

Erarbeitung je eines Modells zu Elektronen- und Löcherleitung in Halbleitern in Gruppen	Stand: 11.09.
<p>Beschreibung und Zielsetzung der Schülerexperimente</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler sollen ...</p> <p>... ein Modell zur Elektronen- und Löcherleitung beschreiben.</p> <p>... Analogien des Modells zu wesentlichen Fachbegriffen benennen.</p> <p>Ergebnisse: ...</p> <p>... Verschriftlichung der Analogien zu den Fachbegriffen.</p>	
<p>Voraussetzungen: Die Schülerinnen und Schüler ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kenntnis von Elektronen- und Löcherleitung (Fachtext aus Schulbuch zur Information ist ausreichend.) • Vollständige Durchdringung der fachlichen Zusammenhänge ist an dieser Stelle explizit nicht gefordert. • • 	
<p>Kompetenzen: Die Schülerinnen und Schüler ...</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modellieren eines abstrakten, dynamischen Prozesses • Diskutieren • Erkenntnisgewinnung zur Elektronen- und Löcherleitung 	

<p>Hinweise und Tipps zur Realisierung der Schülerexperimente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Für die Darstellung der Modelle sollen geeignete Materialien von der Gruppe jeweils mitgebracht werden. • Es empfiehlt sich zur Sicherheit für die Gruppen je Modell geeignetes Material zur Durchführung bereit zu halten. (Eine beispielhafte Materialliste findet sich im Material.) • Für die Rollenspielgruppe werden viele Schüler benötigt, daher sollte diese Gruppe möglichst groß sein. • Für die Erstellung des Plakates ist ein Bild (oder ein Screenshot) der Darstellung des Modells hilfreich.

Materialien: (z.B. Fotos oder Skizzen)

Halbleitermodell „Bierdeckel“

Um sich die Vorgänge in Halbleitern besser vorstellen zu können, kann man Modelle benutzen. Eines dieser Modelle heißt „Bierdeckel“ (oder *Bierdeckelmodell*) und ist ganz einfach nachzubauen:

Ein Bogen Papier wird mit Bierdeckeln ausgelegt, welche von unten mit einem Minuszeichen beschriftet sind. Unter jeden Bierdeckel wird genau in der Mitte ein „+“, (also das Zeichen „Plus“) auf das Papier gemalt.

Nun kann ein Bierdeckel weggenommen und in der Luft wegbewegt werden, so dass ein positives „Loch“ und ein negativer, fliegender Bierdeckel entstehen.

Anschließend können links und rechts an das Papier die Karten „Pluspol“ und „Minuspole“ angelegt werden, wobei auf der Minuspolekarte ein Vorrat an Bierdeckeln liegen und auf der Pluspolkarte genauso viele Minuszeichen wie notiert sind, wie Bierdeckel auf dem Minuspole liegen. Sobald diese Karten liegen, „fliegt“ der negative Bierdeckel auf ein Pluszeichen im Pluspol und die liegenden Bierdeckel rutschen Richtung Pluspol auf.

Aufgaben:

1. Bastelt euch ein ähnliches Modell, nur dass ihr statt des Papierbogens eine Folie nehmt und statt der Bierdeckel kleine Papierquadrate.
2. Ordnet gemeinsam folgenden Begriffen oder Aussagen ihre Analogien (Entsprechungen) eures Modells zu und haltet eure Ergebnisse auf eurem Plakat fest (*Hilfe 1*).

gebundenes Elektron

freies Elektron

Atomrumpf (= ein Atom, dem ein Elektron fehlt)

Atom (also ein Atomrumpf MIT seinem gebundenen Elektron)

Valenzband (Bereich mit gebundenen Elektronen)

Leitungsband (Bereich mit freien Elektronen)

Achtung - Zusätzliche Verständnishinweise:

1. Im Minuspole herrscht ein Elektronenüberschuss, im Pluspol ein Elektronendefizit.
2. Der Halbleiter bleibt immer insgesamt neutral (= gleichviele positive wie negative Ladungen, also auch gleichviele Atomrümpfe wie Elektronen)!

3. Diskutiert, wie anhand eures Modells folgende Situationen veranschaulicht werden (*Hilfe 2*):

(A) Einen kalten Halbleiter

(B) Einen Halbleiter, der erwärmt wird

Beim Anlegen einer Spannung an einen erwärmten Halbleiter

(C) Die Elektronenleitung

(D) Die Löcherleitung

4. Bereitet euch darauf vor, der Klasse mit Hilfe des Plakats eures Modells und eure Ergebnisse aus Aufgabe 2+3 zu präsentieren.

Zusatz für Schnelle: Diskutiert und notiert Stärken und Schwächen eures Modells.

Zusatz für Experten: Stellt anhand eures Modells begründet eine Hypothese dazu auf, inwiefern einstrahlendes Licht die Leitfähigkeit von Halbleitern beeinflussen könnte.

Hilfen zum Modell „Bierdeckel“

Hilfe 1.1:

Folgende Analogien sind korrekt, aber eventuell in der Reihenfolge vertauscht:

Der Bereich der liegenden Bierdeckel (die Folienoberfläche)

Liegender Bierdeckel

Ein mit einem Bierdeckel belegtes Pluszeichen inklusive zugehörigem Bierdeckel

Fliegender Bierdeckel

Ein sichtbares Pluszeichen

Der Bereich der fliegenden Bierdeckel (die Luft)

Hilfe 1.2:

gebundenes Elektron = Liegender Bierdeckel

freies Elektron = Fliegender Bierdeckel

Atomrumpf (= ein Atom, dem ein Elektron fehlt) = Ein sichtbares Pluszeichen

Atom (also ein Atomrumpf MIT seinem gebundenen Elektron) = Ein mit einem Bierdeckel belegtes Pluszeichen inklusive zugehörigem Bierdeckel

Valenzband (Bereich mit gebundenen Elektronen) = Der Bereich der liegenden Bierdeckel (die Folienoberfläche)

Leitungsband (Bereich mit freien Elektronen) = Der Bereich der **fliegenden** Bierdeckel (die Luft)

Hilfe 2:

- (A) In kalten Halbleitern gibt es nur gebundene und keine freien Elektronen.
- (B) Der Halbleiter wird erwärmt, so dass freie Elektronen entstehen.
- (C) Eine Spannung wird angelegt, so dass freie Elektronen vom Minus- zum Pluspol fließen.
- (D) Eine Spannung wird angelegt, so dass gebundene Elektronen vom Minus- zum Pluspol wandern. Somit wandert das positive Loch indirekt zum Minuspol, obwohl die Atomrümpfe ortsfest sind.

Halbleitermodell „Rollenspiel“

Um sich die Vorgänge in Halbleitern besser vorstellen zu können, kann man Modelle benutzen. Eines dieser Modelle heißt „Rollenspiel“ und ist ganz einfach nachzuspielen, ihr benötigt nur mindestens 8 Personen, ein oder zwei Stühle weniger als Personen, einen Moderator, z.B. Fön und z.B. je eine „Pluspol-“ und eine „Minuspolkarte“:

Es werden 4-5 Stühle in einer Reihe aufgestellt. Sie stellen jeweils einen Atomrumpf dar. Auf jeden Stuhl setzt sich eine Person. Jede Person ist dieses Mal wieder wie beim Gummibärchenmodell ein Elektron. Der Moderator kann nun anhand der Stuhldreihe einen kalten Halbleiter veranschaulicht erklären.

Für weitere Veranschaulichungen könnt ihr eurer Phantasie freien Lauf lassen oder euch Anregungen in „Hilfe 0“ holen.

Aufgaben:

1. Entwerft ein passendes Rollenspiel, um folgende Situationen zu veranschaulichen (*Hilfe 1*):

(A) Einen kalten Halbleiter

(B) Einen Halbleiter, der erwärmt wird

Beim Anlegen einer Spannung an einen erwärmten Halbleiter

(C) Die Elektronenleitung

(D) Die Löcherleitung

2. Ordnet gemeinsam folgenden Begriffen oder Aussagen ihre Analogien (Entsprechungen) eures Modells zu und haltet eure Ergebnisse auf eurem Plakat fest (*Hilfe 2*).

gebundenes Elektron

freies Elektron

Atomrumpf (= ein Atom, dem ein Elektron fehlt)

Atom (also ein Atomrumpf MIT seinem gebundenen Elektron)

Valenzband (Bereich mit gebundenen Elektronen)

Leitungsband (Bereich mit freien Elektronen)

Achtung - Zusätzliche Verständnishinweise:

1. *Im Minuspol herrscht ein Elektronenüberschuss, im Pluspol ein Elektronendefizit.*
 2. *Der Halbleiter bleibt immer insgesamt neutral (= gleichviele positive wie negative Ladungen, also auch gleichviele Atomrümpfe wie Elektronen)!*
3. Bereitet euch darauf vor der Klasse mit Hilfe des Plakats und einer moderierten Vorstellung eures Rollenspiels eures Modells und eure Ergebnisse aus Aufgabe 1+2 zu präsentieren.

Zusatz für Schnelle:

Diskutiert und notiert Stärken und Schwächen eures Modells.

Zusatz für Experten:

Stellt anhand eures Modells begründet eine Hypothese dazu auf, inwiefern einstrahlendes Licht die Leitfähigkeit von Halbleitern beeinflussen könnte.

Hilfen zum Modell „Rollenspiel“

Hilfe 0:

Erwärmung:

Der Moderator kann den Fön in Richtung der Stuhlreihe halten, um eine Erwärmung des Halbleiters darzustellen. Die Personen können dann erst leicht beginnen hin und her zu wackeln, bis sich erst eine Person von ihrem Stuhl erhebt und ziellos in der Gegend der Stuhlreihe umherläuft und dann eventuell sogar eine zweite.

Anlegen einer Spannung:

Das Anlegen einer Spannung kann dargestellt werden, indem die „Pluspol-“ und „Minuspolkarte“ an die Enden der Stuhlreihe gelegt werden und sich auf die Minuspoleseite weitere Personen stellen und auf die Pluspoleseite die gleiche Anzahl Stühle gestellt wird, wie Personen auf der Minuseite stehen.

Reaktion auf Spannungsanlagen:

Sobald die „Spannungspolarten“ liegen, laufen die stehenden Personen zum Pluspol und die sitzenden Personen rutschen auf ihren Stühlen in Richtung des Pluspols auf. Die stehenden Personen können sich bei Ankunft am „Pluspol“ erst setzen, wenn gleichzeitig aus dem Minuspol eine Person die „Bühne“ betritt.

Hilfe 1:

- (A) In kalten Halbleitern gibt es nur gebundene und keine freien Elektronen.
- (B) Der Halbleiter wird erwärmt, so dass freie Elektronen entstehen.
- (C) Eine Spannung wird angelegt, so dass freie Elektronen vom Minus- zum Pluspol fließen.
- (D) Eine Spannung wird angelegt, so dass gebundene Elektronen vom Minus- zum Pluspol wandern. Somit wandert das positive Loch indirekt zum Minuspol, obwohl die Atomrümpfe ortsfest sind.

Hilfe 2.1:

Folgende Analogien sind korrekt, aber eventuell in der Reihenfolge vertauscht:

Stuhloberflächen der Stuhlreihe

Freie Fläche zum Rumlaufen im Bereich der Stuhlreihe

Ein freier Stuhl

Stehende / herumlaufende Person

Sitzende Person

Ein besetzter Stuhl inklusiver der auf ihm sitzenden Person

Hilfe 2.2:

gebundenes Elektron = Sitzende Person

freies Elektron = Stehende / herumlaufende Person

Atomrumpf (= ein Atom, dem ein Elektron fehlt) = Ein sichtbares Pluszeichen

Atom (also ein Atomrumpf MIT seinem gebundenen Elektron) = Ein besetzter Stuhl inklusiver der auf ihm sitzenden Person

Valenzband (Bereich mit gebundenen Elektronen) = Stuhloberflächen der Stuhlreihe

Leitungsband (Bereich mit freien Elektronen) = Freie Fläche zum Rumlaufen im Bereich der Stuhlreihe

Halbleitermodell „Fähre/Parkhaus“

Um sich die Vorgänge in Halbleitern besser vorstellen zu können, kann man Modelle benutzen. Eines dieser Modelle heißt „Fähre/Parkhaus“:

Der Nobelpreisträger William B. Shockley schlug vor, sich eine Hochgarage mit 2 Parkdecks vorzustellen. Im unteren stehen die Fahrzeuge dicht an dicht. Das obere Parkdeck ist vollkommen leer. Somit sollte sich weder im unteren noch im oberen Parkdeck ein Auto bewegen können. Wenn es aber gelingt (z.B. durch einen Aufzug oder Kran) ein Auto aus dem unteren Parkdeck ins obere zu befördern, so könnte sich dieses Auto im oberen Parkdeck frei bewegen. Zudem wäre durch die entstandene Lücke auch im unteren Parkdeck wieder eine Bewegung der Autos durch Aufrutschen möglich.

Da Parkhausdecks jedoch normalerweise nie so vollgeparkt werden, dass sich kein Auto mehr bewegen kann, sollt ihr dieses Modell ein wenig abwandeln und nachbauen: Statt des Parkhauses werden zwei Decks einer Fähre nachgebaut. Die Fähre ist aber leicht kaputt, weshalb zur Vermeidung von Übergewicht nur das untere Parkdeck beparkt wurde, dies jedoch komplett.

Für weitere Veranschaulichungen könnt ihr eurer Phantasie freien Lauf lassen oder euch Anregungen in „Hilfe 0“ holen.

Aufgaben:

1. Entwerft ein passendes Modell, um folgende Situationen zu veranschaulichen (*Hilfe 1*):

(A) Einen kalten Halbleiter

(B) Einen Halbleiter, der erwärmt wird

Beim Anlegen einer Spannung an einen erwärmten Halbleiter

(C) Die Elektronenleitung

(D) Die Löcherleitung

2. Ordnet gemeinsam folgenden Begriffen oder Aussagen ihre Analogien (Entsprechungen) eures Modells zu und haltet eure Ergebnisse auf eurem Plakat fest (*Hilfe 2*).

gebundenes Elektron

freies Elektron

Atomrumpf (= ein Atom, dem ein Elektron fehlt)

Atom (also ein Atomrumpf MIT seinem gebundenen Elektron)

Valenzband (Bereich mit gebundenen Elektronen)

Leitungsband (Bereich mit freien Elektronen)

Achtung - Zusätzliche Verständnishinweise:

3. *Im Minuspol herrscht ein Elektronenüberschuss, im Pluspol ein Elektronendefizit.*
4. *Der Halbleiter bleibt immer insgesamt neutral (= gleichviele positive wie negative Ladungen, also auch gleichviele Atomrümpfe wie Elektronen)!*

3. Bereitet euch darauf vor der Klasse mit Hilfe des Plakats und einer moderierten Vorstellung eures Rollenspiels euer Modell und eure Ergebnisse aus Aufgabe 1+2 zu präsentieren.

Zusatz für Schnelle:

Diskutiert und notiert Stärken und Schwächen eures Modells.

Zusatz für Experten:

Stellt anhand eures Modells begründet eine Hypothese dazu auf, inwiefern einstrahlendes Licht die Leitfähigkeit von Halbleitern beeinflussen könnte.

Hilfen zum Modell „Fähre/Parkhaus“

Hilfe 0:

Erwärmung:

Ihr könnt mit der Hand z.B. einen Kran oder Aufzug nachspielen.

Anlegen einer Spannung:

Das Anlegen einer Spannung kann dargestellt werden, indem die Bugklappe der Fähre kaputt ist, so dass keine Autos hinaus auf die leere Straße fahren können, dafür jedoch wurde eine Rampe von der leeren Straße zum oberen Deck angebracht. Vom Heck her drängen zudem Autos einer zweiten Fähre ins untere Deck nach, dürfen wegen des möglichen Übergewichts aber nur auf die Fähre fahren, wenn ein Auto die Fähre gerade verlässt.

Die zweite Fähre könnte durch weitere Autos und eine Minuspolkarte repräsentiert werden, die leere Straße durch eine leere Pappe und eine Pluspolkarte.

Reaktion auf Spannungsanlegen:

Sobald die „Spannungspolarten“ liegen, können Autos aus dem oberen Parkdeck über die Rampe die Fähre verlassen während gleichzeitig gleichviele Autos von der zweiten Fähre ins untere Parkdeck nachrücken.

Hilfe 1:

(E) In kalten Halbleitern gibt es nur gebundene und keine freien Elektronen.

(F) Der Halbleiter wird erwärmt, so dass freie Elektronen entstehen.

(G) Eine Spannung wird angelegt, so dass freie Elektronen vom Minus- zum Pluspol fließen.

(H) Eine Spannung wird angelegt, so dass gebundene Elektronen vom Minus- zum Pluspol wandern. Somit wandert das positive Loch indirekt zum Minuspol, obwohl die Atomrümpfe ortsfest sind.

Hilfe 2.1:

Folgende Analogien sind korrekt, aber eventuell in der Reihenfolge vertauscht:

Das obere Parkdeck

Ein Auto im oberen Parkdeck

Ein von einem Auto besetzter Parkplatz im unteren Parkdeck inklusive des Autos

Ein Auto im unteren Parkdeck

Ein leerer Parkplatz im unteren Parkdeck

Das untere Parkdeck

Hilfe 2.2:

gebundenes Elektron = Ein Auto im unteren Parkdeck

freies Elektron = Ein Auto im oberen Parkdeck

Atomrumpf (= ein Atom, dem ein Elektron fehlt) = Ein leerer Parkplatz im unteren Parkdeck

Atom (also ein Atomrumpf MIT seinem gebundenen Elektron) = Ein von einem Auto besetzter Parkplatz im unteren Parkdeck inklusive des Autos

Valenzband (Bereich mit gebundenen Elektronen) = Das untere Parkdeck

Leitungsband (Bereich mit freien Elektronen) = Das obere Parkdeck

Halbleitermodell „digitale Animation“

Um sich die Vorgänge in Halbleitern besser vorstellen zu können, kann man Modelle benutzen. Eines dieser Modelle ist eine „digitale Animation“:

- Startet auf dem Laptop die digitale Animation „Halbleiter“.
- Macht euch spielerisch mit den möglichen Funktionen und deren Bedeutung vertraut.

VERZICHTET ABER VORERST AUF DEN BLAUEN (-) & DEN ROTEN (+) KNOPF UNTEN IN DER MITTE !!!

Aufgaben:

1. Ordnet gemeinsam folgenden Begriffen oder Aussagen ihre Analogien (Entsprechungen) eures Modells zu und haltet eure Ergebnisse auf eurem Plakat fest (*Hilfe 1*).

gebundenes Elektron

freies Elektron

Atomrumpf (= ein Atom, dem ein Elektron fehlt)

Atom (also ein Atomrumpf MIT seinem gebundenen Elektron)

Valenzband (Bereich mit gebundenen Elektronen)

Leitungsband (Bereich mit freien Elektronen)

Achtung - Zusätzliche Verständnishinweise:

5. *Im Minuspol herrscht ein Elektronenüberschuss, im Pluspol ein Elektronendefizit.*
6. *Der Halbleiter bleibt immer insgesamt neutral (= gleichviele positive wie negative Ladungen, also auch gleichviele Atomrümpfe wie Elektronen)!*

2. Diskutiert, wie anhand eures Modells folgende Situationen veranschaulicht werden (*Hilfe 2*):

(A) Einen kalten Halbleiter

(B) Einen Halbleiter, der erwärmt wird

Beim Anlegen einer Spannung an einen erwärmten Halbleiter

(C) Die Elektronenleitung

(D) Die Löcherleitung

3. Bereitet euch darauf vor der Klasse mit Hilfe des Plakats und einer moderierten Vorstellung eures Rollenspiels euer Modell und eure Ergebnisse aus Aufgabe 1+2 zu präsentieren.

Zusatz für Schnelle: Diskutiert und notiert Stärken und Schwächen eures Modells.

Zusatz für Experten: Stellt anhand eures Modells begründet eine Hypothese dazu auf, inwiefern einstrahlendes Licht die Leitfähigkeit von Halbleitern beeinflussen könnte.

Hilfen zum Modell „digitale Animation“

Hilfe 1.1:

Folgende Analogien sind korrekt, aber eventuell in der Reihenfolge vertauscht:

Kleiner grüner Punkt oder angeschlossener kleiner verblassender blauer Punkt

Großer roter Punkt mit drei angeschlossenen kleinen Punkten

Großer Punkt mit vier angeschlossenen kleinen Punkten

„Luft“/Ebene über den grünen und roten Punkten, in der die blauen Punkte fliegen Ebene in der die grünen und roten Punkte liegen und wandern

Kleiner blauer einzelner Punkt mit Minuszeichen

Hilfe 1.2:

gebundenes Elektron = Kleiner grüner Punkt oder angeschlossener kleiner verblassender blauer Punkt

freies Elektron = Kleiner blauer einzelner Punkt mit Minuszeichen

Atomrumpf (= ein Atom, dem ein Elektron fehlt) = Großer roter Punkt mit drei angeschlossenen kleinen Punkten

Atom (also ein Atomrumpf MIT seinem gebundenen Elektron) = Großer Punkt mit vier angeschlossenen kleinen Punkten

Valenzband (Bereich mit gebundenen Elektronen) = Ebene in der die grünen und roten Punkte liegen und wandern

Leitungsband (Bereich mit freien Elektronen) = „Luft“/Ebene über den grünen und roten Punkten, in der die blauen Punkte fliegen.

Hilfe 2:

- (A) In kalten Halbleitern gibt es nur gebundene und keine freien Elektronen.
- (B) Der Halbleiter wird erwärmt, so dass freie Elektronen entstehen.
- (C) Eine Spannung wird angelegt, so dass freie Elektronen vom Minus- zum Pluspol fließen.
- (D) Eine Spannung wird angelegt, so dass gebundene Elektronen vom Minus- zum Pluspol wandern. Somit wandert das positive Loch indirekt zum Minuspol, obwohl die Atomrümpfe ortsfest sind.