für die Aufnahmen der Messkurven wieder wettgemacht.

Notwendiges Material

Siliziumdiode, LED
Widerstand, z.B. 100 Ohm
Stromversorgung: 3 V Gleichspannung
Potentiometer zur Feinregulierung
Leitungen

Xplorer GLX
Strom-/Spannungssensor

Didaktische und methodische Hinweise

Im Anhang finden sich ein Handbuch sowie ein Schülerarbeitsblatt.

Das Handbuch ist als Lehrsaalexemplar gedacht und sollte jeder Arbeitsgruppe in einem Schnellhefter oder Ordner zur Verfügung stehen, es führt die Schüler step-by-step durch den Versuch und erläutert insbesondere sehr ausführlich die Bedienung des Xplorer GLX. Das Schülerarbeitsblatt enthält eine Kurzfassung von Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung (zur häuslichen Wiederholung) sowie Fragen zur Auswertung der Versuchsergebnisse. Der Schaltplan im Handbuch und im Schülerarbeitsblatt sollte eigentlich universell verwendbar sein, lediglich die technischen Daten für die Dioden und das Potentiometer wird man vermutlich an das vorhandene Praktikumsmaterial anpassen. Die Auswahl des Vorwiderstandes richtet sich insbesondere nach der eingesetzten Maximalspannung und der typischen Stromstärke für die eingesetzte LED im zweiten Versuch. Die Belastbarkeit des Potentiometers (Spannungsteiler) stellt hier sicherlich keine Einschränkung dar. Als Stromquelle eignet sich ebenso eine zentrale Versorgung im Praktikumsraum (Restwelligkeit prüfen), dann muss man hier natürlich auch den Text ändern. Wer Schülernetzgeräte zur Verfügung hat, die sich im betrachteten Bereich sehr fein und genau regeln lassen, kann auf die Spannungsteilung via Potentiometer verzichten.

Die Schüler bauen zunächst die Schaltung entsprechend dem Schaltplan auf. Der korrekte Einbau des Stromsensors ist zu prüfen, allerdings ist er gegen Kurzschluss gesichert, so dass er auch bei fehlerhaftem Einsatz nicht beschädigt wird. Der Sensor wird automatisch erkannt, lediglich die Abtastrate und die Anzahl der angezeigten Stellen muss den spezifischen Bedürfnissen angepasst werden (das wird in der Anleitung ausführlich erklärt). Ebenso muss in der graphischen Darstellung die x-Achse noch mit dem Datensatz für die Spannung belegt werden (Standardeinstellung ist hier immer Zeit). Beim Hochregeln der Spannung wird dann die Messreihe automatisch aufgenommen. Die Analyse erfolgt primär qualitativ und kann sowohl am Display des GLX als auch an Hand der ausgedruckten Messgraphen erfolgen. Dabei passt die Untersuchung von Graphen ausgezeichnet zu den derzeit aktuellen didaktischen Zielsetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht. Schön zu sehen ist bei der Messaufnahme an der LED übrigens das Einsetzen des Leuchtens bei Überschreiten der Durchbruchspannung.

Hinweis zum Zeitbedarf

Die Anleitung ist für einen Ersteinsatz von GLX und Stromsensor konzipiert, die Bedienung ist (inklusive aller Einstellarbeiten) ausführlich erklärt. Aufgrund des einfachen Experimentieraufbaus lässt sich das Experiment in 45 min durchführen, die Schüler sollten allerdings schon mit dem Einsatz von analogen Messgeräten vertraut sein. Die Einstellungen der Mess- und Darstellungsparameter erscheint auf den ersten Blick recht kompliziert, gelingt dann allerdings recht schnell. Langsamere Gruppen werden vielleicht nur die Aufnahme einer U-I-Kennlinie schaffen, womit das Hauptziel des Experiments aber erreicht ist. Schließlich wurde die Auswertung so gestaltet, dass sie an Hand des Schülerarbeitsblattes auch zu Hause durchgeführt werden kann. In diesem Fall arbeiten die Schüler mit der ausgedruckten Messkurven oder mit ihrem Datensatz, den sie per USB-Stick oder MP3-Player nach Hause nehmen und dort mit der entsprechenden Messsoftware Datastudio (Download unter www.pasco.com) bearbeiten. Die Software enthält auch einen GLX-Simulator, so dass die Schüler genau die Geräteansicht wiederfinden, die ihnen vom Praktikum her vertraut ist. Die Besprechung und Ergebnissicherung erfolgt dann in der folgenden Unterrichtsstunde. Schnellere Gruppen können auch eine vollständige Kennlinie (inklusive dem negativen Teil der Spannungsachse) aufnehmen.

Erweiterung

Falls mehr Zeit zum Experimentieren zur Verfügung steht, kann das Experiment natürlich erweitert werden, z. B. durch Untersuchung weiterer Dioden. Interessant wäre zum Beispiel der Vergleich von LED's verschiedener Farben. Allerdings sind die Durchbruchspannungen hier nicht automatisch farbabhängig, sondern hängen individuell vom Typ der LED ab. So findet man hier auch Sorten, die trotz verschiedener Farbe fast identische Durchbruchspannungen aufweisen. Germaniumdioden wiederum zeigen ganz andere Kennlinienformen. Im Rahmen des Experiments würde sich auch die Untersuchung von Zenerdioden anbieten.

Arbeitsblatt (-blätter)

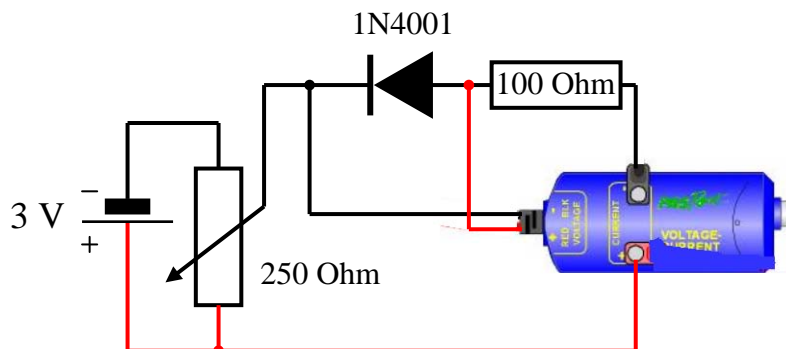
- Handbuch für den Experimentierraum (6 Seiten farbig, ein Exemplar pro Gruppe)
- Schülerarbeitsblatt (1 Seite s/w, zum Kopieren für jeden Schüler)

Aufgabe:


Dioden sind elektronische Bauteile, die als wichtiger Bestandteil in vielen diskreten Schaltungen aber auch als Komponente innerhalb von integrierten Schaltkreisen (IC's) und Computerchips unabdingbar sind. In diesem Experiment untersuchen wir an verschiedenen Dioden den Zusammenhang zwischen der an der Diode abfallenden Spannung U und dem dabei fließenden Strom I .

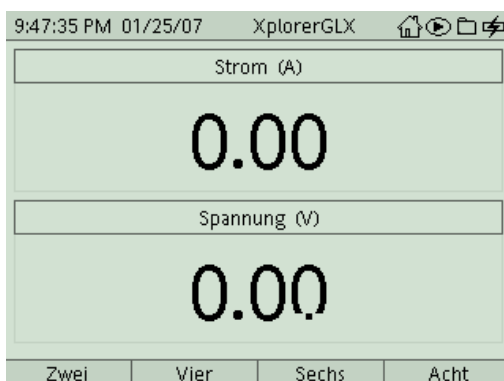
Versuchsaufbau:



1. Baue den Stromkreis gemäß Schaltplan auf. Setze zunächst eine Siliziumdiode 1N4001 ein (**achte auf deren Einbaurichtung**). Der Widerstand ($100\ \Omega$) ist zur Strombegrenzung unabdingbar, sonst entsteht ein Kurzschluss. Schalte das Netzgerät noch nicht ein. **Beachte insbesondere den korrekten Einbau des Potentiometers** (bei falschem Einbau kann es leicht zerstört werden).
2. Verwende den Spannungs-/Stromsensor (Voltage/Current). Die fest angebrachten Messleitungen, die zur Spannungsmessung dienen, schließt Du direkt an der Diode an. Die Strommessung erfolgt über separate Messleitungen an den Buchsen auf der Oberseite des Sensors (Current, beim Einstecken am Sensor gegenhalten). Füge damit den Sensor als Amperemeter in den Stromkreis ein (siehe Schaltplan). Beachte die Polung und vermeide Kurzschluss.

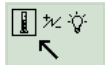


Versuchsdurchführung (Bedienung des GLX):

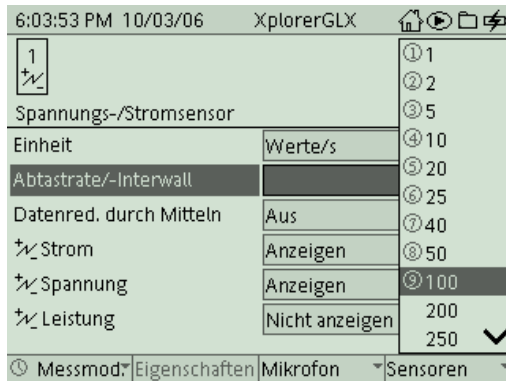
1. Schließe den Netzadapter am GLX an oder schalte es mit  ein.
2. Stecke den Spannungs-/Stromsensor (Voltage/Current) vorsichtig (**ohne zu verkanten**) am GLX im Port 1 ein. Dabei öffnet automatisch folgendes Messfenster:











3. In der Digitalanzeige werden bereits laufend die aktuellen Messwerte dargestellt. Wir passen zuerst noch unseren Sensor an die spezifischen Anforderungen dieses Versuches an. Wechsle dazu mit  ins Hauptmenü und dann mit  in das

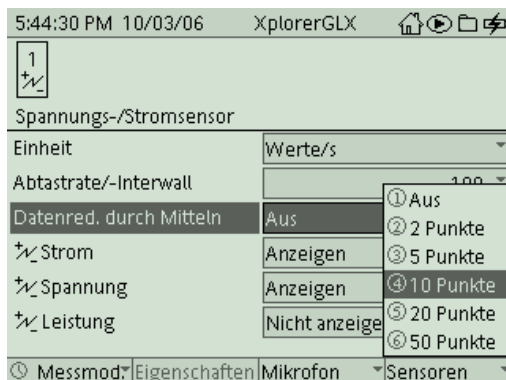


Menü Sensoren :




Wähle das Feld *Abtaste-/Intervall* mit  und aktiviere es mit . Wähle dann mit  und  den Wert 100 (das bedeutet, dass das GLX während der Messung 100 Messwerte pro Sekunde aufnehmen wird).

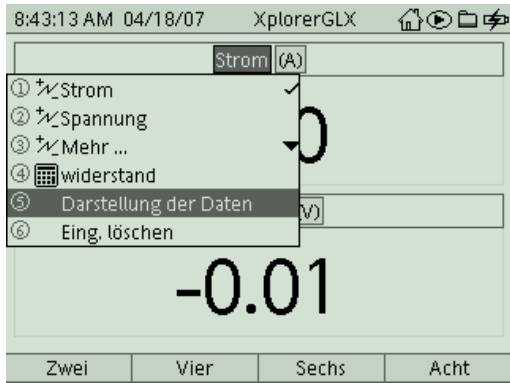
4. Wähle das Feld *Datenreduktion durch Mitteln* mit  und aktiviere es mit . Wähle dann mit  und  den Wert 10 (das bedeutet, dass das GLX jeweils 10 Messwerte zusammenfasst und aus diesen einen Wert durch Mittelung bestimmt, das führt zu einer Glättung der Messkurve).



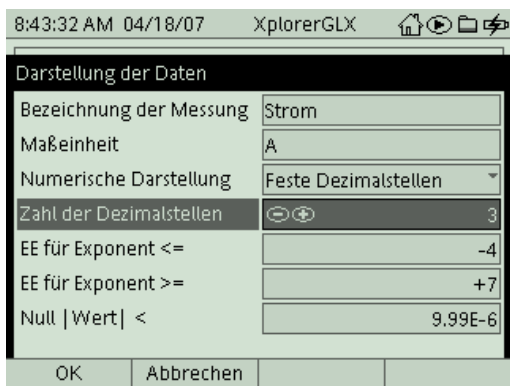
5. Kehre dann wieder mit  ins Hauptmenü zurück und wechsle mit  ins Menü




. Die aktuellen Messwerte werden in der Digitalanzeige dargestellt. Nachdem die Ströme im Experiment relativ klein sind, werden wir hier die Anzahl der angezeigten Nachkommastellen von zwei auf drei Stellen erhöhen. Drücke hierfür zweimal  und wähle im Pulldown-Menü *Darstellung der Daten*.



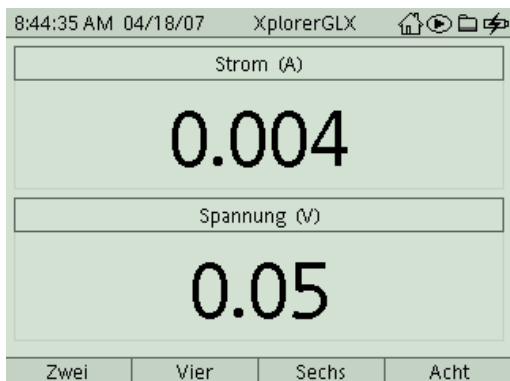
Im Einstellungsfenster kannst Du jetzt die Zahl der Dezimalstellen mit + von 2 auf 3 erhöhen.





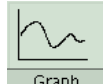




Mit **F1** (OK) bestätigst Du Deine Einstellung und kehrst wieder in die

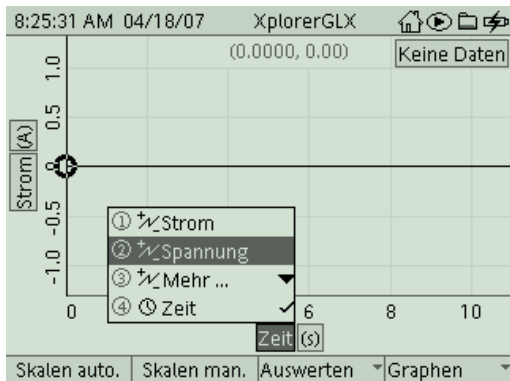
Messdarstellung  zurück.

6. Drehe den Regler am Potentiometer ganz nach links. Vergewissere Dich, dass der Einstellregler am Netzgerät auf 0 V gedreht ist (ganz links). Schalte das Netzgerät ein und regle die Spannung auf **ungefähr 3 V** ein (**Einbauinstrument am Gerät beachten, diese Einstellung bleibt während des gesamten Experiment fest**). Nun kannst Du mit dem Regler am Potentiometer die Spannung von 0 V bis 3 V durchregeln (von links nach rechts). Probier das gleich mal aus und beobachte, wie sich die Stromstärke und die Spannung dabei verändern.





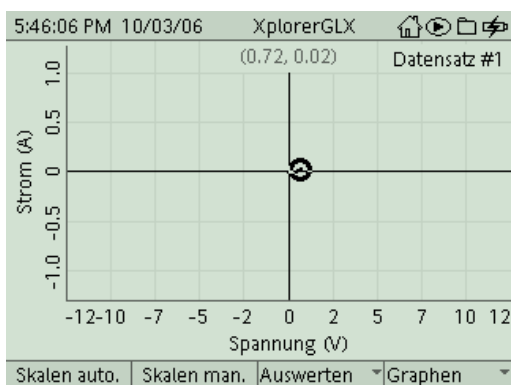
7. Drehe den Regler am Potentiometer wieder ganz nach links, kehre dann mit 


wieder ins Hauptmenü zurück und wechsele mit  ins Menü . Es erscheint ein Messfenster, in dem der Strom gegen die Zeit aufgetragen wird. Um zu einem U-I-Diagramm zu gelangen, müssen wir die Belegung der x-Achse ändern. Durch die Tastenkombination ,  und  kannst Du die Achsenbelegung *Zeit* invertieren und ein Pulldown-Menü öffnen, aus dem Du die Messgröße *Spannung* auswählst (Bestätigung mit ).

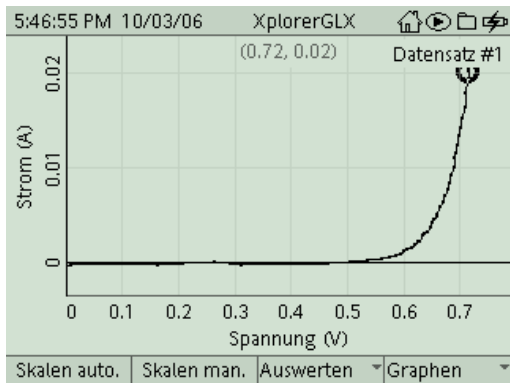


Die Skalierung der Achsen zu Beginn richtet sich einfach nach den Maximalwerten des Sensors (10 V, 1 A). Nach der Messung werden wir diese noch anpassen.

8. Beginne die Messaufzeichnung mit , drehe den Regler am Potentiometer zügig und gleichmäßig nach rechts und beende die Messung sofort wieder mit  (die gesamte Aufzeichnung sollte nur einige Sekunden dauern; das GLX schreibt ja 10 Messwerte pro sek. in seinen Speicher, deshalb solltest Du die Messung nicht unnötig lange laufen lassen). Die Messung erscheint zunächst sehr unscheinbar.

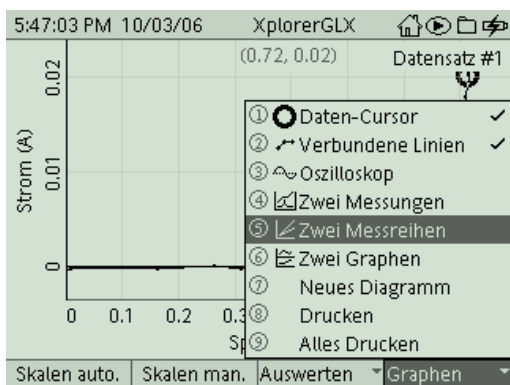


9. Drehe zunächst den Regler am Potentiometer wieder zurück. Aktiviere dann mit  die Funktion **Skalieren automatisch**, um das Graphikfenster optimal an die Messkurve anzupassen (falls Du mit der Messreihe nicht zufrieden bist, kannst Du die Messung jederzeit wiederholen).



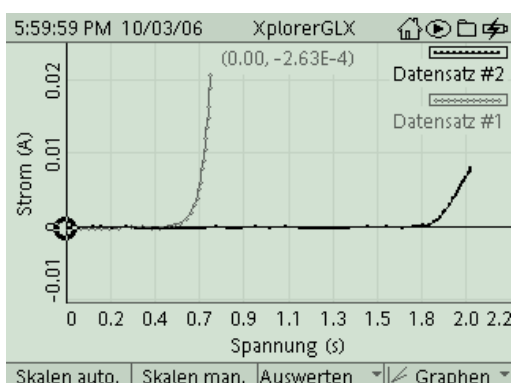
10. Schau Dir die Messkurve einmal genau an. Wie viel Strom lässt die Diode bei kleinen Spannungen durch, bei welcher Spannung ändert sich das? Dieses Verhalten ist ganz typisch für viele Dioden, die auf Halbleiterbasis konstruiert sind. Notiere Deine Erkenntnisse zunächst auf Deinem Arbeitsblatt. (Auswertung 1.-4.)

11. Um die zweite Messreihe parallel zur ersten anzeigen zu können, aktivierst Du den Modus **Zwei Messreihen**. Du findest ihn im Menü *Graphen* (**F4**).



12. Montiere die Diode an derselben Stelle nun mit umgekehrter Einbaurichtung (Pfeil auf der Diode zeigt von – nach +) und wiederhole das Experiment, die Diode wird sich jetzt anders verhalten. Notiere auch hier Deine Beobachtung auf dem Arbeitsblatt. (5.)

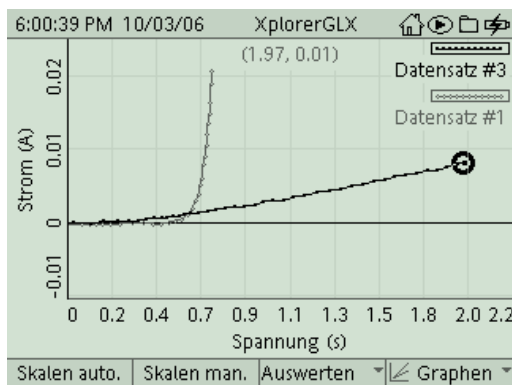
13. Tausche die Siliziumdiode nun gegen eine rote Leuchtdiode (LED) aus (**achte auf die korrekte Einbaurichtung**) und wiederhole das Experiment. Behalte während der Messung die LED im Auge. Zur Unterscheidung werden die Graphen in verschiedenen Graustufen angezeigt (Legende oben rechts).




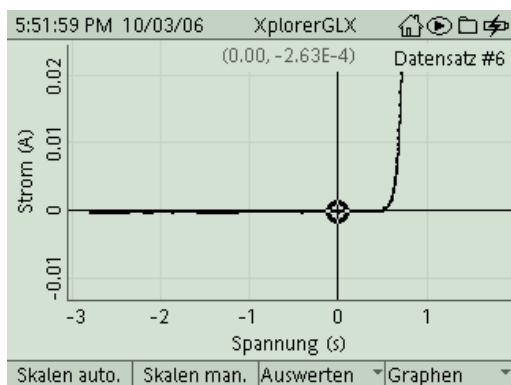
14. Jetzt kannst Du Deine Messkurve ausdrucken. Hierzu musst Du aber die Steckverbindungen am GLX lösen und es per USB am Drucker anschließen. Mit **F4** gelangst Du in das Untermenü *Graphen* und druckst dann mit dem Befehl **Drucken** und **OK** (**F1**).
- Bearbeite anschließend noch die letzte Frage auf Deinem Arbeitsblatt und fasse die Versuchsergebnisse zusammen.

Weitere Auswertemöglichkeiten

15. Wenn Du noch Zeit hast, kannst Du auch andere Dioden verwenden und den Versuch wiederholen. Germaniumdioden zeigen zum Beispiel eine ganz andere Kennlinienform.



16. Um eine Kennlinie zu erhalten, die auch den negativen Teil der Spannungsachse enthält, regelt man zunächst die Spannung mit Hilfe des Potentiometers hoch, vertauscht dann die Anschlüsse (+ und -) am Netzgerät (wobei die Messaufzeichnung weiterläuft) und regelt dann über das Potentiometer wieder auf 0 zurück. Erst dann wird die Messung mit  beendet.

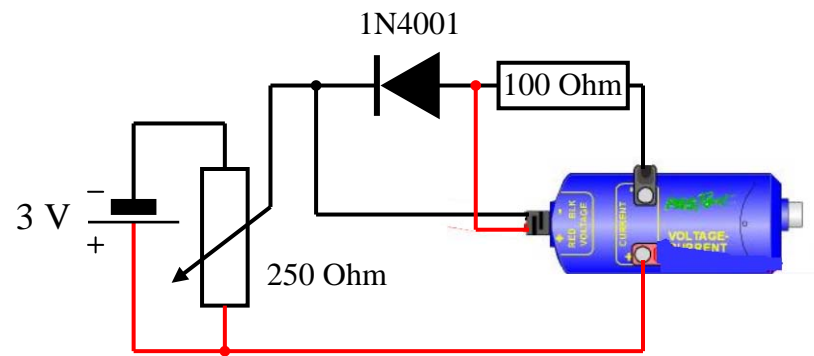


Aufgabe:

Dioden sind elektronische Bauteile, die als wichtiger Bestandteil in vielen diskreten Schaltungen aber auch als Komponente innerhalb von integrierten Schaltkreisen (IC's) und Computerchips unabdingbar sind. In diesem Experiment untersuchen wir an verschiedenen Dioden den Zusammenhang zwischen der an der Diode abfallenden Spannung U und dem dabei fließenden Strom I .

Sicherheitshinweise:

Der Stromsensor darf wie jedes andere Amperemeter auch **nicht direkt** an die Stromquelle angeschlossen werden. Der Widerstand (100 Ω) begrenzt den Strom und muss unbedingt eingebaut werden.



Aufbau und Durchführung:

Eine ausführliche Anleitung findest Du im „Experimentierhandbuch Explorer GLX“ unter der Nummer 18.

1. Baue den Stromkreis gemäß Schaltplan auf. Achte dabei auf die Einbaurichtung der Diode. Der Pfeil (Dreieck) zeigt von + nach - .
2. Verwende den Datenlogger Explorer GLX zur Strommessung und Spannungsmessung.
3. Starte die Messung und regle die Spannung im Stromkreis mit Hilfe des Potentiometers von 0 V auf 3 V hoch. Strom und Spannung an der Diode werden vom GLX aufgezeichnet und in einem U-I-Diagramm dargestellt.

Auswertung:

1. Welche Kurvenform zeigt das U-I-Diagramm?
 - o Ursprungsgerade
 - o Gerade
 - o keine Gerade
2. Bei kleinen Spannungen...
 - o lässt die Diode den Strom fast ungehindert durch
 - o unterbindet die Diode den Strom
 - o sind Strom und Spannung proportional
3. Bei welcher Spannung ändert sich das Verhalten der Diode radikal? ca.
4. Über dieser Spannung...
 - o lässt die Diode den Strom fast ungehindert durch
 - o unterbindet die Diode den Strom
 - o sind Strom und Spannung proportional
5. Wenn man die Diode entgegengesetzt zur gezeichneten Richtung einbaut (der Dreieckspfeil zeigt dann von - nach +), dann
 - o lässt die Diode den Strom fast ungehindert durch
 - o unterbindet die Diode den Strom
 - o sind Strom und Spannung proportional
6. Worin unterscheidet sich das Verhalten einer LED von dem Verhalten der einfachen Siliziumdiode (mehrere Aspekte)?

Ergebnis:

Bei geringen Spannungen eine Diode den Strom.
 Erst ab einer gewissen Durchbruchspannung (ca.) setzt der Stromfluss ein und wird dann von der Diode behindert.
 In Gegenrichtung eine Diode den Strom vollständig.
 Bei einer Leuchtdiode (LED) liegt die Durchbruchspannung ,
 mit Einsetzen des Stromflusses beginnt die LED zu