



SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

Auszug aus:

Halbleiter und ihre Eigenschaften

Das komplette Material finden Sie hier:

School-Scout.de

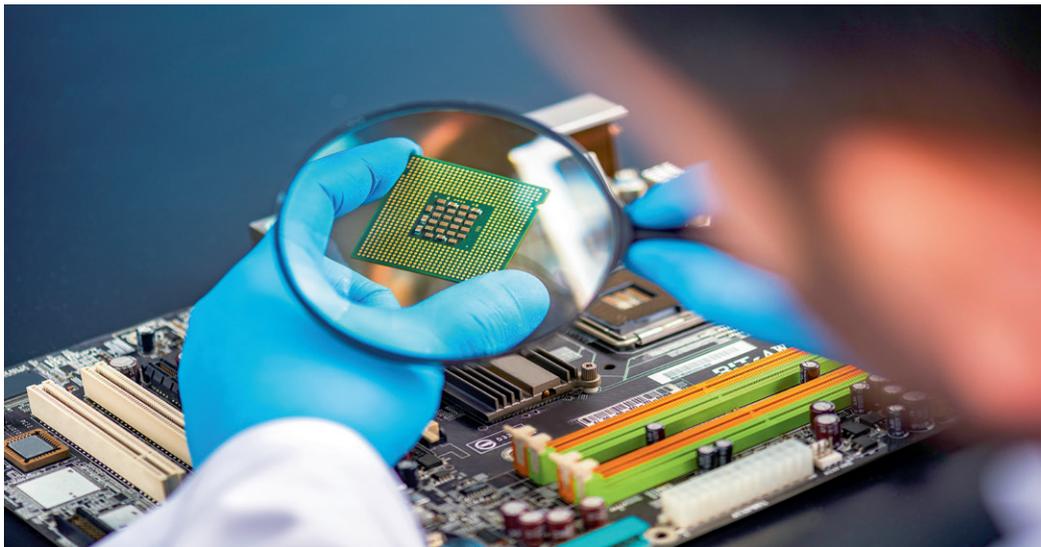


III.23

Natur und Technik

Halbleiter und ihre Eigenschaften – Anwendungsorientierte Schülerexperimente

Nach einer Idee von Doris Walkowiak



© RAABE 2020

© sefa ozele+

Ohne Smartphone, Laptop, Tablet & Co. ist für die meisten von uns der Alltag heute kaum mehr vorstellbar. Die Elektronikindustrie entwickelt ihr Produktportfolio stetig weiter, hin zu immer kleineren und leistungsfähigeren Produkten. In dieser Unterrichtseinheit beschäftigen sich Ihre Schüler mit den Grundlagen der Halbleitertechnologie, ohne die diese rasanten Fortschritte nicht denkbar wären. In zahlreichen Schülerversuchen gehen die Lernenden der Materie anwendungsorientiert auf den Grund. Kleine digitale LearningApps runden die motivierende Einheit als Lernzielkontrolle ab.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe:	9/10
Dauer:	11 Unterrichtsstunden
Kompetenzen:	Die Schüler 1. beschreiben Aufbau und Leitungsmechanismus von Halbleitern, 2. nennen charakteristische Eigenschaften ausgewählter Halbleiterbauelemente und ziehen daraus Schlussfolgerungen zum Einsatz dieser Bauelemente, 3. planen Experimente und führen sie durch, 4. realisieren einfache Schaltungen und werten sie aus, 5. beschreiben den funktionalen Zusammenhang zwischen physikalischen Größen, stellen diesen grafisch dar und interpretieren die Diagramme
Thematische Bereiche:	Halbleiter, Halbleiterdiode, Transistor, Dotierung, Leitfähigkeit



Rund um die Reihe

Warum wir das Thema behandeln?

Die Technik entwickelt sich trotz bereits zahlreich vorhandener hochtechnologischer Entwicklungen noch immer rasant weiter. Benötigten die ersten Computer in den 1940er-Jahren noch ganze Etagen in großen Gebäuden für ihre Arbeit, kann heute bereits jedes Handy mehr leisten als diese Rechenanlagen. Unsere Geräte werden immer kleiner und leistungsfähiger. Daher sollte es eine Aufgabe des Physikunterrichtes sein, die Schüler mit den Grundlagen, der Leistungsfähigkeit und den zukünftigen Herausforderungen dieser modernen Elektronik vertraut zu machen und sie dadurch auch an technische Berufe, wie Elektrotechnik, motivierend heranzuführen. Die Schüler eignen sich grundlegendes Wissen über Halbleiterbauelemente an. Sie trainieren ihre Fertigkeit im Aufbau von Schaltungen und lernen Modelle kennen, mit denen man die Leitfähigkeit in Metallen und Halbleitern erklärt. Außerdem gewinnen sie Einblick in die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten der Elektronik. Der Bezug zu Geräten, mit denen sie täglich umgehen, weckt ihr Interesse an der Mitgestaltung des technischen Fortschritts.

Vorschläge für die Unterrichtsgestaltung

Aufbau der Reihe

Zum Einstieg in die Unterrichtseinheit führen Sie einfache Experimente zur Demonstration der Leitfähigkeit alltäglicher Gegenstände (z. B. Metall- und Plastikbesteck oder verschiedene Stifte (u. a. Bleistiftmine)) durch. Zur Anzeige setzen Sie ein Strommessgerät ein. Führen Sie auch die unterschiedliche Leitfähigkeit von Wasser vor, indem Sie destilliertes Leitungs- und Salzwasser einander gegenüberstellen. Eindrucksvoll ist es auch, wenn Sie ein elektrisches Gerät (Niederspannung!), z. B. ein kleines batteriebetriebenes Radio oder ein altes Handy, in destilliertem Wasser versenken, um zu zeigen, dass es dort (so gut wie) keine freien Ladungsträger gibt. Das Gerät sollte also auch weiterhin funktionieren. Falls Sie auf das Gerät verzichten können, geben Sie anschließend reichlich Salz in das Wasser.

M 1a und **M 2a** werden in der ersten Unterrichtsstunde bearbeitet. Dabei sollte den Schülern klar werden, dass die Leitfähigkeit von Halbleitern stark von der Temperatur abhängt. Lassen Sie die Schüler zur Demonstration der n- und p-Leitung ein kleines Rollenspiel durchführen. Dazu sollen sie eine kleine Reihe Stühle aufstellen. Diese besetzen Ihre Schüler bis auf einen. Wenn jetzt jeder einen Platz nach links rückt (vgl. Zeichnung), kann man gut beobachten, wie sich die Schüler (Elektronen) in die eine und der freie Platz (Loch) in die andere Richtung bewegen. **M 2b** kann zur Veranschaulichung der Eigenleitung projiziert werden. **M 1b** bietet zum Material **M 1a** für schwächere Schüler eine Hilfefarte zum Lückentext an.

In **M 3** untersuchen die Lernenden die Leitfähigkeit dann experimentell und vergleichen die Temperaturabhängigkeit eines Halbleiterwiderstandes mit anderen Bauelementen. Bei der Untersuchung der Temperaturabhängigkeit sind zwei grundsätzliche Herangehensweisen möglich.

- **Aufnahme einer I-U-Kennlinie:** Dabei wird die Eigenerwärmung bei steigender Spannung genutzt.
- **Aufnahme eines I- θ -Diagramms:** Hier wird das Bauelement mit einer Wärmequelle von außen erwärmt. Dies kann z. B. ein Föhn sein oder Wasser, das mit einem Tauchsieder gleichmäßig erwärmt wird. Letzteres hat den Vorteil, dass sich die Temperatur exakt bestimmen lässt und so z. B. ein linearer Zusammenhang nachgewiesen werden kann.

Hier wird die erste Variante dargestellt, da sich diese unkompliziert bei den verschiedenen Bauele-



menten anwenden lässt. Die Schüler sollen dabei stets bei 0 V beginnen und die Spannung dann allmählich erhöhen. Dabei sind für die Strommessung Analogmessgeräte vorzuziehen, da diese etwas träger reagieren. Ansonsten sieht man schon während der Messung, wie z. B. beim Thermistor die Stromstärke bei konstanter Spannung stetig zunimmt. Beachten Sie beim Thermistor die maximal zulässige Spannung bzw. Stromstärke!

M 4 und **M 5** bilden ebenfalls eine Einheit. Hier erarbeiten sich die Schüler die Steigerung der Leitfähigkeit von Halbleitern durch Dotieren und die Funktionsweise von Halbleiterdioden. Sollten manche Schüler besonders schnell sein, können Sie als Expertenaufgabe Kurzvorträge zum Thema „Herstellung von hochreinen Siliziumkristallen und der Technik des Dotierens“ vergeben. Diese eignen sich auch als Referatsthemen, z. B. zur Aufbesserung der mündlichen Leistungen. **M 4b** stellt für eine Hilfekarte für schwächere Schüler zur Bearbeitung des Lückentextes in **M 4a** dar. In **M 6** untersuchen sie in der darauffolgenden Doppelstunde die Eigenschaften einer Halbleiterdiode experimentell und werten das Experiment aus. Bei Zeitknappheit können die Schüler die Auswertung auch zu Hause erledigen.

In der nächsten Unterrichtsstunde führen Sie die Lehrerversuche zu den zwei Varianten der Gleichrichterschaltung aus **M 7** und **M 8** durch. Die Schüler werten die Versuche mithilfe der Arbeitsblätter aus. Die nächste Doppelstunde dient der Bearbeitung des Grundprinzips eines Transistors in **M 9** und **M 10**. Die Materialien sollten unmittelbar nacheinander bearbeitet werden, da sie inhaltlich zusammengehören. **M 11** stellt drei Möglichkeiten vor, Halbleiterbauelemente in einfachen elektronischen Schaltungen anzuwenden. Dafür ist jeweils eine Unterrichtsstunde vorgesehen. Die Schüler alle drei Experimente in einer Stunde in Gruppen durchführen zu lassen, ist nicht empfehlenswert, da dabei der Kontrollaufwand der Schaltungen für Sie zu hoch ist. Die in **M 11** beschriebenen Experimente sind nur einige der Möglichkeiten für die Anwendung von Halbleiterbauelementen. Die Auswahl erfolgte vor allem unter dem Gesichtspunkt, dass sich die Experimente leicht durchführen lassen, schnell aufzubauen und wenig anfällig für Störungen sind. Testen Sie die Schaltungen auf jeden Fall vorher selbst und überprüfen Sie insbesondere die Transistoren auf ihre Funktionsfähigkeit. Die Experimente können Sie in Form eines **Praktikums** in drei aufeinanderfolgenden Unterrichtsstunden realisieren oder Sie wählen nur einzelne Versuche aus.



Weiterführende Internetseiten

- ▶ *Rund ums Silizium:* <http://www.seilnacht.tuttlingen.com/Lexikon/14Silici.htm> (Letzter Abruf am: 16.09.2020)
- ▶ *Elektronik-Kompendium:* <http://www.elektronik-kompendium.de/sites/grd/index.htm> (Letzter Abruf am: 16.09.2020)
- ▶ *LeiFi Physik:* https://www.leifiphysik.de/suche?search_api_fulltext=halbleiter (Letzter Abruf am: 16.09.2020)
- ▶ *Applet zur Eigenleitung:*
<http://www.zum.de/dwu/depotan/apet003.htm> (Letzter Abruf am: 16.09.2020)

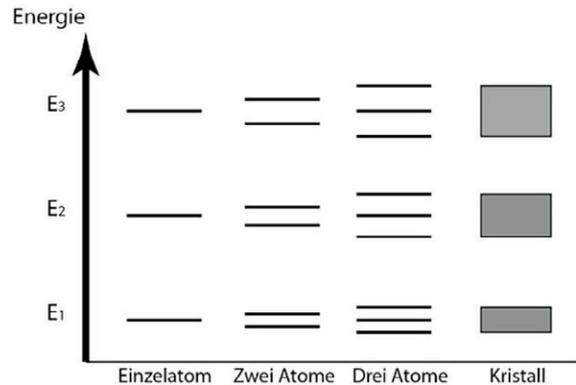
Bezugsquellen

- ▶ *Software um Erstellen von Schaltplänen: sPlan 7.0 – Demoversion zum Testen erhältlich.*
<http://www.abacom-online.de> (Letzter Abruf am: 16.09.2020)
- ▶ *Software zur Schaltungssimulation: Crocodile Clips bzw. Yenka – kostenlose Heimlizenz zum Testen erhältlich*
<http://www.yenka.com/de/Home/> (Letzter Abruf am: 16.09.2020)

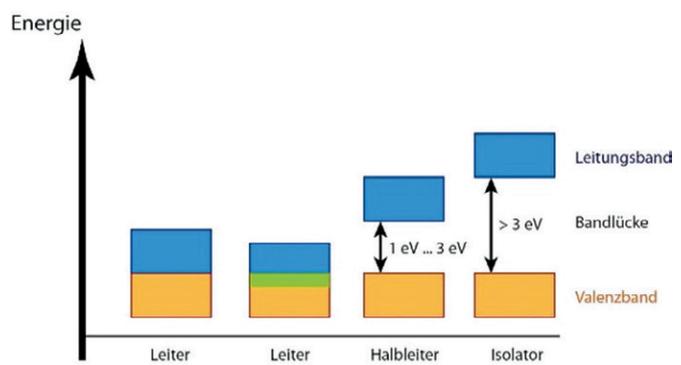
Unterrichtsassistent

Das Bändermodell

- Elektronen haben bestimmte (diskrete) Energieniveaus
- Diese sind beim einzelnen Atom sauber voneinander getrennt
- Bei mehreren Atomen kommt es zu Wechselwirkungen zwischen den Elektronen der Atome → Energieniveaus verschieben sich → ergeben Energiebänder



- Unterschiedliche Breite der Bänder, je nach Höhe des Energieniveaus
- Valenzband: höchstes voll besetztes Energieband (bei 0 K)
- Leitungsband: energetisch über dem Valenzband liegendes, unbesetztes oder nur teilweise besetztes Band

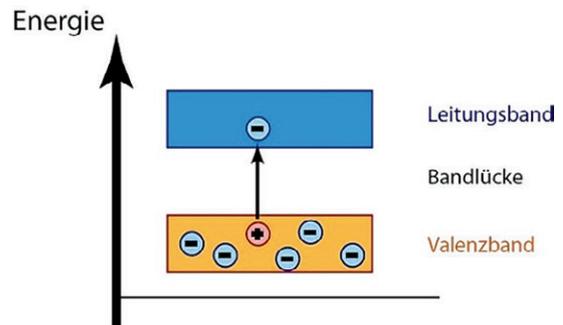


Isolator

- Leitungsband ist unbesetzt
- Zwischen Valenz und Leitungsband liegt eine so große Lücke (verbotene Zone), dass Elektronen diese nicht (oder sehr selten) überwinden können → keine Ladungsträger

Halbleiter

- Bandlücke ist kleiner und kann z. B. durch Zufuhr von thermischer Energie (Licht, radioaktiver Strahlung) überwunden werden
- Elektronen können dadurch ins Leitungsband angehoben werden und hinterlassen im Valenzband eine Lücke (Loch).



Leiter

- Keine Bandlücke oder sogar Überlappung der Bänder
- Elektronen können leicht ins höhere Energieniveau wechseln → freie Ladungsträger

Auf einen Blick

Ab = Arbeitsblatt, Fo = Folie, Hk = Hilfekarte, LA = LearningApp, LV = Lehrerversuch, SV = Schüler-
versuch, ⌚ V = Vorbereitungszeit, ⌚ D = Durchführungszeit

1. Stunde

Thema: Einführung Halbleiter

M 1a (Ab, LA) **Warum heißt das „Halbleiter“? – Leiten sie nur halb?** / Erarbeitung des Begriffes Halbleiter im Kontext von Nichtleitern und Leitern

M 1b (Hk) **Wortschnipsel zum Lückentext – Hilfekarte zu Aufgabe 2 M 1a**

M 2a (Ab) **Eigenleitung – Bewegung von Platz zu Platz** / Aufgaben mit Rollenspiel

M 2b (Ab) **Eigenleitung**



2. Stunde

Thema: Leitfähigkeit von Halbleitern

M 3 (Ab, SV) **Erforschung der Temperaturabhängigkeit der Leitfähigkeit** / Schüler-
versuch mit ⌚ V: 10 min, ⌚ D: 30 min

Benötigt:

- Ohm'scher Widerstand (100 Ω)
- Glühlampe (12 V)
- Thermistor
- Kabel
- Spannungsquelle (regelbar oder mit Potentiometer)
- Spannungsmesser
- Strommesser

3. Stunde

Thema: Dotierung und Halbleiterdiode

M 4a (Ab) **Wir verschmutzen Halbleiter – Dotieren**

M 4b (Hk) **Wortschnipsel zum Lückentext – Hilfekarte zu M 4a**

M 5 (Ab) **Die Halbleiterdiode**



4./5. Stunde

Thema: Eigenschaften von Halbleiterdioden

M 6 (Ab, SV) **Eigenschaften von Dioden – Diodenkennlinie** / Schülerversuch mit
🕒 V: 10 min, 🕒 D: 35 min

Benötigt:

- Widerstand (100 Ω)
- Glühlampe (3,5 V)
- Diode (Silizium/Germanium)
- Kabel
- Spannungsquelle (regelbar)
- Spannungsmesser
- Strommesser

6. Stunde

Thema: Gleichrichterschaltung

M 7 (Ab, LV) **Einweggleichrichtung – Abgeschnittener Weg** / Lehrerversuch mit
🕒 V: 10 min, 🕒 D: 10 min

Benötigt:

- Diode
- Widerstand (1 k Ω)
- Kabel
- Wechselspannungsquelle bzw. Sinusgenerator
- Oszilloskop

M 8 (Ab, LV) **Zweiweggleichrichtung – Auf zwei Wegen zum Ziel** / Lehrerversuch mit
🕒 V: 10 min, 🕒 D: 15 min

Benötigt:

- 4 Dioden
- Widerstand (1 k Ω)
- Kabel
- Wechselspannungsquelle bzw. Sinusgenerator
- Oszilloskop

7./8. Stunde

Thema: Transistor

M 9a (Ab,)

Der Transistor

M 9b (Hk)

Wortschnipsel zum Lückentext – Hilfekarte zu M 9a

M 10 (Ab, LV)

Der Transistor als Schalter / Schülerversuch mit ⌚ V: 10 min, ⌚ D: 15 min



Benötigt:

- Transistor (nnp)
- Widerstand (1,8 kΩ)
- Taster
- Schalter
- 2 Spannungsquellen
- Glühlampe (3,5 V)
- Kabel

9.–11. Stunde

Thema: Anwendungen von Halbleitern

M 11 (Ab, SV)

Halbleiterbauelemente in Anwendung / Drei Schülerversuche mit je

⌚ V: 10 min, ⌚ D: 30 min

Schülerversuch 1

Benötigt:

- Transistor (nnp)
- Widerstand (1,8 kΩ)
- Widerstand (100 Ω)
- Kabel
- 2 Spannungsquellen (regelbar)
- 2 Strommesser

Schülerversuch 2

Benötigt:

- Transistor (nnp)
- Widerstand (1,8 kΩ)
- Glühlampe (3,5 V)
- Spannungsquelle
- Fotowiderstand
- Kabel

Schülerversuch 3

Benötigt:

- 2 Transistoren (nnp)
- Widerstände (2 x 1,8 kΩ; 5,1 kΩ; 47 kΩ)
- Glühlampe (3,5 V)
- Glas mit Leitungswasser
- Spannungsquelle
- Elektroden (Nägel o. Ä.)
- Kabel
- Kartoffel



SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

Auszug aus:

Halbleiter und ihre Eigenschaften

Das komplette Material finden Sie hier:

School-Scout.de

