

4.3.1 Didaktik

In der Mechanik und Optik sind Modelle und ihre Darstellungen meist nah an der Realität: Ein Ball, der eine Rampe herunter rollt, wird (Modell der Punktmasse) als Kugel auf einer schiefen Ebene dargestellt. Eine Linse wird ebenfalls so dargestellt, wie sie (idealisiert) in der Realität aussieht. Der Strahlengang kann beispielsweise durch Laser sichtbar gemacht werden. Modelle in der Mechanik und Optik sind meist schnell verständlich, da sie mit dem Auge beobachtbar sind. Im Gegensatz dazu steht beispielsweise die Teilchenphysik. Hier muss mit abstrakten Modellen gearbeitet werden, da Teilchen so klein sind, dass sie nicht mit Auge oder Mikroskop betrachtbar sind. Es müssen neue Darstellungen gefunden werden, die meist nicht allgemeingültig sind. So kann mit dem Bohrschen Atommodell die Funktionsweise der Solarzelle und die Struktur von Gittern anschaulich erklärt werden. Es kann allerdings nicht erklärt werden, warum sich ein Elektron frei bewegen kann oder gebunden ist. Letzteres kann mit dem Bändermodell erklärt werden. Dieses ist allerdings abstrakt und erfordert Grundlagen in der Teilchenphysik. Da zudem vermieden wird, mehrere unterschiedliche Modelle gleichzeitig zu nutzen, soll nur das Bohrsche Atommodell genutzt werden. Es bietet sich an, für die Erklärung der Diode eine ähnliche Darstellungsweise zu wählen. Mit Anpassung des ersten Applets kann dieses auch für die Erklärung der Diode verwendet werden, da die Prinzipien auf den gleichen Grundlagen aufbauen und so ein direkter Bezug zwischen den Themen aufgebaut werden kann. Außerdem ist der Aufwand deutlich geringer, da mit dieser Darstellung bereits gearbeitet wurde.

In [Abbildung 4.3.1](#), [Abbildung 4.3.2](#) und [Abbildung 4.3.3](#) ist der Plan für die drei Applets dargestellt. Wie in [Unterabschnitt 3.2.2](#) beschrieben, wird je ein Applet für die Entstehung der Raumladungszone, für den Leerlauf und für den Kurzschluss erstellt. Relevant dabei ist, dass die Applets aufeinander aufbauen und sich in keiner Art und Weise widersprechen. Deshalb wird in allen drei Applets der gleiche Aufbau mit gleicher Legende und Metallkontakten genutzt und es werden nur kleine Änderungen im Vergleich zum vorigen Applet vorgenommen (Änderung der Steuerelemente, Hinzufügen eines Kabels). Diese Darstellung zeigt einen physisch kleinen Ausschnitt der Solarzelle, der stellvertretend für die ganze Solarzelle stehen soll. Deshalb sind im Sinne der didaktischen Reduktion einige Dinge vereinfacht:

- Da die Solarzelle dreidimensional ist und die Darstellung zweidimensional, wird die Kristall- und Atomstruktur ebenfalls zweidimensional dargestellt. Dies ist natürlich fachlich falsch; bei einem Siliziumgitter bindet jedes Atom drei andere tetraedisch. Darauf sollte hingewiesen werden. Es könnte außerdem ein Bild (oder GeoGebra Applet) der realen tetraedischen Struktur gezeigt werden. Zudem sollte der „Querschnitt“ der Solarzelle in direkten Bezug zur realen Solarzelle gestellt werden: Wo ist bei der realen Solarzelle der Metallkontakt, wo die p- und n-Schicht, von wo trifft das Licht auf die Solarzelle? Dies erleichtert den Transfer zum späteren Experiment und die Verknüpfung der Teilaspekte untereinander.

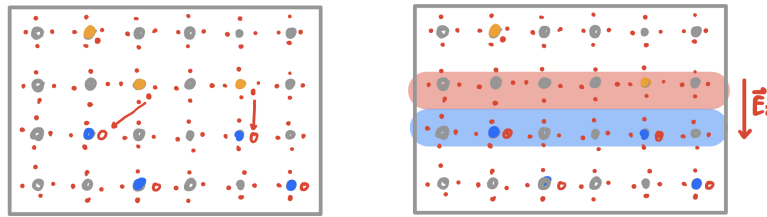


Abbildung 4.3.1: Plan für Applet 1: Entstehung der Raumladungszone

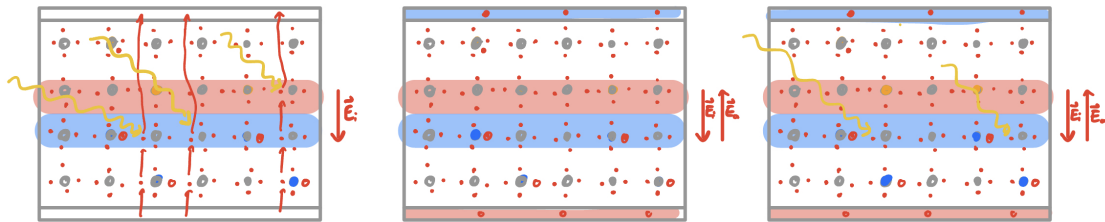


Abbildung 4.3.2: Plan für Applet 2: Leerlauf

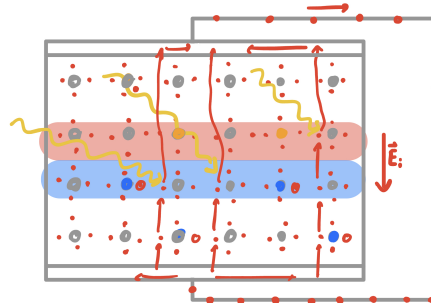


Abbildung 4.3.3: Plan für Applet 3: Kurzschluss

- Der kleine Ausschnitt der Solarzelle zeigt ein 13 Atome breites und 5 Atome hohes Raster pro Schicht. Direkt darüber und darunter folgt die Metallschicht. Die Schichten sind in Realität deutlich höher als fünf Atome, diese Vereinfachung dient der Anschaulichkeit.
- Durch das elektrische Feld erfahren die Elektronen eine Kraft nach oben. Ihre Bewegung ist also innerhalb des Feldes gleichmäßig beschleunigt und außerhalb des Feldes bewegen sie sich mit konstanter Geschwindigkeit. Um die Animation einfach zu halten bewegen sich die Elektronen entweder nicht oder mit konstanter Geschwindigkeit.
- In einer realen Solarzelle ist die n-dotierte Schicht relativ dünn und die p-dotierte Schicht dick, damit die Sperrzone und der Weg des Lichtes in dieser möglichst klein ist. Dadurch wird die Leistung erhöht. Dies wird bei diesen Applets ignoriert, da zwei gleichgroße Schichten eine größere Symmetrie haben und die Darstellung einfacher begreiflich ist. Nach Behandlung der Applets kann die Lehrkraft einen kurzen Exkurs

machen, welche Maßnahmen die Ausgangsleistung der Solarzelle maximieren würde, beispielsweise Wahl der Last durch die Kennlinie bestimmen, Dicke der Schichten, Winkel der Sonneneinstrahlung etc.

- Die Dotierung der Siliziumatome wird übertrieben dargestellt (5 Fremdatome in 60 Siliziumatomen), um die Auswirkung dieser zu zeigen. Die fünf Fremdatome sind so verteilt, dass sie zufällig verteilt aussehen. Jedoch wird darauf geachtet, dass die zwei Atome, die der Grenzschicht am nächsten sind, relativ nah aneinander sind. Dies wird gemacht, um die Diffusion plausibel zu machen. Um die Dotierung übersichtlicher zu machen, werden die Atomrümpfe verschiedenfarbig eingezeichnet.
- Im Metall sind keine Atomrümpfe dargestellt, sondern nur Elektronen. Dies könnte verwirrend sein, soll jedoch zeigen, dass die Elektronen ungebunden sind und sich frei bewegen können. Statt Elektronen könnte im Metall auch eine Elektronenwolke dargestellt werden, um die freie Beweglichkeit zu symbolisieren (man spricht schließlich auch vom „Elektronengas“ im Metall). Siehe dafür [Unterabschnitt 4.3.2](#). Die Lehrkraft sollte darauf hinweisen, dass Metalle nicht nur aus Elektronen, sondern ebenfalls aus Atomen bestehen.
- In Applet 2 und 3 soll Licht auf die Solarzelle fallen. Licht wird oft als wellige Linie dargestellt. Aufgrund dieses Wiedererkennungsmerkmals wird auch hier diese Darstellung gewählt. Es ist allerdings darauf zu achten, dass die „Dicke“ eines Photons deutlich breiter ist als hier angedeutet. In der Realität trifft das Photon auf eine große Menge von Atomen und regt (wenn es eine ausreichende Energie hat) ein Atom an. Zudem werden die Photonen vernachlässigt beziehungsweise nicht dargestellt, die nicht zur Anregung führen.
- Generell sind statistische Prozesse (z.B. wenn ein bestimmter Anteil der Photonen nicht zur Anregung führt) weder in Bildern, noch in GeoGebra gut darstellbar. Deshalb werden die Energieverluste (Photon regt kein Elektron an oder Elektron-Loch Paar rekombiniert wieder) vernachlässigt. Aus diesem Grund wird nur Leerlauf und Kurzschluss betrachtet, da die Solarzelle mit endlicher Last ein statistischer Prozess ist und somit zu kompliziert (zumindest in dieser Darstellung).
- Die Elektronen im Kabel werden wie alle Elektronen durch Punkte dargestellt. Diese Punkte bewegen sich im Kabel in eine Richtung. Das Kabel ist genauso dick wie die Elektronen. Diese Darstellung ist fachlich falsch aber aus didaktischen Gründen so gewählt. Allerdings ist dies eine einfache und intuitive Darstellung, die einen Stromfluss suggeriert. Es ist des Weiteren nicht sinnvoll, das Kabel dicker zu machen oder sogar Atomrümpfe hinzuzufügen. Einerseits (wie bei den Metallkontakten) sind die Atomrümpfe nicht relevant und es sollen frei bewegliche Elektronen dargestellt werden, andererseits würde dies das fachlich falsche Bild von bewegten Elektronen noch bestärken. Da im dritten Applet nur relevant ist, dass Strom fließt (beziehungsweise die Elektronen nach oben fließen und über das Kabel unten mit den Löchern rekombinieren können), ist diese Darstellung sinnvoll.